



**INDICADORES DE  
SOSTENIBILIDAD  
PARA LA INDUSTRIA  
EXTRACTIVA  
MINERAL**

**EDITORES  
ROBERTO C. VILLAS BÔAS  
CHRISTIAN BEINHOF**



Global  
Environment  
Facility



# INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PARA LA INDUSTRIA EXTRACTIVA MINERAL

Roberto C. Villas-Bôas  
Christian Beinhoff  
Editores

Carajás, Amazônia Oriental, Brasil  
Junio/2002



Companhia  
Vale do Rio Doce



**Indicadores de Sustentabilidade  
para a Indústria Extractiva Minerária**

---

Cópias extras:

Roberto C. Villas Bôas  
CYTED  
Rua 4, Quadra D, Cidade Universitária  
21941-590, Ilha do Fundão  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
Tel.: 55 21 3865-7219 Fax: 55 21 2260-9154

---

*Gustavo Bessa e Camila Lott*  
Coordenação CVRD

*Gleide Gomes*  
Coordenação Carajás

*Alberto Rogério da Silva*  
Coordenação Macapá e Belém

*Vera Lúcia Ribeiro*  
Capa

*Lana Cristina de Castro*  
Coordenação de Imprensa

*Fátima Engel*  
Composição e Execução Gráfica

Indicadores de Sustentabilidade / Ed. Roberto C. Villas Bôas y  
Christian Beinhoff. Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 2002  
564p.: il

1. Desenvolvimento sustentável I. Villas Bôas, Roberto Cerrini,  
ed. II. Beinhoff, Christian, ed. III. CYTED/IMAAC/UNIDO  
IV. Título

ISBN 85-7227-164-3

CDD 333.7153

**Roberto C. Villas Bôas  
Christian Beinhoff  
Editores**

## *A*presentação

Nos dias que correm, as questões trazidas pelo desenvolvimento sustentável encontram cada vez mais respaldo de ações dentre os profissionais que laboram na mineração e metalurgia. As grandes empresas, preocupadas com a busca das soluções ambientais e sócio-comunitárias inerentes às atividades extrativas, criaram, no âmbito do Conselho para os Negócios e Empresas Sustentáveis - Council for Sustainable Business - a Global Mining Initiative, mais conhecida como GMI, onde os resultados do projeto MMSD - Mining and Metals Sustainable Development -, de abrangência global, foram apresentados e discutidos, após intenso trabalho, ao longo de dois anos de atividades.

Tais resultados, levados à Rio + 10 realizada em Johannesburg, na África do Sul, vêm motivando atitudes e propostas ao largo do espectro minero-metalúrgico, espalhando-se rapidamente pelas demais sendas da atividade de exploração dos recursos naturais de origem mineral representados pela média e pequena mineração, bem como pedreiras.

Um dos pontos de extrema relevância ao contexto das discussões em voga é, sem dúvida, aquele relativo ao desenvolvimento de indicadores que possam mensurar de forma a mais inequívoca possível, transparente e eficaz, os avanços conseguidos na extração de minérios e metais rumo à sustentabilidade da indústria. Estes indicadores, nominados de "indicadores de sustentabilidade", devem, além de exprimir fatos econômicos e financeiros, já de ampla aplicação nos negócios em geral, buscar expressar fatos ambientais, sociais e institucionais possuindo ampla sinergia com as atividades que procuram medir. Não é tarefa meridiana e tampouco trivial, mas há de ser tentada !

Este livro, ora editado por eminentes e conhecidos profissionais do setor, Villas Bôas e Beinhoff, coletando as propostas e discussões havidas em evento promovido pelo CYTED-XIII, Subprograma de Tecnologia Mineral do Programa CYTED "Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo", conduzido na comunidade ibero-americana e tendo o CNPq como seu representante no Brasil, relata as experiências apresentadas em Carajás, Brasil, quando foram gentilmente recebidos, os cerca de 50 participantes de vários países ibero-americanos, pela Companhia Vale do Rio Doce - CVRD - na sua mina naquela região localizada, formidável exemplo de mineração responsável e sustentável.

É com muito prazer que, na qualidade de Diretor do CETEM - Centro de Tecnologia Mineral - do Ministério da Ciência e Tecnologia da República Federativa do Brasil, recomendo a leitura aos interessados, ao tempo em que saliento a originalidade das contribuições, numa área, a dos indicadores de sustentabilidade, que agora passa a ser explorada e incentivada.

Rio de Janeiro, Outubro de 2002

*Gildo de A. Sá C. de Albuquerque*  
Diretor  
CETEM/MCT

# Índice

## À Guisa de Prefácio

<b>Questões do Desenvolvimento Sustentável Relativas à Produção dos Materiais e o Meio Ambiente - Roberto C. Villas-Bôas</b> .....	3
--	---

## I – Trabalhando conceitos e idéias

<b>Los Indicadores de Sustentabilidad en la Minería - Juan Manuel Montero Peña</b> .....	31
--	----

<b>Análise Qualitativa da Sustentabilidade Ambiental da Mineração: Mito e Realidade - Adilson Curi</b> .....	47
--	----

<b>Cenários de Geoindicadores por Meio de Avaliação Ambiental em SIG e Base de Dados Geoambientais, Noris Costa Diniz</b> .....	63
---	----

<b>Mineração e Desenvolvimento Sustentável: A Dimensão Econômica na Escolha de Indicadores, Eduardo Vale</b> .....	79
--	----

<b>Criterios Generales de Sostenibilidad para la Actividad Minera, Diosdanis Guerrero Almeida e Roberto Blanco Torrens</b> .....	93
--	----

<b>Indicadores de Sustentabilidad para la Industria Extractiva Mineral - Enrique M. Gonzalez</b> .....	117
--	-----

<b>Recursos Concurrentes: La Sustentabilidad Depende del Acuerdo - José Enrique Sánchez Rial</b> .....	123
--	-----

<b>Fundamentos Axiológicos de los Indicadores de Sustentabilidad - Sonia Osay</b> .....	149
---	-----

## II – Mina: Estudio de Casos

**Mineração de Urânio e Energia: Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Econômica e Social -**  
Fernando Lamego; Horst Fernandes; Mariza Franklin..... 163

**Indicadores de Sostenibilidad y de Desempeño Socioambiental para los Grupos de Usuarios Mineros en Colombia,** Elkin Vargas Pimiento ..... 179

**Indicadores de Sustentabilidad en la Pequeña Minería Del Carbon - Caso: Departamento de Boyacá – Colombia,**  
Liliana Betancurth M..... 217

**Modelagem e Simulação do Processo de Lixiviação em Pilha de Minérios Auríferos Voltados ao Desenvolvimento de Critérios de Sustentabilidade,** Luiz R. P. de Andrade Lima, Roberto C. Villas-Bôas, Hélio M. Kohler ..... 241

**Indicadores de Sustentabilidad para la Industria Minera Extractiva. Propuesta para la Minería Aurífera de Colombia,** José Hernán Valencia Valencia..... 263

**Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro,** Gildo de A. Sá C. de Albuquerque e Gilberto Dias Calaes ..... 283

## III – Países: Estudio de Casos

**Hacia Indicadores de Desarrollo Sustentable para El Sector Minero (1º Etapa),** Verónica Alvarez Campillay..... 287

**Sustentabilidad Minera en Bolivia,** Ana María Aranibar Jiménez..... 313

**Indicadores para el Caso Del Proyecto Bajo la Alumbra en la Provincia de Catamarca –Argentina,** Luis Manuel Alvarez ..... 319

<b>Indicadores de Sustentabilidad en la Minería. Su Materialización en Cuba,</b> Mercedes M. Valdés Mesa .....	337
<b>Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa,</b> Rafael Guardado Lacaba e Olga Vallejo Raposo .....	353
<b>Minería Sustentable? El Oro en el Norte Peruano,</b> Ivan Merino Aguirre .....	369
<b>Indicadores Prácticos de Sustentabilidad en la Extracción Minera: Caso Ecuador,</b> Cornejo Martínez Mauricio , Carrión Mero Paú .....	387
<b>Indicadores de Sostenibilidad en la Industria Extractiva Española,</b> Arsenio González Martínez e Domingo Carvajal Gómez.....	411
<b>Indicadores de Desarrollo Sostenible en la Minería,</b> Jorge Martín Molina e Alejandro Cardona A.....	433
<b>Indicadores de Sustentabilidad en Minería de Yacimientos Metálicos y Metálicos en Venezuela: Proyecto de Investigación,</b> Alba J. Castillo, Aurora Piña y Sixto Jaspe .....	443
<b>Propuesta de Uso de Indicadores para la Resolución de Conflictos en la Minería Peruana,</b> María Chapuis .....	461
<b>Indicadores de Sostenibilidad en la Industria de Agregados: La Experiencia Colombiana,</b> Carlos Fernando Forero Bonell, Rober Leon Cruz .....	471
<b>Minería y Desarrollo Sostenido Visión del Brasil,</b> José Eduardo A. Martínez .....	493
<b>Indicadores de Sustentabilidad,</b> Rocio Gordillo .....	501

#### **IV - Regiões: Estudo de Casos**

**A Utilização de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável na Indústria Extractiva da CE, Luís Martins ..... 519**

**Strategy of the Organization to Achieve Sustainability in Projects Related to Mercury Pollution of International Waters Caused by Small-Scale Gold Mining – Christian Beinhoff..... 531**

#### **IV - Cia. Vale do Rio Doce - CVRD**

**Companhia Vale do Rio Doce ..... 551**

À Guisa de  
Prefácio

---

---

**À GUIA DE PREFÁCIO**  
**QUESTÕES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**  
**RELATIVAS À PRODUÇÃO DOS MATERIAIS E O MEIO**  
**AMBIENTE**

*Roberto C. Villas-Bôas*  
*CYTED-XIII*

---

**RESUMO E OBSERVAÇÃO**

Os materiais desempenham papel fundamental no desenvolvimento de uma nação e manutenção de sua participação na economia mundial. Não há nação desenvolvida que não tenha uma forte indústria mínero-metalúrgica e/ou disponibilidade de acesso à mesma !

Contudo, qualquer material, sendo resultado de um processo de produção, possui no seu ciclo de transformação (extração, processamento, fabricação e manufatura) pelo menos um estágio no qual efluentes, quer sejam, sólidos, líquidos ou gasosos, são expelidos ao meio ambiente.

Este texto, à guisa de Prefácio, analisa alguns dos problemas ambientais e sociais ligados à extração e processamento de metais e/ou compostos químicos de origem mineral, de interesse às empresas, sociedade e profissionais de minas, químico ou metalúrgico, que lidem com os processos de produção e suas consequências, servindo de uma introdução à temática propriamente dos Indicadores de Sustentabilidade abordados ao longo do livro !

Várias versões deste texto encontram-se disponíveis, em Português, Espanhol e Inglês, servindo a várias finalidades e objetivos, adaptadas àquilo que se pretende discutir. Esta é mais uma delas !

*Roberto Villas Boas y Christian Beinhoff, Editores*

## **1. INTRODUÇÃO**

A produção e utilização de materiais em geral e, em consequência, aquela de minérios e metais, obedecem, dentro de um determinado quadro de desenvolvimento industrial, os ciclos económicos atuantes num, igualmente, determinado referencial de tempo. Tais ciclos já foram exaustivamente descritos na literatura e podem refletir tendências mundiais, locais ou, mesmo, geopolíticas.

Tendo em vista que a seleção de um determinado grupo de materiais depende do ciclo predominante nos países industrializados, estes determinarão, em maiores ou menores graus, os padrões de consumo de uma dada “commodity”, induzindo ao mercado adaptar-se a esta nova realidade.

Naquelas indústrias intensivas em materiais, duas estratégias surgem: há uma busca de materiais que venham a se adequar a uma dada tecnologia (caso da indução descrita no parágrafo anterior), ou, alternativamente, o desenvolvimento de tecnologia para o material disponível (caso em que o material em causa seja difícil de se comprar, ou a situação geopolítica esteja conflituosa).

Os materiais reciclados, cuja magnitude de uso nas indústrias varia de acordo com o estágio económico de uma particular economia, necessita, como regra geral, de menos capital e gasto energético e mais mão-de-obra do que os empregados na extração primária, a partir do minério. Também, em geral, exigem menores custos de controle da poluição ! Entretanto, a reciclagem se torna mais intensa com o aumento da sofisticação da economia, pois que, então, quantidades apreciáveis de material a ser reciclado se tornam disponíveis !

Os materiais, durante os seus processos produtivos, produzem importantes alterações no meio ambiente: requerem energia para serem processados, terras nas quais se instalem suas fábricas, áreas de recebimento de dejetos resultantes dos processos produtivos, além de

expelirem gases e poeiras e requererem água e movimentação de terra!

Na verdade, já de há muito estes fatos são conhecidos, e algumas ações foram tomadas, aqui e ali, no sentido de minimizar as conseqüências de tais efeitos, deixando-os dentro de “ limites aceitáveis de tolerância ”, que variam de tempos em tempos.

Tal variabilidade é devida às pressões sociais, as quais forçam legislações, as quais promovem alternativas tecnológicas de processo, as quais, por fim, refletem-se na economia !

Naquilo que diz respeito à temática ambiental e extração mineral, duas questões surgem; a primeira, qual é o efeito relativo à produção, rejeito e uso dos materiais ? A segunda, quais são suas disponibilidades num futuro previsível ?

Este texto abordará a primeira questão, através da análise e comentário de algumas “commodities”.

Quanto ao aspecto social da atividade da mineração importam:

- os relativos à criação ou perda de empregos ;
- os relativos às novas oportunidades criadas a partir da atividade, bem como as perdidas após finalizada ;
- à mineração em áreas urbanas e terras indígenas, ou de florestas nacionais ;
- o fechamento das minas ;
- os indicadores de sustentabilidade da atividade nos seus entornos ;

## **2. A RECUPERAÇÃO MÉDIA DOS METAIS E SUAS ETAPAS DE PRODUÇÃO**

Para que qualquer material seja produzido há etapas de produção nas quais rejeitos também são gerados. Estes rejeitos podem ser genericamente classificados em duas grandes categorias: perdas e efluentes.

- **Perdas** são definidas como aqueles rejeitos facilmente identificáveis a partir do material produzido, ou sejam, partes do material que vão se deixando para trás ao longo do processo produtivo.
- **Efluentes** são rejeições originadas destas mesmas etapas de produção inerentes à tecnologia utilizada dentro de cada etapa, mas não necessariamente identificadas ao material principal !

### **2.1. A Recuperação Média dos Metais**

Numa tentativa de sistematizar a análise dos impactos ambientais dos rejeitos oriundos da indústria minero-metalúrgica, tomem-se, por exemplo, os metais e conceituem-se, quantificando-as, as denominadas **perdas médias metálicas**.

É bem conhecido o fato de que as recuperações associadas aos minérios, desde a mina até o produto final, variam de economia para economia, de país para país, sendo as mesmas funções das tecnologias empregadas, das leis vigentes ou acatamentos voluntários de regulamentações ambientais e sociais, hoje em dia muito em voga, capacidade financeira das empresas, habilidade no trato industrial e ambiental e etc.; da mesma forma, são os impactos ambientais causados pela produção primária e secundária, através da reciclagem, dos metais !

Assim, dados sobre recuperações e perdas médias, de metal para metal, e, mesmo, de um mesmo metal de país para país, ainda quando utilizem tecnologias similares, podem apresentar variações

apreciáveis ! Isto se deve às denominadas “particularidades” do mundo mineral; a saber: a combinação ótima entre o teor de corte da jazida, ou seja o limite lavrável, e o compromisso entre recuperação e teor do concentrado, tornando cada jazida única nas suas características físicas e econômicas !

Otras variáveis mantidas iguais, tanto menor será o teor, ou pobre a qualidade do minério, tanto maior será o custo de recuperação do produto de interesse. À medida em que há uma escolha do teor do minério a ser minerado, há também uma escolha da massa total a ser extraída, bem como do total recuperado do produto; quanto menor o teor permitido, maior a massa extraída.

Dessa forma, a fixação do teor de corte em jazidas com graus irregulares de distribuição de teores poderá requerer várias seqüências de computações alternativas entre teores e massas, obviamente em função das hipóteses sobre os limites de lavra.

Igualmente importante é a trabalhabilidade do minério, medida pelo custo da remoção física da rocha. Outros fatores, como acesso à mina, espessura e regularidade da zona mineralizada, dureza, presença de estruturas interferentes e etc.. são parâmetros de cômputo e decisão a considerar !

Variações quanto ao teor e trabalhabilidade de um corpo mineral, podem acompanhar-se mutuamente, e, mesmo, compensarem-se uma à outra ! Minérios de diferentes teores e custos, mas suficientemente similares em outras características que os tornem insumos do mesmo processo de beneficiamento poderão ser extraídos ou homogeneizados visando uma recuperação proveitosa ou, caso contrário, permanecerão como minérios paramarginais !

Uma remoção completa de todo o minério disponível na mina, ou lavra total, nunca é conseguida, mesmo porque não almejada, tendo em vista que o custo de extração por unidade recuperada cresce continuamente e, em geral, aceleradamente,

quando tentativas são executadas para incrementar o percentual extraído !

No curto prazo, para uma dada usina de beneficiamento, o percentual lavrável dependerá, em boa proporção, do teor do minério; o método de lavra normalmente limita a recuperação do minério na boca da mina.

Igualmente, a tecnologia de processo. Como exemplo interessante tem-se, para a lixiviação de ouro, as recuperações mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Recuperações de Ouro por Processos de Lixiviação**

OPERAÇÃO	PARTÍCULA	RECUPERAÇÃO	TEMPO	CUSTO
Agitação	≤ 0,1 mm	90 a 95 %	>20h	IN+OP
Vat	≤ 10 mm	70 a 80 %	3 a 4 h	IN
Pilha	> 10 mm	40 a 60 %	3 a 4 s	IN+ OP

Onde,

IN = custos de investimento

OP = custos operacionais

h= hora

s= semana

Vejam-se, agora, algumas “commodities” minerais selecionadas, quanto às suas recuperações e teores, tal como mostrado na Tabela 2, onde MC equivale à massa do concentrado produzido referida àquela do minério total, em percentagem, e MR é a recuperação em massa, ou seja, aquilo recuperado da “commodity”, em questão, relativa à quantidade de minério na boca mina (“run of mine”). Estes índices percentuais, por si sós, fornecem a dimensão do problema ambiental enfrentado !

**Tabela 2 – Recuperação x teor para algumas “commodities”**

MINÉRIO	RECUPERAÇÃO	TEOR	EMPRESA
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (3%) Pirocloro	MC = 3,3% MR = 66%	60% Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> concentrado	CBMM
TiO <sub>2</sub> (1,5%) Ilmenita	MC = 2,2% MR = 81%	55% TiO <sub>2</sub> concentrado	RIB
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (17%) Cromita	MC = 28% 37 MR = 65%	46% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> concentrado	FERBASA
WO <sub>3</sub> (0,5%) Schelita	MC = 0,49% MR = 79%	75% WO <sub>3</sub> concentrado	TUNGST
SnO <sub>2</sub> (1,3%) Cassiterita	MC = 1,9% MR = 69,1%	48% Sn concentrado	RENISON
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (0,16%) Tantallita	MC = 0,22 MR = 70%	49%Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> concentrado	BERNIC

Outro exemplo bastante ilustrativo do sinergismo recuperação, teor, massa recuperada, movimento de terra para acesso ao corpo mineral, subprodutos gerados etc.. é o da produção de fertilizante fosfatado, a partir de rocha vulcânica, o qual, além dos problemas de manuseio de terra e solo e disposição de rejeitos, gera, no seu processamento, cinco vezes mais massa, em gesso, daquela do concentrado de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> produzido, ao reagir com ácido sulfúrico.

## 2.2. As Etapas de Produção

Num processo produtivo podem-se identificar quatro etapas, a saber extração, processamento, fabricação e manufatura, assim definidas:

- **a etapa de extração** envolve a lavra e o beneficiamento do minério, resultando como produto o concentrado comercial; nesta etapa, as perdas dependem do método de mineração empregado, seja ele a céu aberto, câmara e pilares, corte e enchimento, etc.. e das técnicas de beneficiamento, sejam elas gravíticas, flotação, e

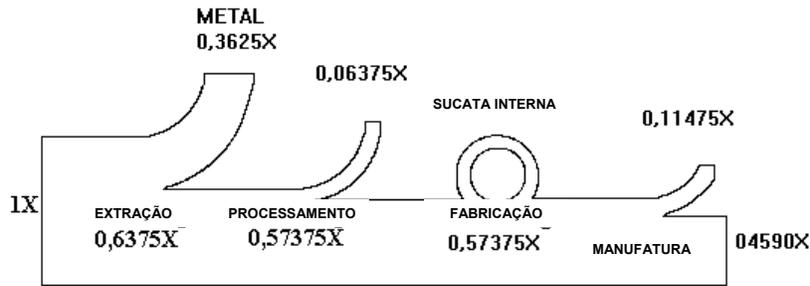
outras. Os efluentes gerados são COx e NOx, a partir das máquinas e equipamentos, as águas de processo, lençol freático contaminado, material particulado e movimentação de solo e terra.

- **a etapa de processamento** envolve as operações metalúrgicas e/ou químicas na conversão do concentrado em metal ou composto; as perdas dependem da tecnologia seguida e habilidades e tecnologias disponíveis (piro, hidro e/ou eletro); os efluentes são gases, COx, NOx, SOx, bem como líquidos, na forma de metais pesados contidos nas águas de processamento, e sólidos, tais como sedimentos e poeiras de metais pesados.
- **a etapa de fabricação** envolve aquelas operações destinadas ao fabrico de barras, chapas, etc...; as perdas neste caso são recirculadas “ad infinitum”, sem perdas do material; os efluentes são as águas servidas e gases industriais.
- **a etapa de manufatura** envolvendo a aplicação de operações mecânicas para a conformação dos metais, tais como estamparia e forja; as perdas são identificadas com as partes do metal resultantes de tais conformações que não produzam o produto desejado, sendo a reciclagem bem organizada e eficiente, mas não total; os efluentes são vapores de água e gases industriais.

Os dados sobre a “**recuperação média dos metais**” referentes às etapas de **extração** e **processamento** foram obtidos a partir de Hasialis e para a etapa de **manufatura** a partir de Mar. Chame-se a atenção para o fato de que os dados desta última referência são bastante antigos para os Estados Unidos, tendo sofrido alterações substanciais ao longo destes anos; entretanto, para aquelas partes do mundo que não estão utilizando “Best Available Technologies” os mesmos ainda podem ser representativos ! De qualquer maneira, o importante aqui é o argumento, qualquer que seja o número que o represente, o qual deverá ser pesquisado e levantado para cada caso específico.

Quanto aos dados fornecidos por Hasialis, representam valores médios e, como é natural, grandes variâncias existem para cada caso particular de interesse. Entretanto, mais uma vez, vale o argumento, deixando ao leitor a tarefa de indagar quais seriam os dados representativos para o seu próprio caso de interesse.

As etapas de produção estão representadas na Figura 1, que é um diagrama de Sankey, ou de tiras, envolvendo as quatro etapas descritas.



**Figura 1 – Diagrama de Sankey das Etapas de Produção**

Onde:

X = teor do metal no minério “in situ”: 1 X !

Le = as perdas do metal resultantes da etapa de extração: 0,3625 X !

Pe = é o produto, em metal, resultante da etapa de extração: 0,6375 X!

Lp = as perdas do metal resultantes da etapa de processamento: 0,06375 X !

Pp = é o produto, em metal, resultante da etapa de processamento: 0,57375 X!

Lf = as perdas do metal resultantes da etapa de fabricação: 0 X !

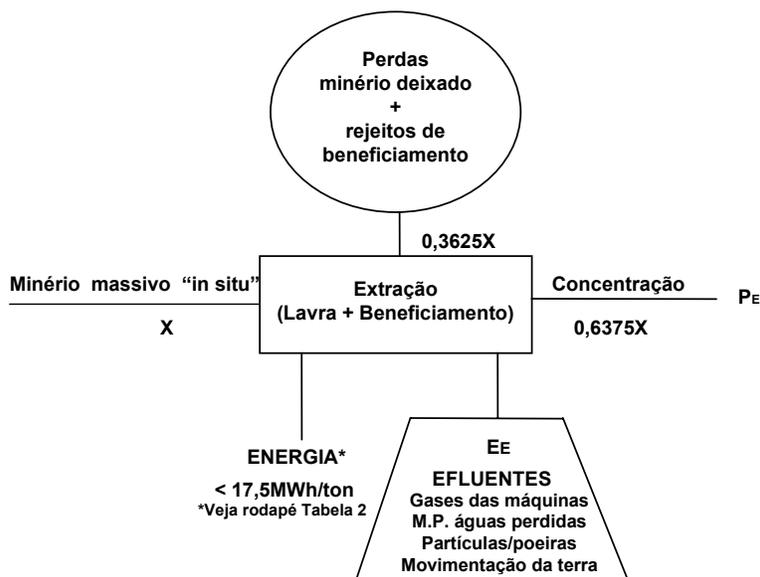
Pf = é o produto, em metal, resultante da etapa de fabricação: Pp !

$L_m$  = as perdas do metal resultantes da etapa de manufatura:  $0,11475X$  !

$P_m$  = é o produto, em metal contido, resultante da etapa de manufatura:  $0,459X$

$E_i$  = é o efluente gerado em cada uma das etapas de produção, mostrado nas figuras a seguir !

### 2.3. Identificando os impactos ambientais da etapa de extração



**Figura 2 – Entradas e saídas da etapa de extração**

A – Energia: podem-se visualizar as possibilidades de melhoras técnicas quanto à energia utilizada nesta etapa. Os dados estão em kWh (térmico), por tonelada de metal primário, onde:

$A_l = 10.175 \text{ kWh (térmico)/tonelada.}$

$C_u = 17.420 \text{ kWh (térmico)/tonelada.}$

Zn= 1.420 kWh (térmico)/tonelada.

B – Perdas:

Minério deixado “in situ”, o qual é função direta do método de lavra e do teor de corte selecionado; há possibilidade de melhoras !

Rejeitos do Beneficiamento, o qual é função da tecnologia empregada na etapa de processamento, pois os teores comerciais são insumos para tecnologias conhecidas; há possibilidades de melhoras !

C – Efluentes:

Na lavra, impactos originados das operações de acesso e movimentação de rochas e terra em geral; há possibilidades de melhoras em função do estabelecimento de medidas legais ou voluntárias que tenham em conta os custos de recuperação e as pressões sociais.

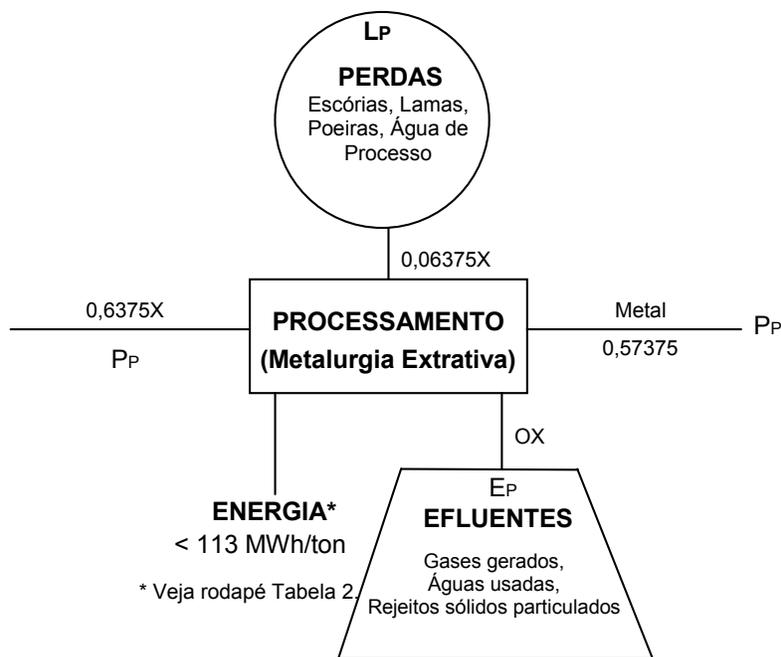
Na lavra, gases das maquinas e equipamentos, barulhos e vibrações; há possibilidades de melhoras.

Ainda na lavra, ruptura do lençol freático e outros regimes hidráulicos existentes; há poucas possibilidades de melhoras com os métodos de mineração empregados hoje em dia.

No beneficiamento de minérios, as águas de processo e poeiras, bem como disposição de rejeitos e controle de geração de ácidos e outros efluentes.

#### **2.4. Identificação dos Impactos Ambientais originados da Etapa de Processamento**

Com referencia à Figura 3, a seguir.



**Figura 3 – Entradas/Saídas da Etapa de Processamento**

A - Energia: no uso de energia, há possibilidades de melhora de desempenho; os dados são em kWh(térmico)/tonelada.

Al: 35.384 kWh (térmico)/tonelada;

Cu: 26.520 kWh(térmico)/tonelada;

Zn: 17.560 kWh(térmico)/tonelada;

Mg: 103.000 kWh(térmico)/tonelada;

B. – Perdas:

As massas perdidas nesta etapa são função da tecnologia de processo utilizada, habilidades disponíveis e legislação. Há possibilidades de melhoras, especialmente nas áreas de recuperação de metais de

escórias, poeiras e outras massas descartadas ou desenvolvimento de novos processos tecnológicos baseados nos decréscimos das operações envolvidas e/ou equipamentos mais eficientes.

C. – Efluentes: gases de processamento, tais como CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, além das águas de serventia após eventual remoção de metais pesados destas águas de processamento. Emissão de particulados, ao longo do processo, além de rejeitos sólidos, outros que escórias, lamas etc... Há possibilidades de melhoras.

## 2.5. Identificação dos Impactos Ambientais originados na Etapa de Fabricação

Analisando-se a Figura 4, que mostra as entradas/saídas da etapa de fabricação, a seguir mostrada.

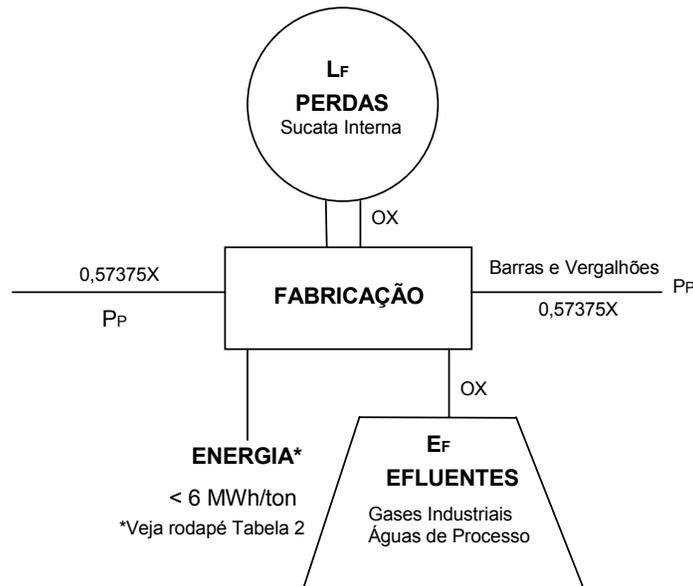


Figura 4 – Entradas/Saídas da Etapa de Fabricação

A. – Energia: utilização de energia, tal como mostrada pelos números a seguir, obtidos da referência 16:

Al: 4.937 kWh(térmico)/tonelada;

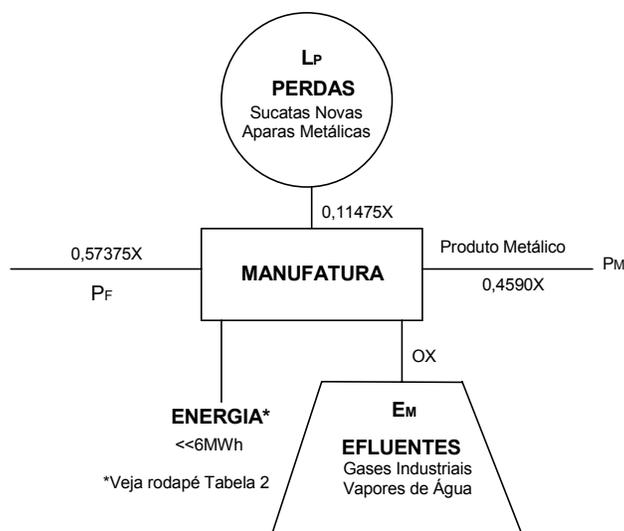
Cu: 5.970 kWh(térmico)/tonelada;

Zn: 1.492 kWh(térmico)tonelada;

B. – Perdas: geração da denominada “home scrap”, onde não há perdas, pois o reciclo é contínuo e constante. Entretanto, há possibilidades de melhoras, ou sejam, decrescimos, das massas geradas como perdas, com a utilização de operações e/ou equipamentos mais eficazes.

## 2.6. Impactos Ambientais Identificados oriundos da Etapa de Manufatura

Observando a Figura 5, a seguir mostrada.



**Figura 5 – Entradas/Saídas da Etapa de Manufatura**

A. – Energia: bastante variável dependendo do particular produto metálico obtido através de forja, estamparia, usinagem, etc.. Entretanto, bem menos do que qualquer das etapas de produção anteriores.

B. Perdas: são as denominadas “sucatas novas”, as quais são recicladas na produção secundária do metal em questão.

C. Efluentes: gases industriais e vapor d’água.

### **3. DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE**

Para que se tenha um apanhado geral do papel do profissional de operação e pesquisa imbuído do escopo do desenvolvimento sustentável no seu dia a dia operacional, favor ler Conard, dentre outros, onde a drenagem ácida, a remoção dos metais dos efluentes industriais, gerenciamento do arsênico, redução de poluentes gasosos e conservação da energia, destruição de cianetos, processamento dos rejeitos e reciclagem são matérias analisadas e discutidas, através de exemplos selecionados de técnicas hidrometalúrgicas, para um meio ambiente saudável.

Para os interessados em novas técnicas e assuntos de pesquisa em hidrometalurgia e processamento aquoso de materiais e minerais industriais, as revisões de Doyle e Duyvesteyn são indicadas, bem como aquela periodicamente publicadas pelo JOM como revisões de extração e processamento.

#### **3.1. Energia**

A Tabela 2 mostra a energia utilizada em cada etapa de produção.

**Tabela 2 – Energia utilizada em cada etapa de produção**

ETAPAS DE PRODUÇÃO	ENERGIA (MWh(térmico)/t*
Extração	< 17,5
Processamento	< 113,0
Fabricação	< 6,0
Manufatura	<< 6,0

\*dados, conforme mencionados, não são médias, neste caso, mas máximos, para uma classe seleccionada de metais (Al,Cu,Zn,Mg e Ti).

Assim, o papel do engenheiro mineral, químico ou hidrometalurgista e mesmo do planeador ambiental é buscar processos que minimizem a energia consumida; dessa forma, do visto, a atenção deverá estar majoritariamente voltada à etapa de processo, seguida daquela da extração e, secundariamente, à fabricação e manufatura !

As eficiências das operações de processamento foram computadas por Chapman & Roberts, bem como em outras referencias sobre o assunto, tais como Yoshiki-Gravelsins e outros e Forrest & Szekely.

Para os objetivos desta argumentação as eficiências energéticas totais na etapa de processamento, ou seja a energia usada pela etapa toda e não apenas aquela diretamente vinculada ao processo propriamente dito, comparada àquela termodinâmica, de Gibbs,  $\Delta G$ , a Energia Livre de Gibbs, para aquela mesma etapa de processamento, é que são de interesse, pois representam fortíssimas indicações onde buscar melhoras energéticas de processamento ! A Tabela 3 lista tais eficiências, para metais seleccionados.

**Tabela 3 - Eficiência energética de alguns metais selecionados para a etapa de processamento.**

METAIS PRIMÁRIOS	EFICIENCIAS ENERGÉTICAS (%)
Al	13
Cu	1,4
Zn	5,5
Mg	6,1
Ti	4,1

Claro está que, de grande interesse, é a fonte de energia, seja ela baseada em hidrelétrica ou carvão, dado o efeito estufa. Forrest & Szekely analisaram em detalhe estes fatos.

### 3.2. Perdas

A Tabela 4 apresenta as perdas médias de metal ao meio-ambiente, para cada etapa de produção.

**Tabela 4 – Perdas médias de metal por etapa de produção**

ETAPA	Perdas Médias (ver texto)
Extração	0,3625 X
Processamento	0,06375 X
Fabricação	0
Manufatura	0,11475 X

Aqui, o engenheiro de processo e planejador ambiental deverá focar sua atenção para a etapa de extração, onde se concentram as maiores perdas, e, na seqüência, manufatura e processamento !

É, mais uma vez, importante salientar que os números apresentados, como são MÉDIAS de classes de substâncias, apresentam grandes VARIANCIAS ! Então competirá ao engenheiro de processo ou planejador ambiental obter os números de interesse e referentes ao SEU particular metal e/ou substância, dada que a argumentação, que nos interessa, é perfeitamente aplicável e válida como ferramental de estudo !

Não obstante, pode-se afirmar que, em geral, realmente são a mineração e o beneficiamento os grandes responsáveis pelas maiores perdas, em massa ! Assim, por exemplo, quando aplicáveis, as técnicas de lavra química, in situ, devem ser preferidas (obviamente levando-se em conta as variáveis permeabilidade, trabalhabilidade, solubilidade, etc..) quando o objetivo é a recuperação mássica máxima !

As perdas referidas à etapa de manufatura geralmente são processadas na recuperação secundária do metal e o são através, por exemplo, da aplicação de técnicas GER – Gross Energy Requirement -, ou sejam de análises da energia bruta utilizada nesta recuperação.

Na etapa de processamento, no entanto, várias melhoras vem sendo relatadas, à tempos, através de otimizações e modelagens de situações e produtos.

### **3.3. Efluentes**

Como visto, as descargas ao meio-ambiente podem sê-las sob várias formas, ou sejam sólidas, líquidas ou gasosas, possibilitando ao engenheiro ou químico excelentes oportunidades de desafios para superar, minimizando, estes descartes. A Tabela 5, a seguir apresentada mostra alguns dos mais salientes problemas carentes de soluções abrangentes, para cada uma das etapas de produção já referidas, comparando-os, em termos relativos, quer os mesmos se manifestem na terra, na água ou no ar. Esta comparação é referida aos padrões ambientais aceitos nos países da OECD, podendo, sempre é

importante salientar, variar enormemente entre países e grupos de metais.

**Tabela 5 – Comparação entre os impactos dos efluentes em cada etapa de produção**

PRODUÇÃO	TERRA	ÁGUA	AR
Extração	S	S	M
Processamento	MS	MS	S
Fabricação	B	B	S
Manufatura	B	B	B

B Impacto baixo

M Impacto moderado

S Impacto severo

Na identificação dos problemas específicos que cada uma das particulares indústrias que minerem e produzem metais enfrenta, sugere-se que o leitor busque em referencias da Internet nos portais das Associações e Grupos de Estudo, que os há, para o Cobre, para o Chumbo e Zinco, para o Níquel, para o Alumínio, para os Metais Leves outros que o Alumínio, etc., além, à guisa de exemplo, na literatura.

Dessa forma, o papel do engenheiro de minas, metalúrgico, químico, hidrometalúrgico, do planejador ambiental, e outros, no desenvolvimento de processos robustos ambientalmente e socialmente, objetivos do desenvolvimento sustentável, estará focado, neste particular item dos efluentes, em :

- **na etapa de extração** : movimentação e distúrbios geodinâmicos, naturais ou antropogênicos, em maciços rochosos; erosão; águas de minas; regimes hidrogeológicos; drenagem ácida; disposição de rejeitos; recuperação de áreas degradadas, etc...

- **na etapa de processamento:** efluentes ácidos; metais pesados; disposição de sólidos; geração de gases, etc...

Técnicas específicas, como possíveis soluções para os problemas apresentados, estão disponíveis na literatura. O engenheiro de processo, por exemplo, as encontrará na literatura para biosorção, extração líquido-líquido, eletrorecuperação de soluções diluídas, membranas, etc., bem como nas suas versões mais recentes, encontradas nas revistas e livros especializados.

A Tabela 6 lista alguns dos impactos ambientais associados a um grupo selecionado de ramos industriais metálicos, os quais utilizam BAT – Best Available Technology – ou seja, a melhor tecnologia disponível no mercado.

**Tabela 6 – Maiores impactos ambientais, para um grupo seletivo de indústrias**

<b>METAL</b>	<b>IMPACTO</b>
Al	lama vermelha; HF;CO <sub>2</sub> ; voláteis de piche; lineamentos dos potes eletrolíticos; cianetos
Cu	SO <sub>2</sub> ; fumos metálicos; metais pesados
Zn	SO <sub>2</sub> ; oxihidroxidos de ferro; Cd; metais pesados
Mg	CHCAs; dioxina
Ti	FeCl <sub>3</sub> ; cloretos voláteis; CO <sub>2</sub>
Ni	carbonila; metais pesados; poeiras e particulados
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	gesso; água; radiação (quando presente)

#### **4. OS MINERAIS COMO SOLUÇÕES AMBIENTAIS**

Até agora, discutiram-se os metais sob o ponto de vista de efeitos sobre o meio ambiente relacionados às suas extrações, processamentos, fabricações e manufaturas.

Vale a pena lembrar, nem que seja para efeitos de Ordenamento Territorial Mineiro, que serão referidos mais adiante, que os minérios e minerais que os constituem não podem ser vistos como vilões apenas, mas também como soluções ambientais diretas.

Pressões sociais intensas e conseqüentes legislações mais estritas forçam que a disposição de rejeitos e o tratamento de águas, por exemplo, sejam mais eficazes e controlados; dessa forma a utilização de bentonitas, cal, soda cáustica, hidróxido de magnésio, zeolitas, etc.. são realidades de mercado, bem como abrem amplas perspectivas de pesquisa e desenvolvimento.

#### **5. ALGUMAS OBSERVAÇÕES**

Desde que este texto foi originalmente escrito, a literatura técnica se enriqueceu em exemplos específicos de propostas de soluções para cada caso relatado. Entretanto, nada que significasse alterações na argumentação relatada, razão pela qual, para ganhar tempo, apenas lapidamos um pouco o original, acrescentando-lhe apenas o essencial.

De fato, desde a Rio – 92 e, agora, com a realização da Rio + 10, em setembro de 2002 em Johannesburgo, na África do Sul, as preocupações das indústrias mínero-metalúrgicas globais tem sido tentar provar suas participações no contexto da produção mundial, buscando safarem-se das pechas de vilãs poluentes.

Os grandes desafios para a sustentabilidade da indústria mínero-metalúrgica, e outras, além da condição básica de contorno enfatizada por Brundtland, no clássico “Nosso Futuro Comum“, qual

seja de um amplo acordo político para sua viabilização, promovido e patrocinado pelos G-7, continuam sendo :

- minimização dos fluxos de massas
- minimização da utilização de energia
- minimização dos impactos ambientais
- maximização da satisfação social

Com efeito, um grande projeto, financiado por umas 30 e poucas das maiores empresas de mineração do mundo, conhecido como MMSD, cuja descrição encontra-se na Internet, e cujos resultados, para o caso brasileiro, foram descritos por Barreto mostra que ainda está-se longe da meta do desenvolvimento sustentável que se almeja.

Temas como Fechamento de Minas, Ordenamento Territorial para a Mineração, Patrimônio Cultural Geológico-Mineiro, Indicadores de Sustentabilidade para a Indústria Extrativa Mineral, Geodinamica Antropogênica, passam a constituírem-se em temáticas de extrema relevância ao engenheiro, químico ou planejador ambiental.

## **6. FECHAMENTO DE MINAS**

Tal como hoje realizadas as atividades relativas ao fechamento da mina, do ponto de vista técnico, concentram-se numa operação unitária desenvolvida ao largo e ao longo da sua extração , a começar do projeto o qual aborda as questões ambientais e sociais da comunidade circunjacente e afetada durante a vida da mina.

Aspectos conceituais, bem como práticos de experiências com sucesso ou fracassadas foram recentemente discutidas e reunidas em livro. Embora os aspectos técnicos do fechamento possam ser

equacionados, embora ainda hoje custosos, os aspectos sociais e comunitários longe estão de sê-los !

Em passado recente as operações de lavra eram reunidas em quatro operações unitárias, a saber :

- limpeza, ou acesso, à mina ;
- carregamento de detonantes, para romper o bloco de minério ;
- transporte, dos blocos assim originados, até a boca do britador primário ;
- recuperação da área degradada, deixando-a apropriada para sua posterior utilização ;

Entretanto, quão apropriada é apropriada ?

Aqui entram as novas propostas e discussões sobre o fechamento de mina.

## **7. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Serão discutidos, ao longo deste livro, vários aspectos relativos às características dos indicadores, tais como :

- relevância ;
- transparência e clareza ;
- facilidade de entendimento dos mesmos ;
- credibilidade ;
- e fundamentados em dados existentes e de fácil observação e aquisição ;

É de relevância que a informação seja temporal e que possa agir de imediato, quando requerido !

Entretanto, como ocorre freqüentemente, os melhores indicadores, sugeridos, em geral, não possuem dados para sustentá-los ou torna-los viáveis. Há necessidade de sistemática coleta de dados e análise crítica dos mesmos.

Há, disponíveis, algumas fontes de informação e dados, tais como ( não exaustivas, é claro ) :

- Sustainable Community Roundtable  
<http://www.olywa.net/roundtable/>;
- Simple Living Network <http://www.sl.net.com/>
- Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators <http://www.sdi.gov/>
- Environmental and Sustainable Development Indicators Initiative ( ESDI) <http://www.nrtee-trnee.ca>
- Sustainable Development Criteria and Indicators for Minerals and Metals <http://www.nrcan.gc.ca/mms/sdev/sdrcrit>

## **8.REFERÊNCIAS**

- Malenbaum, W. (1978) World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000; in University of Phyladelphia Publication Series, U.S.A.
- Tilton, J.E.(1986) Atrophy in Metal Demand; Materials and Society, vol.10, nº 3.
- Waddell, L.M. and Labys, W.C. (1988) Transmaterialization: Technology and Materials Demand Cycles; Materials and Society, vol. 12, nº 1.
- Villas Bôas, R.C. (1987) Strategic Ores: Worldwide and Brazilian Prospectives; Second Southern Hemisphere Meeting on Minerals Technology, Proceedings, Rio de Janeiro.

- Anon, (1993) *Materials and Environment, where do we Stand, Minerals Today, our Materials World: A Special Edition*, U.S.B.M., April, 1993
- Villas Boas, R.C. (1976) *Aluminium: Why Search for New Production Routes? Proceedings of the IV National Meeting a Minerals Processing*, São José dos Campos, Brasil.
- Corry, A. V.& Kiessling, O.E. (1938) *Grade of Ore, Works Progress Administration, National Research Project, Mineral Technology and output per Man Studies*, USBM, Report E-6, August, p. 114.
- Bahr, A. and Priesemann, Th.(1988) *The Concentration of Gold Ores, Workshop Rare and Precious Metals, Castelo Ivano,Universitá di Trento, Italy.*
- Benvindo da Luz, A. et all (1990); *Manual de Usinas de Beneficiamento, publicação avulsa, CETEM, Rio de Janeiro.*
- Ottley, D.J. (1979) *Technical Economic and other Factors in the Gravity Concentration of Tin, Tungsten, Blondion and Tantalum Ores, Minerals Sci. Engng., vol. 11, nº 2, pp. 99-121.*
- Beever, M.B. (1982) *Materials, Technology Change and Productivity, Materials & Society vol. 6, nº 4.*
- Beever, M.B. (1976) *The Recycling of Metals: I - Ferrous Metals; II - Non-Ferrous Metals, Conservation & Recycling, vol. 1.*
- Chapman, P.F. and Roberts, F. (1983) *Metal Resources and Energy*, Boston, MA: Butterworth.
- Mar, J.W. (1981) *Testimony at Hearings of the Subcommittee on Science, Technology and Space of the Comittee on Commerce, Science and Transportation of the Senate, Washington. D.C., U.S.G.P.O.*
- Hasialis, M.D. (1975) *Improvements in Minerals Recovery, National Materials Policy. Proceedings, National Academy of Science, Washington, D.C.*

- Yoshiki-Gravelsins, K.S. et al.(1993) Metals Production, Energy and the Environment, Past I: Energy Consumption, JOM, pp. 15-20, May.
- Conard, B.R. (1992) The Role of Hydrometallurgy in Achieving Sustainable Development, Hydrometallurgy, 30, pp. 1-28, Elsevier, Amsterdam.
- Doyle, F.M. & Duyvesteyn, S. (1993). Aqueous Processing of Minerals, Metals, and Materials, 1993 Review of Extraction Processing, JOM, pp. 46-54, April.
- Nicol, M.J. (1993) Progress in Electrometallurgy Research and Applications, 1983 Review of Extractive & Processing, JOM, pp. 55-58, April.
- Hancock, G.F. (1984) Energy Requirements for Manufacture of some Non-Ferrous Metals. Metal Technology, vol. 11, July, pp. 290-299.
- Whitter, W. and Hoskins, C. (1984) Energy Required to Process Ingots semis, and finished products, Metals Technology, vol. 11, July, pp. 307-307.
- Forrest, D. & Szekely, J. (1991) Global Warming an the Primary Metals Industry, JOM, pp. 23-30, December.
- UNIDO. (1987) Pollution Problems and Solutions in the Non-Ferrous Metals Industry, First Consultation on the Non-Ferrous Metals Industry, ID/WG. 470/3, Budapest-Hungary.
- UNEP. (1993) Environmental Management of Nickel Production: A Technical Guide. Paris, (Technical Report, 15).
- Harries-Rees, K. (1993) Minerals in Waste and Effluents Treatment, Industrial Minerals, pp. 29-39, May.

# I. Trabalhando

## conceitos e idéias

---

## **LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN LA MINERIA**

M.Sc. Lic. *Juan Manuel Montero Peña*

Cuba

---

### **INTRODUCCION**

El concepto desarrollo sustentable promueve la necesidad inmediata de conocer los impactos que una determinada actividad económica ocasiona sobre el medio ambiente, a través del establecimiento previo de indicadores, que se puedan expresar en cifras. Esta es una idea presente en los presupuestos teóricos de este modelo económico que promueve un desarrollo donde la utilización de los recursos sea proporcional a la recomposición natural del mismo en la naturaleza o a la aparición de nuevos sustitutos en los procesos productivos. Además se maneja la idea de que las tasas de emisión de desechos deben ser proporcionales a las tasas de absorción de estos por la naturaleza.

El hombre no puede conocer con las tecnologías actuales hasta dónde una actividad determinada ha impactado los ecosistemas inmediatos y los situados en su misma cadena. De ahí que el autor considere que se puede medir cómo una actividad tributa al desarrollo económico de una región, cuáles son los impactos que genera al medio ambiente en el sentido de crear condiciones para facilitar la realización de los proyectos sociales de un determinado grupo, pero no conocer con exactitud los impactos que ocasiona.

En el caso de la minería, una actividad de por sí no sustentable, (Montero, J., *Minería y Geología*, No.4, 2001) consideramos que es posible poseer una serie de indicadores que permiten conocer la viabilidad de esta actividad para la sociedad. Es perfectamente cognoscible cómo esta actividad crea condiciones para

la aparición de actividades económicas alternativas pero no hasta donde es sustentable.

## **LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD Y LOS CRITERIOS PARA MEDIR EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

El discurso sobre el desarrollo sustentable ha establecido el debate acerca de la necesidad de medir los impactos que el hombre con sus actividades ocasiona a la naturaleza. Sin embargo, en la actualidad no poseemos los instrumentos necesarios para realizarlo. Se pueden cuantificar los niveles de extracción de algunas materias primas, cuando se trate de recursos físicos como madera, carbón o la cantidad de material que se necesita mover para obtener una determinada cantidad de un mineral. Pero es imposible, por el momento, establecer la magnitud del daño que estas actividades ocasionan.

Algunos autores, que se dedican a estos temas, proponen un sinnúmero de indicadores para alcanzar la sustentabilidad. Sin definir previamente la esfera que realmente desean cuantificar. En nuestra opinión es necesario primeramente definir si se pretende medir el nivel de utilización de un recurso, la cantidad de materias primas que se precisan para obtener un producto terminado, sus ganancias según los precios establecidos en el mercado o los impactos que esta actividad ocasiona al medio ambiente.

Si se comprende la sustentabilidad en su aspecto amplio como un proceso de interacción entre elementos ecológicos, ambientales, sociales y políticos tendría que poseer indicadores para determinar los impactos en cada uno de estos elementos. Esto como se comprenderá no es posible en la actualidad.

Y es imposible porque estos indicadores o criterios no poseen un carácter universal. Es preciso adecuarlos a los contextos

culturales, en todas sus dimensiones. Reclaman del análisis local, regional o municipal y de la presencia de todos los actores comunitarios, desde el estado hasta las organizaciones comunitarias.

La proposición que a continuación presentamos parte de la idea de evaluar cómo la actividad en cuestión tributa a la aparición de alternativas a los procesos productivos actuales, una vía indiscutible para lograr la sustentabilidad en los términos de la visión clásica de este modelo económico.

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DE LOS RECURSOS MINEROS**

La situación a la que nos referimos anteriormente ha creado un interés cada vez mayor en la formulación de indicadores que sirvan para medir los impactos de las actividades humanas y las disponibilidades de reservas teniendo en cuenta los ritmos actuales de crecimiento de las economías mundiales y partiendo de los presupuestos de la Cumbre de la Tierra, en 1992 y de las normativas de las organizaciones internacionales que se dicen defensoras del desarrollo sustentable.

En este sentido podemos afirmar que se han desarrollado indicadores que pretenden medir el progreso económico como es el *Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas*; sobre la competitividad internacional del *World Economic Forum*; el *índice de Libertad Económica* del *Fraser Institute*. Del mismo modo se ha trabajado en la generación de indicadores sociales en donde se destacan el *Human Development Index* del *Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo* (PNUD). Con respecto a los indicadores del medio ambiente, éstos tienen una historia más reciente, sobresaliendo los trabajos de la *Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica* (OCDE), de los gobiernos de Canadá y Holanda; en América Latina destacan Costa Rica y Venezuela. Pero

gran parte del trabajo se ha concentrado en la presión ejercida por el hombre sobre el medio ambiente, como en las emisiones de contaminantes en la atmósfera (Narro, 1999).

En Cuba, se producen anualmente serios esfuerzos por medir con exactitud indicadores de *Índice de Desarrollo Humano*, los cuales incluyen aspectos directamente relacionados con la utilización de los recursos naturales. En las empresas estatales cubanas éste es uno de los indicadores que mayor atención recibe en las condiciones actuales, a pesar de la crítica situación económica que atraviesa el país. Sin embargo, es preciso decir que hasta el momento no se disponen de indicadores especialmente elaborados para medir las acciones del hombre sobre el medio ambiente.

La elaboración de indicadores de sustentabilidad al tener en cuenta las dimensiones del desarrollo sustentable tiene que incluir tres aspectos esenciales: *la economía, la equidad y la ecología*. Estos aspectos no se pueden analizar aisladamente, de lo contrario no darían la visión de sistema que es imprescindible tener en cuenta al tratar de establecer indicadores de sustentabilidad. Estos elementos dan la visión más concreta de la relación hombre – mundo que aspiramos en la misma medida que comporta todos los incluidos en la definición amplia de medio ambiente, como interacción de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos.

Evidentemente resulta muy sencillo determinar cuándo una actividad no es sustentable, para lo cual basta con saber cuáles son los impactos negativos que ocasionan sobre el medio ambiente, sin embargo, lo verdaderamente difícil es poder precisar cuándo se ha alcanzado la sustentabilidad. No cabe la menor duda que ésta es una tarea científica de gran envergadura y si la cuestión gira alrededor de los minerales, se puede plantear que esto es aún más complejo. Los científicos de esta área del saber humano no cuentan con todos los elementos necesarios para calificar una actividad económica como

sustentable o no, porque no poseen los indicadores necesarios para evaluarla.

En este artículo se valorarán algunos indicadores que pudieran ofrecer elementos de juicio para determinar cuándo una actividad minera es sustentable.

Las bases de este análisis parten de las características de los recursos minerales los cuales solamente son utilizados por el hombre si reportan alguna utilidad después de laborarse de forma manual o industrial. En este sentido C. Miranda reflexiona los recursos naturales lo son en la medida que poseen utilidad humana. Para ello tienen que ocurrir por lo menos cuatro circunstancias:

- Que exista el conocimiento de sus propiedades en relación con la satisfacción de sus necesidades.
- Que exista el conocimiento de las técnicas necesarias para la transformación de esos elementos en productos deseables.
- Que los conocimientos técnicos puedan introducirse en el aparato productivo.
- Que una vez elaborado el producto pueda llegar efectivamente a quienes posean la necesidad del mismo” (Miranda, 1999).

A partir de estos elementos es posible concluir que existen determinados indicadores que se deben tener en cuenta en el análisis de la actividad minera como puntos de partida para determinar la sustentabilidad. Estos indicadores de partida serían: *el conocimiento geológico, la tecnología, la factibilidad económica, la disposición de los sumideros, conocimiento de los derivados, integración de los recursos a su medio, determinación de las actividades alternativas y los criterios legales.*

### **El conocimiento minero - geológico**

Sobre un recurso mineral permite conocer todas las propiedades sobre el mismo y hasta dónde es capaz de satisfacer las necesidades de la producción de las generaciones actuales. Estos estudios nos permiten conocer la evolución del yacimiento a través de las diferentes eras geológicas y cuáles fueron las condiciones que en la naturaleza intervinieron en su origen. Además es posible a través de este conocimiento establecer las relaciones entre un recurso mineral determinado y los que se encuentran en su mismo sistema.

Este indicador permite a los especialistas valorar no solamente cómo sería la explotación de un mineral, sino cuáles serían las consecuencias de esta actividad sobre el área minera donde se va a actuar. Lógicamente desde este punto de vista se pueden establecer con antelación las estrategias imprescindibles para minimizar los impactos y preservar las zonas donde se propone situar la mina. Éste es un indicador que tiene una gran importancia no solamente para el caso de los recursos no – renovables, sino para los renovables. En este sentido, es preciso indicar que los conocimientos minero - geológicos permiten establecer los límites a tener en cuenta en el uso de un recurso si se espera que éste logre la recomposición natural, en el caso de los renovables en un tiempo razonable para ser utilizado por las generaciones actuales y futuras.

Por otra parte estos conocimientos aportan los elementos necesarios para indicar el límite de las reservas, el tipo de mineral y las posibles tecnologías para su explotación. Este último aspecto es un indicador para sugerir la utilización de una tecnología determinada o modificaciones en dependencia del tipo de mineral.

Finalmente, el conocimiento minero – geológico, permite conocer los minerales acompañantes y en consecuencia con ello, determinar posibles estrategias en el uso de tecnologías. Todo esto facilita la toma de decisiones en el establecimiento de una gestión

más acabada en el manejo de los recursos y hacia qué sectores dirigir posibles inversiones.

### **La tecnología**

Constituye un indicador esencial para determinar si la explotación de un recurso es sustentable o no. En ella está implícita la relación del hombre con la naturaleza, dicho de otra forma la tecnología que se emplee marcará los impactos sobre el medio ambiente, tanto los positivos como los negativos.

La tecnología, además es un valor que crea nuevos valores y modifica los ya existentes, esta visión nos permite comprender su lugar en el logro de la sustentabilidad.

Una tecnología, en el caso de los minerales, es sustentable si permite que se exploten las reservas para la cual se diseñó, sin afectar la capacidad de la naturaleza de recomponerse. Pero además, es sustentable si es capaz de crear sistemas tecnológicos abiertos que permitan utilizar los desechos de la producción, para obtener otras producciones y utilizar los minerales acompañantes. Es habitual en las empresas mineras, la deposición de los desechos en escombreras o en sumideros que se saturan rápidamente y que por sus características se sitúan al aire libre y se convierten en una peligrosa fuente de contaminación ambiental.

Esta situación se puede resolver únicamente si en el diseño original, basado en el conocimiento real del yacimiento se tiene en cuenta la tecnología que se va a utilizar de acuerdo con las características concretas de ese objeto. La tecnología, si el que la utiliza es capaz de mantener un determinado nivel de calidad del medio ambiente y dejar un espacio para la utilización de otras tecnologías para la explotación de los minerales acompañantes, es un elemento esencial para lograr un determinado nivel de compensación por la utilización de recursos no - renovables.

Las tecnologías flexibles están llamadas a imponerse en el sector minero porque sencillamente no resulta sustentable diseñar una fábrica para explotar un solo mineral. La existencia de escombros producidos como consecuencia de los sistemas productivos actuales es una muestra de incapacidad tecnológica y de una seria amenaza para el medio ambiente. Esos escombros contienen otros minerales que no se pueden aprovechar actualmente y que como consecuencia de los agentes naturales y artificiales, son víctimas de la erosión y se constituyen en fuente de contaminación.

La tecnología en el proceso productivo expresa una relación del tipo sujeto - objeto, en la cual el sujeto lo constituye el hombre y el conjunto de relaciones sociales en las que se desarrolla su vida económica. El objeto por su parte lo constituye la naturaleza vista en dos direcciones diferentes, la primera de ellas, como aquella porción que interactúa directamente con el hombre en el proceso productivo y sobre la cual actúa una tecnología de producción específica. La segunda porción de la naturaleza a la que nos referimos no interactúa directamente con el hombre, sobre ella no se dirige trabajo humano alguno, en cambio, recibe las influencias negativas de la utilización de tecnologías agresoras del medio ambiente.

Estos impactos se evalúan a partir del uso de una tecnología, la cual expresa el grado de dominio del hombre sobre la naturaleza y a la vez su compromiso con ésta en la misma medida que resulte sustentable o no. Para evaluar cómo una tecnología es capaz de propiciar un marco favorable para la protección de la naturaleza, es suficiente con valorar su capacidad de propiciar la generación de impactos negativos y positivos.

El empleo de tecnologías modernas permite crear materias primas artificiales las cuales sustituyen las naturales en el proceso de producción. Esto facilita la protección de innumerables recursos, especialmente cuando existen restricciones legales, lo cual contribuye

al proceso de regeneración natural al no estar sometidos a los niveles de sobre - explotación actual.

### **La factibilidad económica**

Es otro de los indicadores que proponemos para determinar la sustentabilidad de los recursos minerales. En primer lugar, es preciso señalar que la explotación de un yacimiento, tomando este indicador como referencia, sería sustentable si reporta ganancias netas con relación a los activos fijos empleados en su ejecución. En estos activos se incluyen los ambientales, aunque no se pueda expresar cuantitativamente el valor de los recursos naturales. Es decir, la empresa tiene que generar un margen de ganancias, tomando como referencia el mercado, capaz de reproducir todos sus activos e internalizar las externalidades ambientales.

Lo anterior significa que en los planes de producción de las empresas tiene que estar incluida la variante ambiental. En segundo lugar, es imprescindible señalar que como la factibilidad económica depende de los vaivenes del mercado, cualquier empresa minera debe ser flexible de acuerdo a estas circunstancias como para encontrar producciones alternativas que compensen las pérdidas cuando bajen los precios o cuando disminuye la demanda.

Estas compensaciones se pueden lograr a través de las vías clásicas, una de ellas sería disminuyendo los costos de producción y otra elevando la calidad del producto final lo cual lo haría más competitivo en el mercado. Sin embargo, lo más económico sería poseer tecnologías flexibles que permitan a los productores adaptarse a las exigencias del mercado, las que pueden variar en dependencia de los factores externos tales como el aumento de la demanda, la elevación de los precios, crisis de los productores tradicionales, etc.

La estrategia cuando ocurre cualquier alteración entre los diferentes mecanismos del mercado que actúan como reguladores de la producción, sería según lo exigen las circunstancias encontrar

minerales sustitutos o yacimientos complementarios si disminuye la demanda o como consecuencias de un aumento de las mismas se agotan las reservas. Estas respuestas solamente se pueden dar cuando existe un profundo conocimiento minero - geológico y las tecnologías existentes por su flexibilidad permiten las llamadas reconversiones industriales.

La factibilidad económica, vista desde esta lógica, incluye la necesidad de conocer como una actividad minera concreta crea condiciones necesarias para la aparición de actividades económicas alternativas a las actuales. Es decir, las empresas tienen que incluir en sus estrategias de desarrollo políticas que favorezcan la capacitación de perfil amplio de sus trabajadores y personal técnico y de dirección para su reorientación una vez agotados los recursos que explotan.

### **El conocimiento de los derivados**

Se convierte en un indicador de primer orden para lograr la factibilidad económica, de ahí la imperiosa necesidad de conocer anticipadamente cuáles serán los que ocasionará una actividad minera y la urgencia de encontrar las vías para venderlos como materia prima o preservarlo de la acción de los agentes erosivos del medio ambiente. En la actualidad la gestión de los derivados forma parte de la estrategia general de las empresas mineras (Espí, 1999).

No cabe la menor duda que una empresa que genere derivados, que no puedan ser procesados con sus tecnologías actuales es no sustentable. Una variante que permitiría lograr compensar los impactos negativos que ocasiona la minería sería lograr diseñar complejos mineros metalúrgicos que tengan en cuenta la utilización de estos derivados.

La idea del manejo integral de los derivados se relaciona directamente con el empleo de una determinada tecnología de minado y de procesamiento metalúrgico que se relacionen mutuamente.

Es decir, la existencia de los derivados depende de estos factores, los cuales se pueden minimizar o maximizar de acuerdo al contexto donde se encuentre enclavada la industria. La reconversión industrial por la que abogan los representantes de los países industrializados es prácticamente imposible para las naciones en vía de desarrollo, ello requeriría de inversiones millonarias que encarecerían los procesos mineros y los harían inviables económicamente.

### **La integración de los recursos**

Un importante indicador *a su medio* que constituye la columna vertebral de la compensación que la sociedad puede lograr en su desarrollo con relación a la explotación de los recursos minerales. El problema en cuestión se relaciona en cómo lograr la reinserción de los residuos al entorno, esto no se trata de la ubicación de los mismos en las escombreras, sino de la reintegración gradual y sistemática al medio de donde proceden. Lógicamente, esta integración es artificial teniendo en cuenta que después de ser procesados los minerales pierden un alto por ciento de sus características iniciales, sin embargo, estas transformaciones no se pueden considerar tan profundas como para no permitir la reinserción al medio (Espí, 1999).

En esta dirección podemos plantear que las empresas en sus políticas de gestión debían tener en cuenta los espacios libres que deja la minería para ser utilizados como depósitos de residuales. Esto se inserta perfectamente en la intención de reintegrar los recursos a su medio. Otros espacios dejados por la minería pueden ser utilizados con fines productivos o sociales dentro de las mismas empresas mineras lo cual se constituye en un indicador de compensación.

Estos residuos situados al aire libre sufren las consecuencias de los diferentes agentes erosivos del medio ambiente perdiendo propiedades lo que constituye una pérdida económica. Situados en espacios naturales, los dejados por la minería a cielo abierto por

ejemplo, permite preservar sus potencialidades para ser utilizados en otras actividades. Económicamente esto es factible porque permite el uso de las facilidades mineras existentes en los nuevos proyectos que se generen.

### **La determinación de las actividades alternativas**

Es un indicador que corrobora la tesis que defendemos con relación a la actividad minera y la posibilidad de la existencia de un tipo de desarrollo que proteja el medio ambiente a través de compensaciones. Los gobiernos y los empresarios están obligados a conocer qué tipo de actividad desempeñará el personal empleado en las minas una vez agotados los recursos en un yacimiento.

Los recursos humanos deben poseer la suficiente calificación como para asumir otros puestos laborales en empresas similares por tecnología o diferentes. En la estrategia general de la empresa, en lo referido a la formación de los trabajadores hay que privilegiar la capacitación de perfil amplio y la utilización de tecnologías flexibles que permitan ese tipo de superación.

Esta política que se conoce como de cierre de minas debía de ser contemplado antes de aprobarse una licencia para iniciar la explotación de una mina. El otorgamiento de una concesión minera debía estar acompañado además de la correspondiente licencia ambiental con una clara definición estratégica de las actividades alternativas que se iniciarán al cerrarse una mina.

Este conocimiento puede estar avalado, primeramente; por estudios del entorno económico donde se ubica la mina con el propósito de conocer hacia que empresa reubicar los trabajadores de las minas que se cerrarán. Y en segundo lugar por la determinación de, a partir de las tecnologías que se disponen, de posibles actividades a realizar en las instalaciones de la mina.

## **La evolución de los sumideros**

Se convierte en un importante indicador a tener en cuenta en nuestro caso, porque el desarrollo sustentable no puede incluir únicamente a la fuente de los recursos, sino que es muy importante valorar el lugar de los sumideros.

La naturaleza posee una capacidad determinada de reciclar las materias extrañas que el hombre con su actividad lanza a los diferentes ecosistemas. Esa función también es limitada, contrariamente al criterio de los desarrollistas acerca de su carácter ilimitado. Estos desechos necesitan de un tiempo para ser reciclados, en dependencia del nivel de los mismos y de la posibilidad del ecosistema para asimilarlos. Si el nivel es superior al que puede asimilar la naturaleza, se rompe el equilibrio de los ecosistemas impactados y de los situados en la misma cadena.

El desarrollo sustentable no es posible si se saturan los sumideros, si se sobrepasa la capacidad de asimilación de los mismos no se pueden mantener los ciclos naturales de absorción de desechos. Los que defienden la posibilidad de la existencia de la sustentabilidad en la minería deben indicar cómo medir los niveles de los sumideros de lo contrario no tendrán elementos para hablar con rigor de sustentabilidad.

En el caso de los desechos minerales, después de los diferentes procesos metalúrgicos donde aparecen solos o en aleaciones, el tiempo de asimilación por parte de la naturaleza es largo.

El sumidero cumple una doble función, como destino final de los desechos sociales y de las producciones de las industrias. En el caso concreto de las industrias mineras los desechos de la producción tienen que constituir una preocupación permanente en los diferentes esquemas productivos. Ellos constituyen una fuente permanente de

contaminación ambiental y a largo plazo una pérdida de materias primas para futuros procesos productivos dentro de las empresas.

### **Los indicadores legales**

Constituyen un indicador imprescindible de sustentabilidad. Una actividad no puede aprobarse si viola las leyes que la sociedad ha establecido como válidas para ser cumplidos en una determinada región. Es preciso cumplir con rigurosidad lo legislado en cada país y los acuerdos suscritos por estos en las diferentes convenciones internacionales, tanto para custodiar directamente la actividad ambiental como las leyes indirectamente ambientales.

Existen regulaciones que son de carácter internacional y que se deben cumplir en virtud a los acuerdos adoptados por el país. Estos tratados imponen obligaciones que los países deben acatar e incorporar a sus legislaciones. Estos elementos se observan para determinar si una actividad es viable desde el punto de vista legal.

Cada actividad económica y cada nación independiente poseen leyes que los inversionistas tienen que cumplir, en el caso de Cuba poseemos la *Ley de Inversión Extranjera* que promueve la búsqueda del desarrollo sustentable en sus inversiones, especialmente en la minería, voluntad expresada por el gobierno cubano en la *Ley de Minas* y la *Ley del medio Ambiente*. Cuando estas se violan se aplican multas severas con el consecuente daño económico para los infractores.

Este indicador permite conocer hasta donde una actividad cumple con lo legislado y en consecuencia con ello cómo tributa a la racionalidad de los diferentes proyectos nacionales, es decir cómo las leyes se convierten en un instrumento para la concreción de una voluntad política que privilegie o no, más allá de intereses económicos, el logro de la sustentabilidad ambiental. Y lo fundamental para este artículo, cómo las leyes contribuyen al logro de

la compensación en una actividad tan agresiva para el medio ambiente.

## **CONCLUSIONES**

La existencia de indicadores de sustentabilidad en la minería es posible a partir de evaluar cómo un proyecto minero, en particular, tributa a la aparición de actividades económicas alternativas a las actuales. Es decir, de qué forma las generaciones actuales de gestores mineros y sus comunidades crean condiciones para que las futuras generaciones dispongan de espacios donde desarrollar sus economías y lugares de reunión.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Cuba, Ley 81 : Del medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República (La Habana), Año XCV, No.7, p.47-68, 1997.
- Cuba, Ley No.76 : Ley de Minas. Gaceta Oficial de la República, La Habana, No.3, 1995.
- Cuba, Ley No.77: Ley de Inversión Extranjera. Gaceta Oficial de la República (La Habana), Año XCIII, No.3, p.5-12, 1995.
- Espí, J. Las políticas de un sector minero integrado con el desarrollo del país. Canteras y Explotaciones (España), Año XXXI, No.376, p.50-56,1999.
- Miranda, C. Enfoque acerca de la relación medio ambiente – desarrollo. Referencia histórica. En: Colectivo de Autores. Tecnología y Sociedad. La Habana: Ed. Felix Varela, 1999. p.215-231.
- Narro, J. Indicadores y contabilidad ambiental. [http:// indicadores y contabilidad ambiental.htm](http://indicadores-y-contabilidad-ambiental.htm) 1/23/01

## **ANÁLISE QUALITATIVA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA MINERAÇÃO: MITO E REALIDADE**

Prof. *Adilson Curi*

Escola de Minas da UFOP - [Curi@degeo.ufop.br](mailto:Curi@degeo.ufop.br)

---

### **RESUMO**

No meio mineral é comum ouvirmos comentários de que os trabalhos de mineração estão sempre limitados a uma área muito pequena e que esta atividade se constitui em um uso temporário do terreno o que reduziria seu impacto ambiental. Indiretamente e despretensiosamente, estas afirmações procuram fazer uma análise qualitativa da sustentabilidade ambiental da mineração. Neste artigo analisamos estas e outras afirmações rotineiramente citadas no meio mineral para testar sua validade e apresentamos algumas propostas para a proteção ambiental de áreas ameaçadas pela mineração.

Palavras chave : Sustentabilidade, Mineração, Meio ambiente

### **INTRODUÇÃO**

Nos países desenvolvidos já se observa um movimento crescente de aproximação entre os ambientalistas e os mineradores. Existem certas preocupações e desafios que obrigam tais profissionais a atuarem em conjunto. No esforço para proteger as unidades de conservação e as áreas protegidas em geral têm ocorrido intercâmbios diversos entre as partes – algumas vezes de cooperação, outras de conflito.

Por que conflito? – Alguns projetos de mineração afetam a integridade de certas regiões naturais que podem perder até 100 hectares (240 acres) a cada hora (EMCBC,1998). Há risco de perda do habitat de milhares de espécies de plantas e animais e dos

ecossistemas onde vivem. Nas últimas décadas a sociedade vem, gradativamente, aumentando sua preocupação com o legado ambiental deixado pela mineração. O preço que estamos pagando pelo uso diário dos recursos minerais não seria, algumas vezes, muito alto?. Mudanças na legislação, tecnologia e atitude em relação à mineração têm contribuído para uma melhoria das práticas de mineração nos anos mais recentes, mas, ainda persistem, muitas políticas e procedimentos que requerem mais atenção e ação por parte dos ambientalistas e da comunidade em geral.

Neste artigo, são discutidos alguns dos assuntos e preocupações, particularmente considerando a perspectiva da proteção da biodiversidade.

Ressaltam-se os aspectos referentes à mineração e seus conflitos ambientais, levantando-se questões sobre que decisões adotar no futuro.

Salvando-se habitats suficientemente amplos e representativos seremos capazes de salvar espécies endógenas incluindo toda a diversidade dos ecossistemas. No trato do uso da terra e da proteção ecológica na área de influência de uma mineração, existem uma série de pressupostos ou alegações que já podem ser consideradas, nessa altura, como “ lugar comum” desde que são sempre repetidas pelos engenheiros de mina, geólogos e profissionais da área de mineração, bem como advogados e defensores da mineração. Necessariamente, qualquer um que esteja engajado neste assunto já deve ter ouvido falar desses pressupostos e neste artigo questionamos a validade de tais assertivas. Na seqüência se procede à discussão de algumas dessas alegações às quais denominamos **MITOS** e procuraremos descrever como a sua aceitação pode comprometer a proteção do meio ambiente e da biodiversidade.

## **DISCUSSÃO**

### **O que é mito e o que é realidade em termos de mineração e meio ambiente?**

Mito 1 : “ Os impactos relacionados à mineração são limitados a uma área muito pequena”

Os mineradores e seus defensores sempre relacionam área minerada, relativamente pequena, aos impactos ambientais gerados. Neste caso, os impactos estariam restritos à área minerada. E, em termos da superfície diretamente afetada, este argumento pode ser convincente. Afinal, que representa a área afetada por uma pequena pedreira em relação a uma criação extensiva de animais ou uma plantação de soja que pode ocupar milhares de hectares. Entretanto, a mina, propriamente, é somente um ponto de referencia em uma ampla gama de atividades que ocorrem antes, durante e após a lavra. A mina pode se transformar no centro geográfico de uma ampla rede de rotas de transporte (estradas, ferrovias, hidrovias, minerodutos), redes de infra-estrutura energética (barragens, linhas de alta tensão), além logicamente, dos barramentos de rejeito, pilhas de estéril e plantas de beneficiamento mineral.

Mito 2: “A mineração é um uso temporário do terreno”

Muitas minas são projetadas para uma vida útil de apenas algumas décadas ou mesmo alguns anos. Para os menos avisados, somente este fato já pode significar que os impactos terão curta duração. Por que fazer uma grande confusão e alertas sobre uma mina que será reabilitada praticamente antes que alguém saiba que ela existiu?

Apesar de, em muitos casos, a mineração se constituir em um uso temporário do terreno, este fato não é a regra geral. Os impactos deixados pelas atividades de mineração irresponsáveis podem persistir em muitos casos.

Apesar da mineração ser uma ocupação superficial temporária na área, ela causa um impacto ambiental importante associado à movimentação do solo superficial, estradas de acesso, superfícies sem vegetação, rejeitos e pilhas de estocagem. A qualidade e a quantidade de água tanto superficial quanto subterrânea é afetada se medidas mitigadoras não forem praticadas. Os cursos de água podem ser afetados e a vazão dos mesmos alterada. A erosão pode ser excessiva e a água superficial e subterrânea pode atingir níveis de mineralização indesejáveis. A topografia, drenagem, vegetação e paisagem do local minerado podem ser seriamente impactados. A inclinação das pilhas de estocagem do material estéril pode tornar a topografia inadequada para uma utilização futura do local (Williams, D.J. et al, 1997). Os impactos da mineração incluem também a degradação da paisagem, destruição de terras agriculturáveis e de floresta e degradação de terrenos utilizáveis para recreação.

Provavelmente, os impactos mais graves e mais duradouros originados pela mineração sejam:

- (a) destruição do habitat natural das espécies em função da implantação de toda a infra-estrutura da mina ( escritórios, oficinas, barramentos de rejeito, estradas, etc.);
- (b) os efeitos da drenagem ácida de mina na qualidade da água e na vida silvestre, incluindo os peixes;
- (c) os grandes acidentes como o rompimento de barramentos de rejeitos ou pilhas de estéril que podem acontecer, inclusive, após o abandono do empreendimento.

Mito 3: “A pequena mineração provoca pouco impacto ambiental porque está limitada a uma pequena área e não conta com infraestrutura de apoio”

Em função da área afetada pouco significativa e praticamente da ausência de infra-estrutura de apoio a pequena mineração reforçaria os argumentos do Mito 1. Entretanto, a presença de certas particularidades, como o uso de mercúrio, sem os devidos cuidados, para a recuperação do ouro nos garimpos da Amazônia, pode provocar impactos ambientais permanentes.

Mito 4: “A grande mineração provoca pouco impacto ambiental porque está certificada e atende a legislação”

Embora certificada segundo os padrões ambientais internacionalmente aceitos a grande mineração pode estar contribuindo para o aumento dos impactos ambientais gerados, principalmente, pelos seus fornecedores. É difícil controlar as atividades de terceiros que prestam serviço às grandes empresas e que não respeitam as normas ambientais estabelecidas. Além disso, a grande mineração provoca alterações no quadro social regional, alterando a ocupação do espaço físico e a movimentação das populações.

Mito 5 : “A lavra subterrânea provoca menos impacto que a lavra a céu aberto”

Em termos dos aspectos paisagísticos esta afirmação pode ser verdadeira, em função de que as áreas mineradas encontram-se no subsolo. Entretanto, a maior parte da infra-estrutura de apoio e também as unidades de beneficiamento de minérios estão na superfície. Além disso, as águas contaminadas no subsolo podem atingir a superfície.

Mito 6 : “O impacto geral no ambiente produzido por conjunto de minas ou pedreiras como um todo é a soma dos impactos de cada pedreira ou mina em particular”

Um grupo de minas ou pedreiras incorpora um grande número de minas com as mesmas características, ou seja, (mesmo tipo de material, métodos de lavra similares e competição no mesmo mercado), e com concentrações acima de 1 unidades de produção por km<sup>2</sup> em certas áreas, apesar dos limites não serem, geralmente, definidos com precisão.

Parece evidente que o impacto geral no ambiente produzido pelo conjunto de pedreiras como um todo não é meramente a soma dos impactos de cada pedreira em particular considerada como uma unidade isolada, mas tal impacto pode ser calculado considerando os seguintes aspectos (*Ciccu et al. 1998*):

- somente algumas das pedreiras e infra-estrutura relacionadas são visíveis a partir dos corredores visuais principais do terreno;
- as áreas expostas das faces das pilhas e das cavas decrescem com a distância do observador;
- Distúrbios como ruídos, poeira e vibração sonora são gradualmente atenuados quando aumenta a distância em relação à fonte emissora;
- flora e fauna são afetados somente em uma área limitada às redondezas de cada mina de tal modo que nenhum efeito de superposição será observado se a distância entre as minas for suficientemente grande;
- os aspectos positivos do ponto de vista social, econômico e cultural podem, entretanto, beneficiar a comunidade circunvizinha em uma área que exceda os limites do conjunto de pedreiras.

## **PROPOSTAS PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS AMEAÇADAS PELA MINERAÇÃO**

O conjunto de preocupações identificadas neste artigo aborda um conjunto complexo de problemas para todos os envolvidos. Algumas medidas para evitar conflitos futuros são comentadas a seguir – algumas técnicas, algumas legais e outras políticas. Abaixo são listados princípios e prioridades baseadas na experiência de grupos que têm trabalhado a favor e contra os interesses da indústria mineral (EMCBC,1998). Estes princípios são apresentados como diretrizes gerais que possibilitem uma melhor defesa das áreas de proteção ambiental frente aos interesses da indústria mineral. Aos defensores das atividades de mineração cabe contestar estes princípios em função de seus interesses e objetivos.

Princípio 1 – A indústria mineral deve ser proibida em áreas de proteção ambiental

O objetivo final, confesso, para os defensores da meio ambiente, principalmente ambientalistas, é a não permissão da mineração nas áreas protegidas. Os outros princípios são usados como apêndices para ajudá-los a alcançar seu primeiro princípio. Segundo estes a exploração e exploração mineral devem ser proibidas em áreas protegidas existentes ou futuras. Particularmente, a mineração deve ser excluída de áreas de interesse ecológico especiais tais como, reservas ecológicas, estações ecológicas e outros tipos de áreas protegidas com valor ambiental destacado onde os objetivos de conservação não sejam compatíveis com a atividade de mineração. A atividade mineradora deverá ser excluída também de áreas onde seja crítica a questão dos habitats para a vida selvagem, especialmente considerando a ocorrência de espécies raras ou sob perigo de extinção e as áreas necessárias para a sua procriação.

Princípio 2 – Proteção Provisória / Medidas para proteção de áreas candidatas

Os governos devem considerar a possibilidade de aplicação de uma proteção provisória para áreas que estejam em processo de candidatura à áreas de proteção ambiental. Nas áreas não protegidas formalmente os danos aos valores naturais podem ser grandes devido às atividades de mineração. A proteção provisória assegurará que os interesses de terceiros não tenham precedência sobre o interesse público resultando na necessidade de medidas de compensação a posteriori. As técnicas aplicáveis devem incluir o mapeamento da área, diretrizes de gerenciamento ambiental provisório e restrições legais que proíbam as atividades de pesquisa, desenvolvimento e lavra de recursos minerais nas áreas críticas identificadas.

Princípio 3 – As avaliações das áreas candidatas devem considerar os valores naturais

Os governos devem ser estimulados a destinar maiores recursos, inclusive financeiros, para a avaliação e quantificação do valor do meio natural e da vida silvestre ao invés de destinar a maior parte dos recursos para valorar o recurso mineral.

Deve-se questionar a tendência estabelecida de enfatizar o valor do recurso mineral em detrimento do valor ambiental da área protegida.

Princípio 4 – Os estudos de impacto ambiental na mineração devem ser efetuados com mais agilidade e eficiência

Em função da urgência em definir-se as áreas de proteção ambiental o melhor cenário, para os ambientalistas, seria a definição rápida das áreas de proteção evitando-se anos de estudo para melhor definir o potencial mineral das mesmas. Entretanto, as políticas governamentais dependem da avaliação das reservas minerais nas áreas de proteção ambiental. Se o governo insiste em inventariar toda

a informação sobre os recursos minerais, os ambientalistas devem contrapor-se ao governo considerando os seguintes argumentos:

- que os estudos financiados pelos governos contemplem a viabilização de projetos que não removam os habitats naturais e não disturbem a vida silvestre alterando as características do meio físico ou envolvendo a introdução de substâncias tóxicas;
- se o potencial mineral for avaliado como moderado a alto, os trabalhos poderão ser iniciados pelo governo ou indústria contanto que contemplem o item acima;
- se o governo permitir os trabalhos exploratórios em uma área de preservação potencial ou candidata e tais trabalhos forem cancelados em função da ocorrência de valores culturais ou biológicos destacados, a companhia não deverá ser compensada pela perda da jazida mineral. De antemão, a companhia já seria informada do risco de se pesquisar em uma área de preservação potencial. O governo poderia compensar a companhia pelas despesas com os trabalhos de exploração mineral, unicamente;
- se a área é de alto potencial mineral e está localizada na periferia da área de proteção potencial, deve ser dado um tempo limitado para que a companhia tenha acesso à área do recurso mineral, com exceção dos casos onde a área seja crítica em termos das metas de proteção ecológica, em termos de manutenção da integridade ecológica e dos processos naturais, e/ou da sustentabilidade das populações silvestres. No caso da ocorrência de uma área com alto potencial mineral as considerações do princípio 5 devem ser adotadas. Em caso contrário, o governo deverá ser conclamado a assumir a área como área protegida. Alguns desses pontos poderão ser atacados pela indústria como sendo ingênuos. Entretanto, raramente uma empresa mineira torna público os resultados de suas campanhas de sondagem. Poucas empresas se arriscam a investir mais em pesquisa mineral

antes que possuam a concessão de lavra de uma área. Isto também não seria irracional?

De qualquer modo, deve-se ter consciência que estas áreas são especiais e requerem legislação específica que deve ser respeitada pelo governo e pela indústria.

Princípio 5 – Assegura que as áreas de alto potencial mineral não sejam imediatamente excluídas como áreas de preservação

Os estudos de avaliação de recursos minerais podem identificar áreas de alto potencial mineral dentro de áreas candidatas à proteção ambiental. Isto poderá induzir as autoridades governamentais e a indústria a não considerar estas áreas para efeito de proteção ambiental em função de seu alto conteúdo mineral. Os ambientalistas devem se contrapor a tais assertivas, promovendo as seguintes ações:

- antes de remover as área de alto potencial mineral como áreas candidatas deve ser feita uma revisão do potencial mineral no contexto regional para determinar-se se há depósitos minerais similares nas adjacências que possam ser minerados sem comprometer a área a ser protegida;
- se a área de alto potencial mineral estiver localizada na periferia da área candidata, pode-se fazer um zoneamento da área maior considerando-se que se adicione ao projeto de preservação original uma área com valor ecológico equivalente. Uma revisão dos impactos acumulados a partir desse novo cenário deverá ser efetuada;
- se a área de alto potencial mineral estiver localizada no centro da área candidata o governo deve ser pressionado para resguardar a área e preservá-la diante dos interesses da mineração. Muito importante em tal cenário é o questionamento da viabilidade da mineração nas cercanias de uma área de proteção em particular.

#### Princípio 6 - Os padrões da atividade mineral deverão ser revistos

Em área candidatas à proteção ambiental onde haja (a) alto potencial mineral, ou (b) direitos minerários preexistentes e (c) importância ambiental destacada, qualquer decisão do governo que permita a pesquisa mineral deverá ser acompanhada por audiências públicas que reforcem as metodologias de mineração para que se assegure a integridade da área a ser protegida. Os governos devem ser pressionados para desenvolver padrões de conservação para as áreas mais sensíveis, áreas silvestres e outras áreas e águas com alta biodiversidade e valor social não importando se estas áreas sejam protegidas ou não. Exemplificando, a exploração mineral em paisagens cársticas com cavernas em calcários pode exercer uma gama de impactos no ar e no regime hidrológico que mantém estas áreas.

#### Princípio 7 – Os governos devem ser estimulados a reformar os sistemas de concessão para a atividade de mineração

Os governos deverão ser estimulados a iniciar o processo de revisão dos sistemas de concessão de pesquisa mineral e lavra para que se assegure que os direitos minerários não tenham primazia sobre os objetivos ambientais e de proteção das áreas. O processo de requerimentos por entrada livre é inconsistente com o crescimento das demandas pela sociedade em termos do atendimento de outras metas associadas com a sustentabilidade ecológica, econômica e social. A indústria argumenta que os governos devem “desregulamentar” a indústria e remover os padrões ambientais para que a indústria possa se tornar mais competitiva e possa adotar estratégias mais flexíveis. Entretanto, ironicamente, esta mesma indústria se mantém atrelada aos velhos paradigmas das concessões minerárias impedindo iniciativas de melhorias ambientais e sociais, como acontece, por exemplo, em certos parques e áreas de conflito.

#### Princípio 8 – Transparência

O processo de estabelecimento da área de proteção deve ser aberto e transparente

Qualquer decisão relacionada com o estabelecimento de áreas de proteção e proposição de estudos de recursos minerais bem como programas de exploração e lavra deverão ser executados em um processo com ampla participação pública.

#### Princípio 9 – Informação

As organizações conservacionistas deverão tomar conhecimento da Política Governamental para os recursos minerais e da legislação vigente referente à proteção das áreas vizinhas às atividades de mineração

#### Princípio 10 – Confiança

Desconfie das reais intenções dos grupos ambientais ligados à indústria que apoiam projetos de proteção ambiental em áreas com recursos minerais.

### **CONCLUSÕES FINAIS**

Neste artigo foram discutidos alguns aspectos que consideramos relevantes para a preservação de áreas protegidas ameaçadas por atividades de mineração.

Pelo apelo dos comentários pode-se observar que a maioria dos mesmos estão embasados em experiências de grupos ambientalistas que lidam diretamente com as questões relacionadas ao meio ambiente e a mineração.

Segundo a ótica da indústria de mineração tais argumentos necessariamente serão contestados, pelo menos parcialmente.

O principal objetivo desse trabalho é levantar a discussão de tais questões, principalmente no meio da indústria mineral. É preciso que aqueles que defendem a mineração saibam o que os outros setores, principalmente ambientalistas, estão pensando. É preciso que aqueles que defendem a mineração saibam, também, o que é melhor para o meio ambiente e a biodiversidade.

A utilização de áreas com status ambiental especial (Amazônia, Pantanal, áreas de preservação permanente, reservas ecológicas e outras) traz sempre a questão de evitar-se irreversibilidades. É perfeitamente compreensível que em situações em que se coloca, de um lado da balança, o desenvolvimento de uma mina e, do outro lado, a preservação, a tendência será dar um peso maior à preservação. Restrições ambientais podem tornar certos depósitos minerais indisponíveis, como se eles tivessem sido removidos da face da terra. Porém, a decisão de não utilizar um recurso deve ser tomada somente após a devida consideração de todos os interesses envolvidos. Essa avaliação é muitas vezes difícil, pois dá à discussão atributos não mensuráveis em termos quantitativos ou financeiros, tais como o patrimônio genético, a paisagem e a terra dos antepassados, entretanto não pode ser evitada (IBRAM, 1992).

No caso específico do Brasil, embora a legislação brasileira para questões ambientais seja considerada uma das mais avançadas do mundo e o país esteja à frente de muitas nações desenvolvidas, não estamos deixando de ameaçar o meio ambiente e desrespeitar as leis. O problema, certamente, não é a falta de uma legislação que estabeleça regras rígidas e penas pesadas para os criminosos ambientais. O grande entrave é a falta de estrutura para fiscalizar e punir aqueles que não cumprem a lei.

Em todo o país a realidade é bem parecida. Basta verificar que o Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis) em todo o Brasil possui 1.500 fiscais para atender a 5.500 municípios. Ou seja, uma média de quatro municípios para

cada fiscal, com boas chances de boa parte deles não ter à sua disposição sequer uma bicicleta para realizar o seu trabalho (Confea, 2002).

A grande questão é que a problemática ambiental não está incorporada na implementação das políticas públicas. Ter uma legislação avançada, no campo civil, administrativo e penal, não garante o fim da agressão ao meio ambiente. Entretanto, os mais otimistas vêem solução a médio prazo. Não que se acredite que, repentinamente, o Estado irá construir uma estrutura de gestão dos seus recursos naturais condizente com o alto nível de sua legislação ambiental. Mas há aqueles que apostem em outras forças capazes de fazer o empresário cumprir integralmente as leis ambientais do país. Uma delas, vem do próprio mercado. O setor produtivo está sendo obrigado a cumprir a lei porque as organizações estão sendo cobradas comercialmente, tanto pelo mercado interno quanto externo, a buscarem a sua certificação ambiental. "Quem hoje não é certificado não exporta e já apresenta dificuldades até mesmo para colocar seu produto no mercado interno. Esta postura do mercado tem exigido dos empresários o cumprimento integral de todas as normas e a instalação de equipamentos não-poluentes. "A lei brasileira é muito boa, mas a lei de mercado é imbatível" (Confea, 2002). Outra força capaz de mudar a postura do empresário e coibir a ação dos agressores é a pressão popular. Cada vez mais, as comunidades estão exigindo informações e cobrando das organizações sua parcela de responsabilidade com a manutenção saudável do meio ambiente. E, como interessa cada vez mais às empresas manter uma relação simpática com aquela comunidade que as acolhe e que consome os seus produtos, muitos avanços ambientais estão sendo alcançados amigavelmente. Outro aspecto recente da legislação brasileira está revertendo o quadro da impunidade dos empresários que operam sem licenciamento ambiental. A novidade é que a lei 9.605/98 não incrimina apenas o agente poluidor, mas também o órgão responsável pela fiscalização que não coibir a ação criminosa. Este novo princípio

- de punir quem também faz vistas grossas ao descumprimento legal - é uma revolução do ponto de vista do Direito Ambiental. Está movimentando os órgãos fiscalizadores que agora correm o risco de serem considerados cúmplices e coniventes com toda e qualquer ação criminosa contra o meio ambiente. "Trabalhar na clandestinidade deixou de ser lucrativo para transformar-se num risco iminente de prejuízo, muitas vezes irreversível para a saúde financeira das empresas", (Confea, 2002).

## REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- Ciccu, R, Mocci, G. & Imolesi, E. 1998. A rational approach to the assessment of environmental issues in stone quarrying districts. *Proceedings of the Environment Issues Waste Management in Energy and Mineral Production* ( ed. A. A. Balkema) Rotterdam, pp. 87-93.
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea). 2002. *A guerra Verde*. Revista do Confea. Ano VI, N<sup>o</sup> 9, pp. 26-29.
- Environmental Mining Council of British Columbia (EMCBC). 1998. *More Precious Than Gold: Mineral Development and the Protection of Biological Diversity in Canada*, British Columbia, Canada, 31 p.
- Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). 1992. *Mineração e Meio Ambiente*. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Grupo de Redação. Brasília, 126 p.
- Williams, D.J; Wu,Y; Morris, P.H systems analysis of engineered mine site rehabilitation, Proceedings of The Fourth Intern. Conf. on Tailings and Mine Waste, Fort Collins, Colorado, 1997, Rotterdam: A.A. Balkema.

## CENÁRIOS DE GEOINDICADORES POR MEIO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM SIG E BASE DE DADOS GEOAMBIENTAIS

Dra. *Noris Costa Diniz*

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 602 Brasília  
DF, tel (061)426-5868

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.-  
IPT - [aneel@gov.br](mailto:aneel@gov.br); [diniznor@ipt.br](mailto:diniznor@ipt.br)

---

### RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema gerenciador geoambiental que utiliza tecnologias de bases de dados e Sistema de Informações Geográficas com a finalidade de compor cenários dinâmicos de geoindicadores ambientais utilizando critérios de geologia de engenharia. As bases de dados em SIG regionais e de áreas urbanas podem ser consideradas como ferramentas para extrair indicadores de problemas e mudanças ambientais. O SIG de geologia de engenharia poderia ser atualizado a medida em que ocorram modificações causadas por interferências da ocupação humana sobre o meio físico. A Base de dados Geoambientais pode ser acessada pelo SIG para avaliações ambientais da atual dinâmica de uso e ocupação do solo complexa e acelerada.

O desafio do planejamento e da gestão ambiental é que enquanto não se conseguiu o potencial para atingir o entendimento das questões mais freqüentes sobre as necessidades regulatórias, a degradação ambiental que gera efeitos cumulativos continua em crescimento. Os geoindicadores podem ser entendidos como medidas de alta resolução de modificações de curto prazono ambiente geológico, que sejam significativas para avaliação e o monitoramento ambiental (BERGER, 1996).

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*

O desenvolvimento de uma Base de dados Geoambientais, por meio da automação de um SIG de geologia de engenharia foi o objetivo de um doutorado apresentado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo EPUSP, contando com diversos projetos do IPT, da SMA/SP, da SABESP, da SCTDE e da CESP, integrados pelo projeto GAIA – Sistema de Gerenciamento da Base de Dados Geoambientais do Estado de São Paulo. Os objetivos do Projeto eram modelar e implementar: uma base cartográfica espacial digital; um SIG de ameaças geoambientais; um SIG de interferências de processos tecnológicos; dados espaciais de unidades de conservação; banco de dados alfa-numéricos, banco de dados de imagens; multimídia; e aplicações em SIG para gestão ambiental, gerenciamento de recursos hídricos e monitoramento de riscos.

**Palavras chave:** Geoindicadores, Sistema de Informações Geográficas, Ameaças e Riscos Geológicos, Sustentabilidade, Meio Físico.

## 1. INTRODUÇÃO

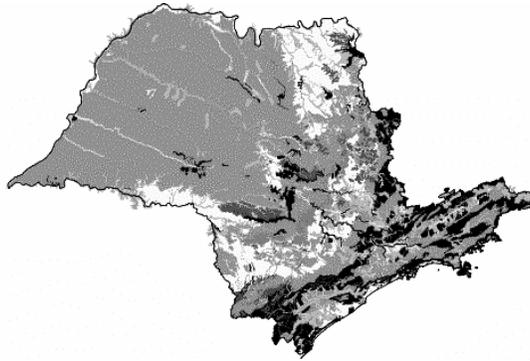
Este trabalho apresenta uma aplicação SIG que possibilita construir Cenários de Geoindicadores, Figura 1, baseado em critérios de geologia de engenharia por meio do Sistema Gerenciador da Base de Dados Geoambientais – GAIA (Geo-Avaliação de Impactos Ambientais), como na Figura 2. O Sistema GAIA se constitui na Base de Dados Geoambientais do Estado de São Paulo e na interface desenvolvida em três projetos: a tese de doutorado de DINIZ (1998), defendida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP; o projeto de pesquisa interno no IPT, desenvolvido para os temas de avaliação ambiental, ameaças geológicas e aptidão dos terrenos a empreendimentos civis; e ainda um projeto, desenvolvido para Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA/SP, aplicado a zoneamento ambiental, monitoramento de unidades de conservação e gerenciamento de recursos hídricos.

Base de Datos Geoambientais em SIG, baseada em critérios de geologia de engenharia pode ser considerada uma ferramenta no esforço multi-disciplinar para desenvolver soluções para o monitoramento de ameaças geológicas. O comportamento dos terrenos, expostos ao uso e ocupação intenso e acelerado, e modificado por seus processos tecnológicos, tem acarretado consideráveis perdas econômicas e até de vidas humanas.

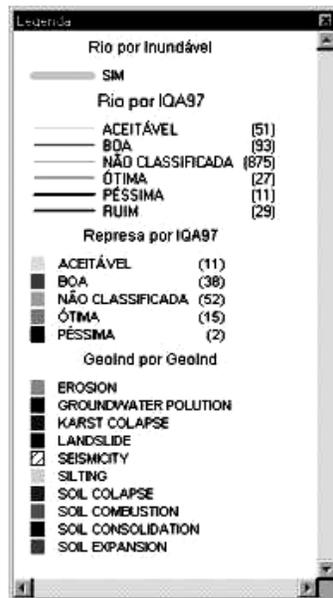
A previsibilidade do comportamento dos terrenos obtida por meio do SIG de geologia de engenharia, será tão mais precisa quanto mais a investigação geológico-geotécnica e a caracterização dos terrenos seja guiada pela observação e a análise dos processos do meio físico, deflagrados pelos processos tecnológicos decorrentes de interferências civis.

O sistema GAIA possui uma base de dados espaciais, um banco de imagens, um banco de dados alpha-numérico que podem ser utilizados numa aplicação de Cenários de Geoindicadores aplicando atributos e critérios geológico-geotécnicos para avaliação ambiental.

A importância do efetivo gerenciamento de dados e de informações sobre questões ambientais foi especialmente considerada no projeto de pesquisa do sistema GAIA. Atividades de pesquisa de geoindicadores requerem e geram uma enorme quantidade de dados e informações das mais diversas. Estes dados e informações são necessários para documentar as mudanças ou alterações no meio físico, para possibilitar o entendimento dos processos do meio físico, e ainda, promover avaliações integradas dos impactos causados por atividades humanas.



**Figura 1 – Cenário de geoindicadores do Estado de São Paulo, a partir da Base de Dados Geoambientais (DINIZ, 1998).**



LEGENDA do cenário de geoindicadores.

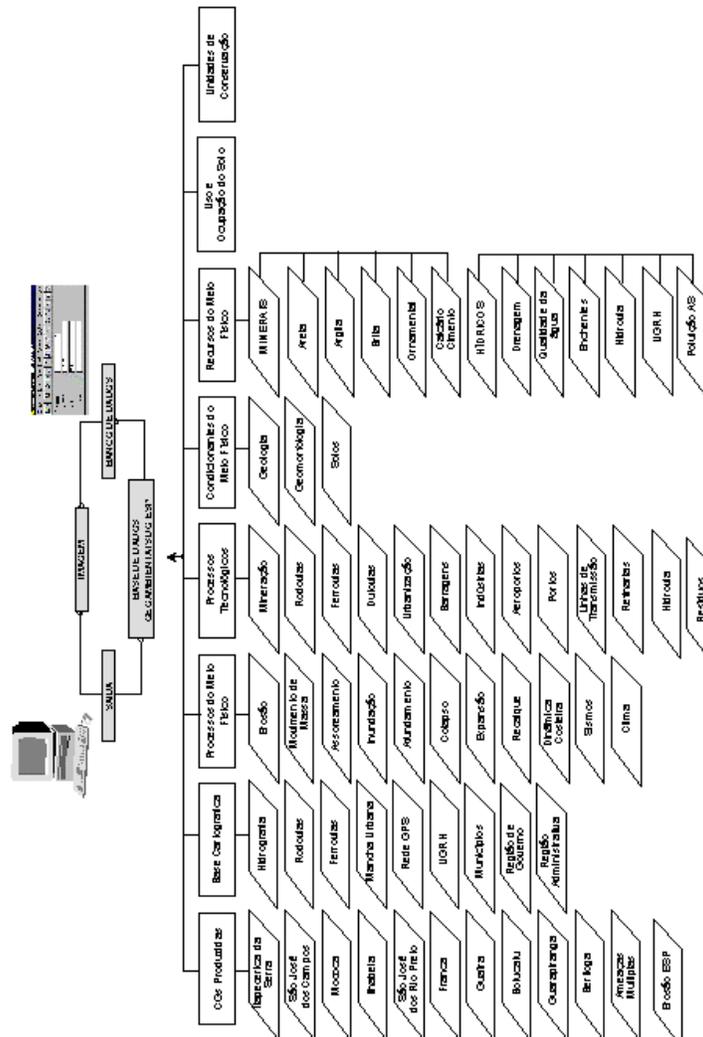


Figure 2 – GAIA – Estrutura de dados do Sistema Gerenciador da Base de Dados do Estado de São Paulo.

Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores

Devido à complexidade das informações ambientais, nas quais se incluem os geoindicadores, fenômenos naturais, interações humanas e necessidade de avaliações abrangentes, existe um desafio constante, no sentido de arquivar, preservar e tornar o sistema de monitoramento disponível, em formato acessível para usuários especialistas e outros.

A Base de Dados Geoambientais pode ser acessível além do universo dos especialistas. Para uma compreensão adequada por estes usuários, a linguagem e as recomendações preventivas incluídas no banco de dados deve ser clara para cada um, em termos de predeterminar o comportamento da interação uso do solo interações no meio físico. Assim como indicar as interferências entre as diversas formas de ocupação, indicando medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar custos e riscos nos empreendimentos e no meio ambiente e em seu entorno.

As medidas preventivas aplicadas na gestão ambiental poderiam contribuir para a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. O uso efetivo dos SIG de geologia de engenharia pode ser assegurado a medida em que as orientações de medidas preventivas e corretivas possibilitem orientar intervenções como: manejo de unidades de conservação, planos de bacias, planos diretores municipais, planos de defesa civil, medidas de controle de erosão e deslizamentos, fornecendo, por meio da integração das informações da base de dados, geoindicadores para o monitoramento de riscos geológicos.

Medidas preventivas na gestão ambiental, baseadas nas observações de campo dos problemas ambientais, podem melhorar a qualidade de vida para o desenvolvimento sustentável.

## **2. GEOINDICADORES**

Os geoindicadores foram desenvolvidos como uma ferramenta para auxiliar na avaliação integrada de ambientes naturais e ecossistemas, assim como para relatar a situação do meio ambiente, como afirmados por BERGER & IAMS (1996). Como descritores dos processos do meio físico que operam em um cenário terrestre ou outro, os geoindicadores representam corretamente um novo tipo de medida da paisagem, os quais concentram em si mesmo os componentes inanimados da litosfera, pedosfera, hidrosfera, e suas interações com a atmosfera e a biosfera (incluindo o ser humano).

As condições ambientais em determinado momento refletem, não só as interferências humanas, mas também os processos e os fenômenos naturais (Berger & Iams, 1996), as quais podem estar causando alterações, seja com a presença de pessoas ou não. A longa história evolutiva da Terra e da biosfera tem sido pontuadamente marcada pelas mudanças que reduzem ou aumentam enhanced a capacidade das paisagens terrestres para proporcionar um lugar para vida saudável. Além do que, longe dos efeitos óbvios da perturbação humana (cidades, áreas de disposição de resíduos, minas, desmatamentos), tem sido muito difícil separar os efeitos de ações humanas daqueles provocados por processos naturais preexistentes.

Utilizando as informações de bases de dados geoambientais pode-se tentar prever flutuações climáticas sazonais a interanuais e eventos extremos associados, e se poderia simular o potencial de impactos econômicos sobre a agricultura, recursos hídricos, e outros sistemas econômicos.

Contudo, para definir as tendências e os padrões geográficos e temporais de mudanças sobre os terrenos da cobertura terrestre, é necessário conhecer quais são os processos, naturais e quais são os induzidos por ações humanas, que levam à mudanças na cobertura terrestre e no uso da terra. Incluindo processos como desmatamento, desertificação e perda de recursos globais. A vulnerabilidade dos

sistemas terrestres, incluindo economia, saúde humana, e sistemas ecológicos para flutuações climáticas e mudanças dependem das escalas de tempo abordadas.

A Figura 3 ilustra o fluxograma de critérios de geologia de engenharia baseados no *Check List* de geoindicadores proposto por Berger & Iams (1996) e na modelagem da Base de Dados Geoambientais (Diniz, 1998). Os geoindicadores seriam os processos atuais enquanto que os critérios de geologia de engenharia são medidas dos respectivos atributos condicionantes. Unidades são as representações espaciais da paisagem para cada cenário de geoindicadores, temporal ou dinâmico.

Os processos atuais e seus respectivos atributos condicionantes considerados relevantes na paisagem analisada, foram baseados nos seguintes critérios de geologia de engenharia:

- Erosão (ton/ha/ano);
- Movimento de massa ( $m^3$ /evento x chuva mm acumulada/72 hours);
- assoreamento ( $m^3$ /ton/ano);
- subsidência cárstica ( $m^2$  /numero de ocorrências)
- colapso de solo ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- expansão de solo ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- recalque de solo ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- sismicidade (intensidade MM/ numero de ocorrências)

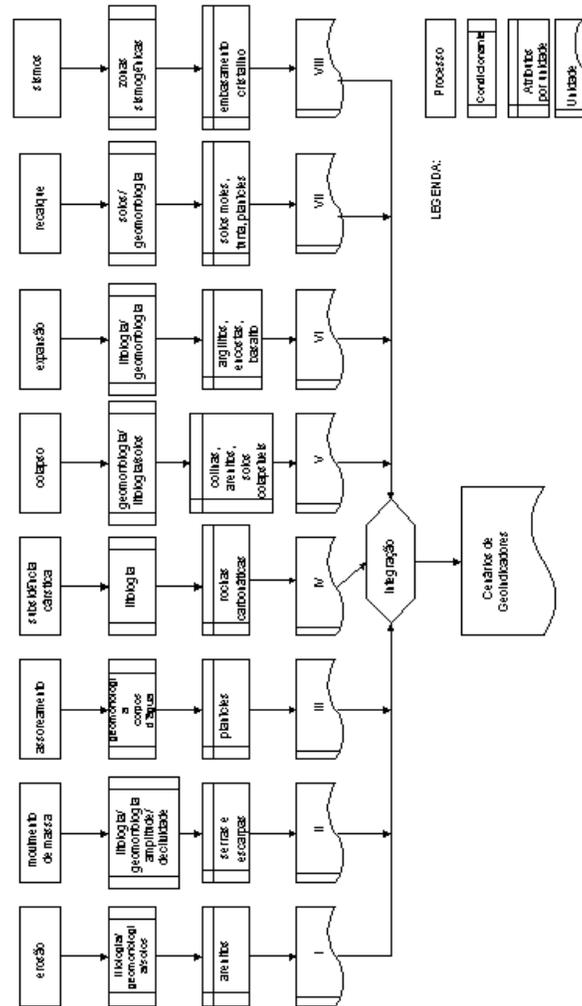
O Cenário de geoindicadores pode ser elaborado utilizando-se a informação espacial de processos geoambientais atuais e parâmetros de geoindicadores registrados no banco de dados.

### **3. BASE DE DADOS GEOAMBIENTAIS PARA MONITORAMENTO**

A Base de Dados Geoambientais do Estado de São Paulo permite disponibilizar informação apropriada para seleção dos processos do meio físico relevantes o bastante para serem considerados geoindicadores, como ameaças geológicas e temas ambientais: suscetibilidade dos terrenos a erosão, movimento de massa, assoreamento, colapso do solo, recalque do solo, expansão do solo, combustão do solo, sismicidade e qualidade da água superficial e subterrânea.

As contribuições mais consistentes para desenvolver esta ferramenta, são aquelas proporcionadas por sua aplicação. A Base de Dados Geoambientais pode ser atualizada de segundo as alterações dos processos do meio físico. Somente o SIG pode suportar bases de dados para avaliações ambientais destas dinâmicas ambientais complexas e aceleradas.

O Projeto SIG contempla o objetivo de elaborar cenários e bases de dados para diversos tipos de aplicações, com o monitoramento e gestão.



**Figura 3 – Fluxograma de critérios de geologia de engenharia baseados no check list de geolocalizadores (Berger and Iams, 1996) e Modelagem de dados geoambientais (Diniz, 1998).**

O Objetivo do projeto era construir uma base de dados geoambientais – GAIA, contendo:

- a) uma base de dados espaciais;
- b) processos do meio físico (ameças geológicas);
- c) processos tecnológicos (interferências humanas e de empreendimentos);
- d) dados espaciais básicos temáticos;
- e) dados espaciais de recursos do meio físico;
- f) dados espaciais de unidades de conservação;
- g) banco de dados alfa-numérico de socioeconomia;
- h) banco de imagens e fotografias digitais;
- i) Interface de aplicação SIG.

A interface utilizou produtos existentes implementados em projetos relacionados a monitoramento ambiental. Melhorando capacidades relativas a previsibilidade de problemas geoambientais, e aumentando a capacidade de prevenção além dos trópicos ampliando as possibilidades, contribuindo com a compreensão das interações terra - atmosfera.

Esta base de dados geoambientais pode promover documentação, avaliação e entendimento dos processos do meio físico; investigando as relações entre processos geológicos, uso da terra e clima, estudando the role da dinâmica do meio físico em modelos integrativos e avaliações ambientais.

Além disso, pode-se atualizar documentos, investigar e avaliar mudanças e e fatores condicionantes que influenciam o meio físico, proporcionando possíveis retroanálises no coupled modelos; a documentação se modifica ao longo de monitoramentos de longo prazo e avaliação das características do sistema climático primário; e

para investigar tendências econômicas, tecnológicas, e demográficas que afetem a capacidade dos sistemas naturais e humanos responderem a variabilidade e mudanças climáticas.

O SIG GAIA poderia ser amplamente divulgado a centros de pesquisa e parceiros existentes, o subsequente processamento e geração de produtos utilizáveis em ciência e aplicações poderia ser disponibilizado amplamente como e-atlas de geoindicadores, tomando vantagem da tecnologia e conceitos envolvidos na Internet e www (World Wide Web).

#### **4. MONITORAMENTO DE GEOINDICADORES**

Campagnoli (1998) utilizou taxas de evolução de depósitos de assoreamento, tanto quanto seus volumes acumulados para propor um parâmetro de geoindicador ambiental. Estes parâmetros como geoindicadores, podem medir a eficiência de medidas preventivas e corretivas adotadas nas bacias hidrográficas que visam a mitigação dos processos de degradação dos solos. O autor estudou a suscetibilidade de terrenos à erosão urbana e ao processo de assoreamento, assim com as formas de uso da terra, juntamente com conflitos e impactos.

O Cenário de geoindicadores do Estado de São Paulo baseado em critérios de geologia de engenharia pode ser aplicado em estudos específicos, como monitoramento de ameaças geológicas, de recursos hídricos e de interferências de empreendimentos civis. Por exemplo, SIG de monitoramento em cenários de recuperação de áreas degradadas por atividade de mineração, cenários de riscos de movimentos de massa, cenários de vulnerabilidade a poluição de águas subterrâneas e cenários de avaliação para disposição de resíduos. Potanto, os cenários estáticos, como cartas geotécnicas, podem ser suplantados por avaliações dinâmicas possibilitadas pelo SIG de geologia de engenharia.

## 5. CONCLUSÕES

O Cenário de Geoindicadores do Estado de São Paulo integra os seguintes tipos de ameaças geológicas: erosão, assoreamento, movimentos de massa, recalque de solos, enchentes, expansão de solos, colapso de solos, subsidências de solos, dinâmica costeira, sismicidade, qualidade da água superficial, poluição de águas subterrâneas. Apesar destes cenários serem ainda, muito generalizados são, contudo, um recurso útil e aplicável de informações de ameaças geológicas e problemas geoambientais, não disponíveis em mapas convencionais, mesmo em cartas geotécnicas e mapas de geologia de engenharia, e mostram que outras pesquisas deverão ser realizadas para tornar a informação consistente considerando a escala de tempo geológico de processos, que um determinado tipo de cenário geológico-geotécnico pode representar.

A continuidade do desenvolvimento computacional e a disponibilização em Internet da base de dados GAIA, são condicionantes para retroalimentação, a atualização e manutenção constantes, como fator crítico de vida útil e de consistência, intrínsecos a sistemas de monitoramento ambiental e de gerenciamento de recursos hídricos e naturais efetivos, que possibilite o atendimento de usuários especialistas ou outros.

O Cenário de geoindicadores em SIG possibilita a quantificação e o detalhamento modular em escalas e contínuo temporalmente necessários ao acompanhamento de mudanças passíveis de medições por geoindicadores, para aplicações de monitoramentos geo-ambientais.

Agradecimentos: O autor gostaria de agradecer ao *Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo* e à FAPESP pelo suporte logístico, a todos os técnicos do IPT que deram suporte ao trabalho, e a todas as instituições que permitiram acessar os dados, que são IG, IGC, IBGE, DER, DAEE, CESP, ELETROPAULO,

FEPASA, EMBRAER, CETESB, SMA, PETROBRAS, FFLCH/  
Dep.Geog./USP, EPUSP and IPT.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BERGER, A R. and IAMS, W.J. (1996) *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems*. A A Balkema/ Rotterdam. Brookfield. 466 p.
- CAMPAGNOLI, F (1998) *Silting as an environment geo-indicator on Metropolitan Area of São Paulo – Brazil*. International Engineering Geology - IAEG - Vancouver – Canada.
- CONTRINARI, L. (1996) Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. In: *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth*. Editors: BERGER, A R. & IAMS W.I. A. A Balkema, Rotterdam, Brookfield. P 295 – 310.
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL. (Coord.) (1997) *Mapa de Ameaças Múltiplas do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT/ DAEE/ CETESB/ IG/IAG.
- DINIZ, N.C., CINTRA, J.P. 1997. Automated cartography for engineering geological maps. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 18., 1997, Rio de Janeiro: SBC; INTERNATIONAL SCIENTIFIC ASSEMBLY IAG, 1997, Rio de Janeiro: IAG.
- DINIZ, N.C. et al. 1997. Construção da base de dados geoambientais para multifinalidade: mapas digitais, multimídia e SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 1997, São Paulo. Atas...São Paulo: Epusp.
- DINIZ, N.C. 1998. *Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental*. São Paulo. 2v. (Tese de Doutorado, apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

- DINIZ, N.C. et al.1999. Mapeamento geoambiental em base de dados georreferenciados como suporte de análise de riscos e avaliação ambiental regionais. In: REGEO, 1999. Anais. São José dos Campos: ABMS.
- FORNASARI FILHO, N. et al. 1992. Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo: IPT. 165p. (IPT. Publicação, 1972; Boletim, 61). 165p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. (1994) Carta geotécnica do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. São Paulo. 2v. (IPT. Publicação, 2.089).
- \_\_\_\_\_. 1999. Sistema da base de dados geoambientais no Estado de São Paulo. São Paulo. (IPT. Relatório, 42 331).
- MACEDO, E.S. and others (1998) Landslide warning system in Serra do Mar slopes, São Paulo, Brazil. 8 The International IAEG Congress. Balkema, Rotterdam. P 1967 – 1971.
- OGURA, A T. & GRAMANI, M.F. (2000) The debris flow in Lavrinhas: stratigraphical and sedimentological features for debris flow risk assessment. 31<sup>st</sup> International Geological Congress. IUGS. International Union for Geological Sciences. Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- SALLES, E.R., DINIZ, N.C., TORI, R. 1998. Aplicativo multimídia - SIG para disseminação da base de dados geoambientais do Estado de São Paulo, IPT. In: GIS Brasil 98, CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 4., 1998, Curitiba, PR. Anais... Curitiba: Sagres Editora.

## MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A DIMENSÃO ECONÔMICA NA ESCOLHA DE INDICADORES

*Eduardo Vale*

BAMBURRA – Planejamento & Economia Mineral Ltda.  
(<http://www.bamburra.com>)

---

### 1. CONCEITO

Focando sob uma ótica agregada, de forma a abstrair a influência da diversidade de visões e dimensões que permeiam as inúmeras definições propostas para desenvolvimento sustentável, para efeito desse documento o referencial adotado para o conceito em questão tangencia aquele sugerido pela *World Commission on Environment and Development* – WCED<sup>1</sup>:

**Padrão de desenvolvimento que atenda as carências e satisfaça as necessidades da geração atual sem comprometer as condições das gerações futuras de atenderem suas necessidades.**

Segundo essa conceituação, a busca de uma solução de compromisso que equilibre os interesses da geração atual e das gerações futuras é fundamental. Apesar da significativa componente de utopia e dos inúmeros desafios que encerra, os esforços direcionados à sua efetiva internalização em termos das melhores práticas nos processos decisórios dos setores público e privado representam notável ruptura com o passado. Reside na harmonização dessa interface – conflitos entre gerações - o grande desafio para a consecução de um padrão de desenvolvimento dito sustentável.

## 2. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É POSSÍVEL SEM A MINERAÇÃO?

Esse tópico tem como objetivo ressaltar a influência da escala espacial no grau de flexibilidade esperado para a inserção da indústria de mineração no processo de desenvolvimento sustentável. Abstraído-se o postulado “**pense globalmente e aja localmente**” essa questão pode ser aproximada segundo três dimensões espaciais, a saber:

- ⇒ **Plano Internacional** - em nível internacional, considerando o papel imprescindível ocupado pelos bens de origem mineral nas equações de produção, nos padrões de consumo e de qualidade de vida e nos níveis de bem-estar em geral, a resposta é negativa. É inquestionável que a indústria de mineração é um vetor fundamental para que a humanidade almeje alçar o processo de desenvolvimento global aos objetivos e postulados que consubstanciam o conceito de desenvolvimento sustentável;
- ⇒ **Nacional** - no plano nacional, embora em outra escala e com base em outras opções, constata-se um status semelhante para a importância da mineração. Não obstante, tendo em vista a diversidade de políticas nacionais, faz-se mister tecer algumas considerações relativas ao seguinte perfil de países:
  - Países Desenvolvidos em geral;
  - Países Desenvolvidos de Vocação Mineira;
  - Países em Desenvolvimento em geral; e
  - Países em Desenvolvimento de Vocação Mineira.
- ⇒ **Local** - em nível local, a matriz de oportunidades e ameaças representada pela indústria de mineração estará vinculada às demais alternativas de investimentos disponíveis com destaque para as oportunidades mutuamente exclusivas. Por outro lado, é provável que os interesses da comunidade local estejam inseridos

em uma matriz mais ampla representativa dos interesses nacionais.

Na realidade, enquanto certas regiões dispõem de rotas alternativas de desenvolvimento, nas quais as atividades de mineração deverão ser confrontadas com as demais opções existentes, em outras não há opção. Para uma região árida e desértica na África, por exemplo, onde as perspectivas oferecidas por atividades como o turismo e o setor agrícola são limitadas, senão inexistentes, o aproveitamento dos recursos minerais existentes poderá representar a única oportunidade vislumbrada. Um exemplo concreto e extremo diz respeito ao Mali.

Com base nessas considerações preliminares, o inter-relacionamento entre as dimensões espaciais e as respectivas matrizes de oportunidades e ameaças, expressas em padrões e concepções alternativas para o desenvolvimento regional e nacional é que formatarão os custos de oportunidade latentes ao processo decisório.

A partir dessas considerações, os custos incrementais estarão associados aos esperados *trade offs* no montante de benefícios líquidos passíveis de serem gerados por diferentes políticas de desenvolvimento. Assim sendo, a semelhança do plano nacional, fatores como o nível de desenvolvimento alcançado e o potencial mineral frente às demais alternativas de desenvolvimento são fundamentais para qualificar o papel reservado à mineração, em nível de comunidades específicas.

### **3. A MINERAÇÃO É SUSTENTÁVEL?**

Não raramente, esse questionamento é encarado como uma heresia na medida em que a não renovabilidade dos bens minerais, por definição, comprometeria qualquer insinuação quanto a sustentabilidade do setor. Não obstante, flexibilizando a dimensão temporal a partir da operacionalização da dicotomia inerente à

natureza das macro-dimensões dos recursos econômicos – **variáveis do tipo estoque e fluxo** – é factível acomodar parcialmente a questão da exaustão e tecer considerações sobre o grau de sustentabilidade da indústria.

Em tese pode-se admitir que o nível de sustentabilidade da mineração é inversamente proporcional à dimensão da escala espacial, se não vejamos:.

- ⇒ **Internacional** - no plano internacional, considerando a visão de desenvolvimento sustentável enquanto processo em contínua evolução é aceito que a indústria de mineração seja sustentável no longo prazo;
- ⇒ **Nacional** - em nível de um país em particular, a depender do seu *geological endowment*, das funções de produção empregadas e dos padrões de uso e consumo prevalecentes, a restrição caracterizada pelo horizonte de exaustão, especialmente para recursos específicos, se manifesta com maior intensidade. Todavia, aspectos relacionados à dimensão temporal, à evolução tecnológica e à transformação e conversão do estoque de recursos minerais em fluxos primários e secundários de benefícios líquidos auto-sustentáveis podem assumir um caráter estratégico oferecendo uma vertente efetiva para a inserção do setor, em nível de projetos específicos, no processo de desenvolvimento sustentável; e
- ⇒ **Local** - para uma região específica, tem-se os mesmos condicionamentos impostos pela exaustão no plano nacional muito embora expressos de forma mais acentuada e com menor capacidade de manobra. Acrescente-se ainda, a provável primazia do interesse nacional sobre o regional, pelo menos em tese. Por outro lado, a eventual conversão do estoque de recursos minerais em fluxos perpétuos de benefícios líquidos assume caráter mais crítico. Sua viabilidade e importância estratégica estará condicionada, entre outros aspectos, à maior ou menor

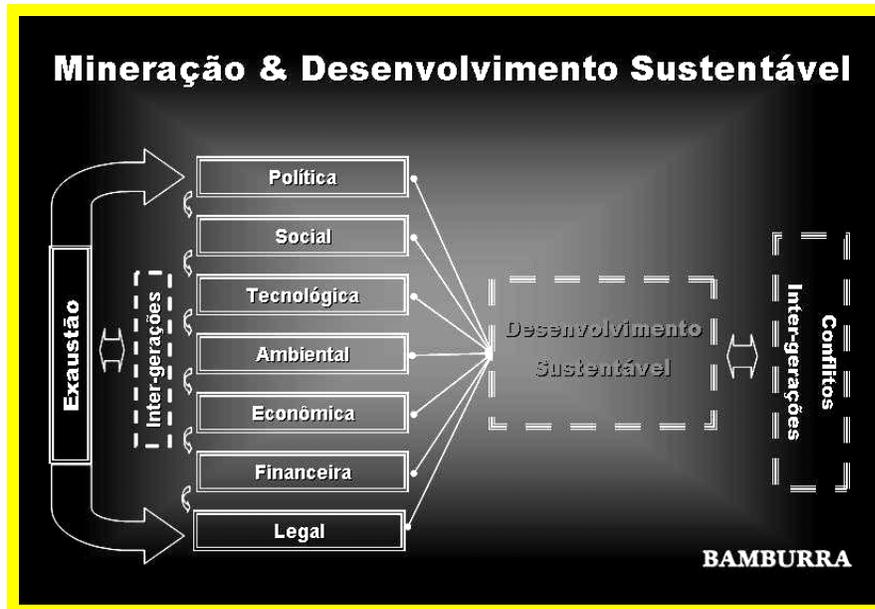
disponibilidade de alternativas econômicas e rotas de desenvolvimento para a região.

Independentemente da flexibilidade relativa oferecida pelo foco espacial, no âmbito operacional específico da indústria de mineração, a inserção efetiva do setor no processo de desenvolvimento sustentável passa pela identificação de uma macro-conceituação para o aproveitamento dos recursos minerais que estabeleça referências, em nível de indicadores de natureza quantitativa ou mesmo qualitativa, que permitam balizar o processo decisório. A eficiência desse processo estará condicionada pela minimização do custo de oportunidade inerente ao conceito de aproveitamento escolhido e sua eficácia estará subordinada à maximização da contribuição do setor ao desenvolvimento sustentável do País e/ou da região.

Está implícita, portanto, a expectativa de que a contribuição da mineração ao desenvolvimento sustentável global refletirá o somatório das contribuições efetivas alcançadas em cada país. Por sua vez, em nível dos países esse mesmo processo de agregação - local versus nacional - será observado particularmente naqueles de maior extensão territorial, de maior inequidade na distribuição da renda nacional e com maior discrepância na distribuição dos recursos minerais.

#### **4. VISÃO MULTIDIMENSIONAL DO CONCEITO**

A Figura 1 caracteriza sistemicamente as dimensões clássicas que permeiam as diferentes iniciativas e esforços direcionados à conceituação de desenvolvimento sustentável em confronto com uma característica específica - **exaustão** - da indústria de mineração.



Obs: Dimensão social contempla o aspecto cultural

Observa-se que à montante do fluxo que retrata a influência exercida pelas dimensões que formatam o conceito de desenvolvimento sustentável – comuns às demais atividades econômicas – **a exaustão assume um papel crítico na interface entre os interesses da geração atual e das gerações futuras.**

Diga-se de passagem, que essa problemática de inspiração malthusiana há muito tempo permeia a política setorial. Nas últimas décadas, com o paulatino amadurecimento do conceito de desenvolvimento sustentável, embora ancorado solidamente no conflito entre gerações, a sua natureza foi ampliada de forma a endereçar outras dimensões relevantes - econômica, social e ambiental - além da exaustão dos recursos minerais. Entretanto, quando se tipifica a natureza dos conflitos especialmente no que

tange à irreversibilidade dos impactos e à preservação da integridade do ecossistema em termos da preservação das opções de desenvolvimento para as gerações futuras, observa-se que, em essência, o desafio permanece o mesmo.

Outro aspecto setorial específico que poderia ser mencionado é a **rigidez locacional**, na medida em que exacerba a questão dos conflitos com o aproveitamento de outros recursos naturais e com o meio ambiente em geral, a possibilidade de criação de enclaves, o impacto sobre os fluxos migratórios etc. Nesse contexto, destacam-se as regiões isoladas, de baixa densidade demográfica e com rica biodiversidade, assim como as áreas contíguas ou de influência de parques nacionais, reservas indígenas, sítios arqueológicos etc.

É a partir desse referencial mais amplo e introdutório que se aproxima a discussão sobre os indicadores de sustentabilidade para a indústria de mineração. Não tanto pelo lado da identificação e seleção dos indicadores propriamente ditos, mas principalmente pelas ameaças, desafios e implicações de ordem econômica previstos de manifestação em nível das economias global, nacional e local.

## **5. MATRIZ DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Em tese, o processo de identificação e de seleção de indicadores de sustentabilidade para a mineração deve partir das macro-dimensões fundamentais que permeiam o conceito de desenvolvimento sustentável em direção aos extratos mais operacionais da cadeia produtiva, objetivando a quantificação e qualificação de padrões de comportamento. Assim sendo, a estimativa de índices e indicadores de natureza quantitativa e qualitativa que possibilitem aferir, ao longo do tempo, o desempenho absoluto e relativo de uma unidade produtiva, de um segmento produtivo ou mesmo de um arranjo produtivo passa a ser

fundamental. Com base nessas considerações, tem-se a seguinte visão hierárquica:



A seguir está discriminada uma **síntese de alguns possíveis referenciais** para a escolha de quantitativos e indicadores de sustentabilidade para a mineração.

→ **AMBIENTAL**

⇒ **Energia**

- Consumo Total
- Perfil do Consumo por Fonte
- Participação de Fontes Renováveis
- Auto-geração
- Reaproveitamento
- Consumo por Unidade do Produto

⇒ **Água**

- Consumo Total
- Tratamento
- Reciclagem & Reaproveitamento
- Qualidade da Água Devolvida

- Consumo por Unidade do Produto
  
- ⇒ **Terra**
  - Área Total Ocupada
  - Perfil da Área Ocupada (%)
  - Operações de Lavra
  - Operações de Beneficiamento & Tratamento
  - Vila Comunitária
  - Barragens & Deposição de Rejeitos
  - Vias de Acesso & Escoamento
  - Áreas de Proteção Natural Impactadas (%)
  - Áreas de Proteção Natural Preservadas (%)
  - Áreas de Proteção Natural Recompuestas ou Reabilitadas (%)
  
- ⇒ **Materiais & Insumos**
  - Consumo Total por Tipo
  - Perfil do Consumo por Tipo
  - Consumo de Materiais de Risco (*hazardous* em geral: químicos, radioativos etc)
  - Reciclagem & Reaproveitamento
  - Consumo por Tipo / Unidade do Produto
  
- ⇒ **Efluentes, Emissões & Rejeitos**
  - Descarga Total por Tipo
  - Descarga por Tipo / Unidade de Produto

- Perfil do Consumo por Tipo
- Reciclagem & Reaproveitamento
- Acidentes
- Multas & Penalidades

⇒ **Plano de Fechamento de Mina**

→ **SOCIAL**

⇒ **Emprego**

- Total de Empregos Diretos
- Total de Empregos Indiretos
- Empregos Gerados por Unidade de Produto
- Remuneração Mínima / Salário Mínimo (%)
- Remuneração Média / Salário Mínimo (%)
- Subcontratação & Terceirização
- Monitoramento das Condições Oferecidas pelos Subcontratados
- Perfil da Força de Trabalho: feminino, minorias etc
- Condições de Salubridade & Segurança
- Iniciativas Direcionadas à Saúde & Segurança (\$/trabalhador)
- Acidentes de Trabalho (H/hora)
- Greves & Paralisações (dias)
- Multas & Penalidades
- Programas de Treinamento & Educação (\$/trabalhador)
- Programas de Saúde & Previdência (\$/trabalhador)

- Níveis de Satisfação da Força de Trabalho
- Canais de Comunicação & Participação no Processo Decisório

⇒ **Relações com a Comunidade**

- Empregos Diretos Gerados
- Empregos Indiretos Gerados
- Empregos Gerados por Unidade de Produto
- Gastos junto à Comunidade (%)
- Subcontratação & Terceirização junto à Comunidade (%)
- Disponibilização da Infra-estrutura Social do Projeto
- Criação de Infra-estrutura Social na Região (\$)
- Níveis de Integração com a Comunidade
- Programas de Capacitação & Educação (%)
- Integração com o Sistema de Defesa Civil e Saúde Pública
- Ocorrências & Atritos com a Comunidade
- Reclamos & Manifestações Públicas
- Níveis de Satisfação da Comunidade
- Canais de Comunicação & Participação no Processo Decisório

⇒ **Plano de Fechamento de Mina**

→ **ECONÔMICA**

⇒ **Agregados Selecionados**

- Valor da Produção
- Faturamento

- Margem Bruta
- Aquisição de Insumos Locais e externos
- Geração de Renda Direta e Indireta
- Massa de Salários & Encargos
- Remuneração do Capital
- Impacto Distributivo
- Tributação Direta e Indireta
- Geração Líquida de Divisas
- Prospecção & Exploração
- Pesquisa & Desenvolvimento (R&D)
- Investimentos em Infra-estrutura
- Investimentos em Educação & Saúde
- Investimentos em Expansão
- Novos Investimentos
- Investimentos em Diversificação
- Doações
- Origem dos Recursos

⇒ **Plano de Fechamento de Mina**

Esta lista de referências básicas para o estabelecimento de indicadores de desenvolvimento sustentável, embora parcial, é suficientemente detalhada para apontar a significativa inter-relação entre dimensões, parâmetros e indicadores. Esse fato, por sua vez, sugere a diversidade de quantitativos passíveis de adoção.

## 6. DESAFIOS & IMPACTOS ESPERADOS

- ⇒ Plano Internacional
- ⇒ Plano Nacional
- ⇒ Plano Local

## 7. ALGUMAS REFLEXÕES FUNDAMENTAIS

- ⇒ Indicadores Quantitativos & Qualitativos
- ⇒ Taxa Social de Desconto
- ⇒ Influência das Dimensões Espaciais
- ⇒ O Confronto entre os Mercados Nacional & Internacional
- ⇒ O Dilema dos Custos de Oportunidade
- ⇒ A Dicotomia dos Bens Transacionáveis & Não Transacionáveis
- ⇒ A Problemática dos Preços de Transferência
- ⇒ *Sustainability Dumping?*
- ⇒ Quem Paga a Conta?

## NOTAS & REFERÊNCIAS

“*Sustainable development: a guide to our common future*”. The Report of the World Commission on Environment and Development. Genebra, 1990.

BARRETO, M. Laura (Ed.). “Ensaio Sobre a Sustentabilidade da Mineração no Brasil”. Rio de Janeiro. CETEM/MCT, 2001. 130p.

“*Sustainability Reporting Guidelines*”. Global Reporting Initiative – GRI (<http://www.globalreporting.org>)

VALE, Eduardo. "*Mine Closure: selected highlights*" - Mine Closure: Iberoamerican Experiences - Module V - Economy and Finance - CYTED/IMAAC/UNIDO - 2001 - 581p. - pp. 219-223. Rio de Janeiro.

---

“A Mineração e o Meio Ambiente: uma análise técnico-econômica” - Anais do I Encontro do Hemisfério Sul sobre Tecnologia Mineral - Vol. II - pp. 1.166-1.175 - dezembro/1982

## **CRITERIOS GENERALES DE SOSTENIBILIDAD PARA LA ACTIVIDAD MINERA**

*\*Ing. Diosdanis Guerrero Almeida e Dr. Roberto Blanco Torrens*

*\* Profesor Asistente del Departamento de Minería del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. Las Coloradas S/N. Moa. Holguín. Cuba. CP: 83329. Telef: 6-8190. Fax. (53) (24) 6-2290 - e-mail # 1: dguerrero@ismm.edu.cu e-mail # 2: diosdanisg@yahoo.es*

---

### **RESUMEN**

La explotación y extracción minera es de vital importancia para la subsistencia del hombre actual, pero a su vez esta deja marcas indelebles al medio ambiente, pudiendo causar problemas de orden social, económico, político y cultural en el lugar donde se encuentra el yacimiento.

Como desarrollar una minería sostenible, que garantice las necesidades actuales de la sociedad, sin poner en riesgo la de las futuras generaciones y al mismo tiempo proteger el medio ambiente, es el gran desafío que se coloca, no solo al sector minero, sino también a los gobiernos de los países.

Estos y otros elementos son parte del siguiente trabajo investigativo, el cual tiene como objetivo la identificación de criterios generales que garanticen alcanzar la sostenibilidad en la explotación minera.

Para darle cumplimiento a dicho objetivo los autores hacen uso de métodos observacionales y experimentales, a partir de visitas realizadas en minas tanto activas como inactivas ubicadas en América Latina y otras partes del mundo. Los resultados demuestran su gran aplicabilidad en aquellos lugares donde se den condiciones análogas.

## **INTRODUCCION**

El desarrollo tecnológico, económico y social, la globalización, la revolución de la comunicación, la presión de los mercados financieros, las necesidades urgentes de los pobres del mundo, la necesidad de respetar la diversidad cultural, el imperativo del respeto a los derechos humanos, la necesidad de eliminar los peligros ambientales, de proteger la biodiversidad biológica así como la conservación y utilización racional de los recursos naturales, ofrecen un reto a la humanidad y al sector minero en especial, en un mundo donde han ocurrido cambios drásticos y dramáticos en los ámbitos demográficos, económico y ecológico que han llevado a las naciones y a la comunidad internacional a la adopción de medidas globales, regionales y nacionales para prevenir, atenuar y controlar estos impactos y desequilibrios.

En este panorama internacional, la industria minera desempeña un papel importante en la economía de muchos países tanto industrializados como en desarrollo. Sin embargo, también figura entre los sectores industriales cuya actividad entraña la emisión o descarga de enormes cantidades de contaminantes en el medio ambiente. Cada etapa de la producción de un metal se puede asociar hasta cierto punto con un impacto para el medio ambiente. Este efecto puede ser aún mayor por la magnitud misma de la industria y por el tipo de contaminantes que genere.

Es por eso que se recomienda que la industria minera adopte la filosofía de la sostenibilidad como objetivo principal para su planeamiento estratégico a corto, mediano y largo plazo. Para ello es importante tener criterios que sirvan de guía para alcanzar el desarrollo sostenible. Como enfrentar este reto, es el tema tratado en este trabajo investigativo, el que está basado en experiencias internacionales adquiridas por los autores durante visitas de trabajo realizadas a diferentes minas tanto activas como inactivas de diversos países del mundo.

## **DESARROLLO**

El sector de la minería presenta un desafío interesante en cuanto a la reducción de sus impactos medioambientales. Estos impactos incluyen las emisiones de contaminantes durante el periodo de las actividades mineras; la transformación del terreno y la creación de condiciones que pueden conducir a los problemas ambientales en el futuro.

Dicho sector está sujeto a un número de tendencias poderosas, las cuales definirán el ambiente de negocios en el que la industria operará en este nuevo siglo. Tal vez ninguno de estos desafíos es mayor que el llamado por una transición global hacia el Desarrollo Sostenible, basado en una visión de alcanzar una mejor calidad de vida para la población mundial de hoy.

Estas problemáticas han sido objeto de estudio y discusiones, sobre todo en las últimas décadas en diferentes partes de nuestro planeta, por expertos y grupos de investigación, en foros, reuniones y cumbres internacionales donde se han aprobado Proyectos y estrategias generales y específicas, que prevén soluciones para satisfacer las necesidades de las actuales y futuras generaciones y lograr con ello el llamado Desarrollo Sostenible.

Para alcanzar el desarrollo sostenible en cualquier actividad humana es necesario primero tener una definición detallada o al menos poseer la claridad necesaria sobre el significado de este concepto, pues se puede fácilmente incurrir en errores y llevar a confusión.

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 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 población, manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales y la diversidad” [Carrizosa, (1992)].*

Sobre el escepticismo de mucha gente que se pregunta si el término sostenibilidad es aplicable a una industria como la minera, basada en recursos no renovables, Patrick Moore expone dos argumentos que dan respuesta a dicha interrogante cuando expresa:

*“La gente no entiende el real significado del concepto de sostenibilidad. Primero, conviene recordarle que no necesariamente porque un recurso sea no renovable pronto desaparecerá. El hierro, el cobre, el manganeso, el titanio y el aluminio son buenos ejemplos de minerales cuya producción puede ser sostenida en un futuro previsible. Segundo, la sostenibilidad es un concepto relativo, no es absoluto. Nada es para siempre, aún el sol explotará en tres o cuatro billones de años y entonces no es perfectamente sostenible. La sostenibilidad es una orden perentoria para todos los segmentos de nuestra sociedad pero cumplirla no debería ser más difícil para la industria minera que para cualquiera. Recomiendo que la industria adopte la filosofía de la sostenibilidad como su objetivo central para el planeamiento estratégico ” [Moore, (1997)].*

Como se aprecia, 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.
- La sostenibilidad social.
- La sostenibilidad cultural.
- La sostenibilidad económica.

Por otro lado, muchos autores, [tales como Mercado, (1995) y otros], se han pronunciado por el término de sostenibilidad el cual

implica la mantención en el tiempo de un determinado fenómeno o proceso. Otros investigadores generalmente asocian este concepto al de renovabilidad de los recursos naturales renovables solamente, sin considerar su aplicabilidad a los no renovables, [ICSED, op. cit.].

Los recursos no renovables, de los que hace uso y explotación por ejemplo la actividad minera, son aquellos que poseen una tasa de renovación muy baja, en términos del marco del tiempo relevante para los seres humanos, por lo que se puede considerar como una tasa prácticamente nula, [Mercado, (1995)]. Esto implica que mientras mayor sea su tasa de extracción, en algún momento del tiempo estos recursos se agotarán.

Según este análisis, la explotación y uso de los recursos naturales no renovables no pueden ser por sí solos sostenibles pues estos se agotan debido a que generalmente la tasa de extracción de estos es mayor que su tasa de regeneración. Sin embargo, al considerar que los sectores que hacen uso y explotación de los recursos naturales no renovables, forman parte de un gran sistema, entonces se puede hablar de desarrollo sostenible de este sistema. Dicho sistema está integrado por un conjunto de subsistemas relacionados entre sí tales como el ecológico, el económico y el social.

Es por ello que en esta interrelación, para lograr la sostenibilidad en la actividad minera se deben tener en cuenta y cumplimentar un conjunto de acciones surgidas a partir del dominio y aplicación de conceptos básicos, muchos de los cuales dependen de técnicos, directores y empresarios de las minas, en tanto que otros, como por ejemplo, el precio del mineral en el mercado internacional son variables y no dependen de su voluntad, [Guerrero, (2001b)].

En tal sentido, y tomando como base estudios realizados en diversas minas tanto activas como inactivas, de diversas partes del mundo; consideramos que para alcanzar esta compleja meta, es necesario la aplicación de los siguientes criterios generales:

1. Perfeccionamiento de la actividad minera.
2. Mejoramiento de las condiciones de seguridad en la mina
3. Mitigación del impacto ambiental causado por laminería.
4. Utilización del equipamiento adecuado a las condiciones de cada yacimiento.
5. Uso racional e integral de los recursos mineros y minerales para el beneficio comunitario.
6. Disminución de amenazas y peligros geoambientales y geodinámicos.

### **Perfeccionamiento de la actividad minera**

La explotación minera debe estar sustentada sobre el estudio de las características geomecánicas del macizo rocoso, de los elementos de yacencia del cuerpo mineral y de otros factores geólogo-mineros que deben ser caracterizados en la medida que avanzan los trabajos mineros. No siempre los resultados de los trabajos investigativos obtenidos en el laboratorio coinciden con los de la campo, pues el macizo rocoso es un medio físico de gran complejidad que posee una serie de particularidades y fenómenos que se manifiestan en él, lo que incide notablemente durante su explotación.

El perfeccionamiento de la actividad minera en general, constituye un punto de vital importancia. Es por ello que tanto en las operaciones principales como en las auxiliares de la explotación del yacimiento se toman medidas tendientes a lograr este objetivo. Para cumplimentarlo, es necesario la utilización, de tecnologías y Sistemas de Apertura y Explotación de avanzada, desde las etapas iniciales de los proyectos mineros, a partir del conocimiento integral del macizo, de manera que se garantice un mínimo de afectaciones al Medio Ambiente y que permitan alcanzar elevados índices de Explotación minera con un mínimo costo.

Es recomendable hacer uso incluso desde las fases de prospección, búsqueda y exploración geológica de medios y métodos que disminuyan los efectos negativos ocasionados al medio ambiente. Uno de estos métodos pudiera estar vinculado con la eliminación de caminos de exploración los que generalmente ocasionan grandes perjuicios a la flora y fauna local. Este método puede ser sustituido por la realización de socavones (para el caso de yacimientos de montaña), o excavaciones auxiliares de exploración. Esta variante tendría como ventaja además de la anteriormente dicha; la posibilidad del uso en el futuro de dichas excavaciones para la apertura del yacimiento u otros nuevos cuerpos.

Tanto en las etapas de exploración como en las de apertura, desarrollo y explotación, el hombre históricamente ha hecho uso de los medios topográficos, que le han servido de apoyo para la realización de diversos trabajos y la solución de problemas complejos, así como para crear las bases en la construcción o edificación de obras ingenieriles. Sin embargo, la solución de estos problemas con métodos tradicionales topográficos han ocasionado considerables daños al Medio Ambiente y a la naturaleza (deforestación, alteración de la flora y la fauna, etc.).

Es importante tener en cuenta, desde el Proyecto, todo lo concerniente a la etapa de Cierre y su control ulterior, para garantizar en las condiciones más favorables su status con el menor impacto socio-ambiental y el mejor aprovechamiento de los recursos minerales. Otro elemento a valorar es la posible importancia de la mina desde el punto de vista del patrimonio en ella existente, el cual debemos considerar como elemento de valor histórico. Todo lo anterior trae consigo una vinculación estrecha con la comunidad, por lo que son aspectos que tienen además de un significado económico y ambiental, un alto valor social.

En estudios realizados en los yacimientos níquelíferos cubanos, se ha detectado que durante la etapa de exploración

geológica, gran cantidad de hectáreas de bosques han sido desbastadas con la finalidad de construir caminos y brechas. De igual manera se ha comprobado que con el desarrollo de los trabajos mineros estas afectaciones alcanzan un mayor grado.

Es conocido que la topografía tradicional se fundamenta en la construcción de poligonales de rodeo, enlace, ida y vuelta, intersecciones directas e inversas; con los posteriores cálculos que culminan en la confección del Plano. Esta rama minera explica que durante la realización de levantamientos en zonas montañosas y boscosas así como en lugares de pendientes pronunciadas, se deben realizar caminos y trochas para obtener mayor visibilidad que permita divisar la señal, hecho este que conlleva a la alteración del ecosistema.

Estos métodos pueden ser modificados con el empleo de nuevas tecnologías, lo cual disminuiría considerablemente los daños y afectaciones ocasionados al Medio Ambiente. Para esto se hace necesario, la utilización racional de equipos automatizados tales como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Estaciones Totales (Taquímetros Electrónicos), con los que no es necesario construir dichas poligonales.

En estos caso el levantamiento se realiza sin la construcción previa de poligonales, se obvian todos los pasos para calcular las coordenadas de los puntos ya que estas se obtienen directamente en el display del equipo o almacenada automáticamente en una tarjeta magnética que posteriormente se procesa a través del Sistema Operativo WINDOWS, con lo que se logra obtener los datos necesarios para la confección del Plano Topográfico haciendo uso del TOPO6 y SURFER, [Guerrero, (1999)].

Otra operación compleja que se debe tener en cuenta es la selección y aplicación correcta de los Métodos de Explotación del yacimiento. En este sentido y tomando como base los factores que influyen en la selección de un determinado Método de Explotación,

(Propiedades físico-mecánicas de la mena y de la roca de caja, elementos de yacencia, relieve, producción planificada de la mina, reservas geológicas existentes, morfología de los cuerpos minerales, equipamiento disponible, nivel de conocimiento del macizo, etc).

Es importante hacer uso de Sistemas de explotación donde el minado antiguo permanezca desocupado aún después de la extracción de la mena, (tales como los denominados Métodos de Explotación por Cámaras Abiertas), de manera tal que permitan el empleo de esos espacios mineros para otros fines económicos, sociales, estratégicos, turísticos, patrimoniales, etc. Es por ello que se recomienda la sustitución o no aplicación de aquellos sistemas que no brindan esta posibilidad; (tales como almacenamiento, relleno, fortificación etc), o aquellos que provocan una afectación notable al Medio Ambiente, elevando considerablemente los costos de explotación, (entre los que podemos señalar los Sistemas de Explotación por Bloc Caving, derrumbe por subnivel, etc.).

Por lo general este elevado costo de explotación está vinculado con problemas relacionados con los hundimientos y deslizamientos rocosos que ocurren en minas subterráneas y a cielo abierto, tal es el caso de la mina Las Merceditas (Cuba), donde como consecuencia de la recuperación desordenada de pilares intercamerales se han dado este tipo de situaciones que han gravitado notablemente sobre la eficiencia de la explotación de este yacimiento cromítico.

### **Mejoramiento de las condiciones de seguridad en la mina.**

El cumplimiento de las medidas de seguridad en las minas, constituye uno de los elementos de vital importancia para alcanzar el desarrollo sostenible. Para alcanzar un status superior de desarrollo, es importante mantener la integridad física, psíquica e intelectual de los trabajadores y directivos de la empresa minera. Sin embargo, la práctica ha demostrado que esto no siempre es así. Generalmente, por

razones tecnológicas, económicas o de producción, se incurre en violaciones de las medidas de seguridad.

El contenido de polvo en la atmósfera generado principalmente por la utilización de sustancias explosivas durante la separación de la roca y el mineral del macizo o por los medios de transporte y carga utilizados en las minas afectan la salud de los trabajadores en los frentes de trabajo. Dicho polvo además, en parte es expulsado al exterior por las corrientes de aire, contaminando la atmósfera. Por otra parte, se produce polvo en una serie de labores que se realizan en la superficie de la mina (movimiento de equipos, planta de Preparación Mecánica; etc.), que afectan las condiciones de seguridad e higiene en la actividad minera. En tal sentido, es importante tener presente la aplicación de Esquemas de ventilación, (soplante, aspirante o combinado), que faciliten la evacuación rápida de los gases contaminantes, ubicados próximos a los frentes de trabajo. Es recomendable la explotación al máximo del esquema de ventilación por tiro natural si las condiciones geomineras lo permiten.

Otro factor que se debe tener en cuenta para lograr un perfeccionamiento de las condiciones de seguridad de la mina lo constituye el empleo de medios y equipos mineros seguros. El equipamiento minero produce también afectaciones al hombre y al Medio Ambiente. El ruido generado por los equipos (perforadoras manuales, telescópicas, martillos neumáticos, cargadoras frontales, camiones, tractores, motores eléctricos); en ocasiones supera a los 60-70 decibelios afectando al hombre que lo opera y a los que se encuentran en el frente de trabajo. Por lo general, los equipos que se emplean en las minas medianas o pequeñas, están desprovistos de cabinas con aislamiento acústico.

Por otro lado, los obreros no siempre utilizan los medios de protección individual, exponiéndose con esto a los efectos nocivos provocados por los ruidos tales como: sordera, fatiga, estrés, irritabilidad; dilatación de las pupilas; aumento de la producción de la

hormona tiroides, de adrenalina y de corticotropina; incremento del ritmo cardiaco; movimiento del estomago y del abdomen; reacciones musculares; constricción de los vasos sanguíneos; alteración del rendimiento en tareas síquicas y sicomoros e interferencia en la comunicación hablada. Durante estudios realizados en diversas minas ubicadas en la región oriental de Cuba, se ha podido determinar el nivel sonoro de algunas de estas fuentes de ruido, [Guerrero, (1999)].

<b>Fuentes de Ruido</b>	<b>Nivel Sonoro (en Decibelios)</b>
Explosiones	140.
Martillo Neumático	140.
Perforadora Telescópica	120.
Perforadora Neumática	120
Cargador frontal	100.
Camión, tractor, etc	80.

Estos datos nos demuestran por un lado la importancia que posee el uso de los medios de protección individual y colectivo en la actividad minera; y por otro la afectación que estas actividades pueden provocar sobre la salud de los trabajadores.

Otros estudios realizados en diversas minas activas del mundo han demostrado que, como consecuencia de un desconocimiento de las propiedades y del comportamiento estructural del macizo rocoso se han producido lamentables accidentes que han ocasionado la muerte de trabajadores así como la pérdida de equipos y materiales de la mina. Esto se ha manifestado en accidentes ocurridos durante el proceso productivo de minas cubanas tales como Merceditas, Amores, Matahambre, Júcaro; españolas como la Mina Rio Tinto; donde los principales afectados han sido los trabajadores desde el punto de vista psicológico o físico lo que trajo como resultado la disminución de los rendimientos de estos en el turno de trabajo, además de los inevitables daños económicos.

### **Mitigación del impacto ambiental causado por la minería.**

Con el desarrollo de la minería, se ha logrado extraer gran cantidad de minerales de la corteza terrestre que sirven como fuente de materia prima para elevar el nivel de desarrollo industrial de los países. En Cuba, por ejemplo importantes yacimientos de cobre, níquel, hierro, cromo, manganeso y oro, se comenzaron a explotar desde la etapa colonial a través de diversos Métodos. En la actualidad todavía se siguen explotando, aunque no con la misma intensidad ni con los mismos equipamientos.

Durante el período de explotación se ha descuidado considerablemente el efecto negativo que produce la minería sobre el Medio Ambiente. Sin tenerse esto en cuenta, gran cantidad de residuos y escombros son vertidos en diferentes lugares, ocupando espacios de terrenos fértiles notables. Otros daños ocasionados son objeto de estudio por varios investigadores y por instituciones nacionales que se han percatado de la importancia que tiene esta temática.

Es importante estudiar estos fenómenos para impedir a tiempo la degradación del ecosistema por actividad tan nociva como la minería. Por tanto, es necesario que desde las etapas iniciales incluso desde el Proyecto de explotación de la mina, se tengan estos elementos presentes para prever de forma cuantitativa y cualitativa los recursos que se deben destinar para restaurar o restablecer nuestro Medio Ambiente.

Como resultado de los trabajos realizados, se ha podido determinar que entre las afectaciones causadas al Medio Ambiente por la Explotación minera se enumeran las siguientes:

1. Ocupación de gran extensión de terrenos de la superficie, por las construcciones de superficie, las vías de acceso, las escombreras y otras causas.

2. Contaminación de los recursos hídricos tanto subterráneos como superficiales.
3. Contaminación atmosférica; en particular, por el polvo.
4. Afectaciones al paisaje, flora y fauna.
5. Problemas relacionados con la Protección e higiene del Trabajo y la Seguridad de las obras.

Durante los procesos asociados a la Minería grandes volúmenes de materiales son generados por remoción; una parte de ellos son transformados para obtener productos útiles y los desechos sólidos en cantidades mayores que el volumen útil son dispuestos en depósitos de desechos y colas mineras. La disposición segura de las colas y otros residuos mineros (incluidos los escombros) es reconocido hoy en día como el reto tecnológico más problemático dentro de la industria minera. Cada año de acuerdo con un estimado, más de 15 billones de toneladas de nuevas colas (la mayoría de las veces contaminadas con reactivos químicos) son depositadas en los alrededores de las plantas metalúrgicas. A pesar de estas respetables cifras prácticamente no existen bases de datos sobre los sitios de disposición de colas. Tampoco se brinda una visión total del fenómeno solo se encuentran el volumen y la composición físico-química de las colas.

Muchas compañías se resisten en la actualidad a aceptar la responsabilidad de la masiva acumulación de colas y es creciente la protesta internacional contra el crecimiento de las presas de colas y el desastre “endémico” de los residuos mineros. Esto ha llevado a varias compañías a buscar alternativas entre las que se destacan la reutilización de las colas que tienen contenidos metálicos utilizables con la posterior inertización de las mismas. Esto resuelve en cierta medida el problema de la biodisponibilidad de los metales pesados y el drenaje ácido, pero no resuelve el problema del volumen. Teóricamente el relleno de los mismos sitios de extracción, es una

buena alternativa, aunque esta implica la impermeabilización de estas áreas y la construcción de colectores del drenaje que encarecen de manera importante el proceso.

Durante los trabajos de investigación desarrollados en la mina Las Merceditas, se pudo determinar que la ubicación en la superficie aledaña a la mina de obras tales como los talleres, la Planta de Preparación Mecánica, la Minihidroeléctrica, los almacenes y albergues de los trabajadores, escombreras; ha provocado la ocupación de considerables cantidades de terrenos y la alteración del paisaje natural que existía anteriormente.

Por otra parte el hecho de verter materiales que constituyen rocas estériles de la explotación minera, ocasiona grandes daños sobre todo a terrenos que en un momento dado fueron fuente de alimentación de los pobladores cercanos a los yacimientos. En caso de yacimientos pequeños es recomendable realizar un estudio de prospección geológica a través de socavones de exploración que permitan eliminar caminos de exploración, los que provocan en gran medida la deforestación y deslizamientos de laderas con su consiguiente daño a la naturaleza.

Por lo general estas rocas se almacenan en las escombreras (existen en Las Merceditas, Cuba, aproximadamente 450000 t de escombros; en la mina Santo Domingo, en Portugal existen escombreras que tienen su origen en épocas precolombinas, donde se almacenan gran cantidad de material estéril), ocupando grandes extensiones de terreno, dañando la flora y la fauna y por consiguiente el equilibrio ecológico. Se conoce que en la mina Grande El Cobre situada en la provincia de Santiago de Cuba, las escombreras se ubicaron en una considerable área aledaña a esta, de manera tal que por esta causa se han perdido terrenos fértiles que pueden ser utilizados para otros fines.

En la mina Las Merceditas de la Región de Moa, el mal uso de la tecnología minera ha propiciado notables perjuicios, tales como

los derrumbes. La recuperación deficiente y no planificada de los Pilares intercamerales ha provocado derrumbes masivos como el ocurrido en marzo de 1987 el que ocupó un área de 600 m<sup>2</sup>. Este derrumbe afectó parcialmente la superficie del terreno con asentamiento máximo de 3,4 m y ángulo de derrumbe de 66<sup>0</sup>, [Guerrero, (2001a)].

En dicha mina, durante la explotación de las cámaras y debido a problemas geológicos y de producción en el período comprendido entre los años 1982/1987, la ubicación de los pilares fue variada, sin tener un control previo ni riguroso de las fallas ni del agrietamiento, trayendo como resultado serios problemas de deslizamiento en las rocas de caja. Así mismo, el 9/3/87 se produjo una afectación en la superficie producto a estas causas, con la aparición de una grieta que no superó los 0,50 m en el camino que conduce al socavón M-1 (cota 475). La separación de las grietas en algunos lugares no excedió los 0,2 m, hasta el momento no se han detectado derrumbes en otras partes. A partir de la zona de la cota 400 hasta el valle del río no se observan zonas de hundimiento, manteniéndose normal la vegetación.

Otro elemento que se debe tener en cuenta es la ubicación en la superficie de las minas de edificios y obras ingenieriles, de talleres con diferentes funciones, de las vías de acceso, de la planta de preparación y beneficio de minerales, de los depósitos de minerales y de las colas y escombreras; en la menor área posible de la superficie minera para evitar con esto una mayor ocupación de la superficie del yacimiento. Es importante tener presente la ubicación de estas obras en los llamados Complejos de Superficie los cuales brindan la posibilidad de ubicar varias obras en un mismo edificio con lo cual se disminuye la afectación al medio.

Estudios realizados a las aguas del río Jaragua demuestran el nivel de contaminantes que poseen debido al vertimiento de residuos provenientes de la explotación minera subterránea de la mina Las

Merceditas. Entre los elementos contaminantes que se vierten a este río se destaca la dunita. En el mejor de los casos se utiliza como material de la construcción. Esta roca por lo general se deposita en escombreras aledañas al lugar a pesar de que se han realizados estudios que demuestran su aplicabilidad en otras esferas de la economía nacional como por ejemplo: sirven como materia prima refractario, para la producción de pinturas antiadherentes, para la obtención de mezclas de moldeo y para machos en los talleres de fundición.

En los yacimientos de manganeso ubicados en la provincia de Santiago de Cuba, el entorno ha sufrido notables daños debido a la explotación minera. La ubicación de escombreras sobre la superficie del terreno provocó la contaminación de material estéril de suelos fértiles. Los ríos cercanos como el Guaninicún y el Ponupo también recibieron materiales o minerales de baja ley. Actualmente estas minas se encuentran inactivas. Las excavaciones fueron abandonadas sin tener hoy en día uso específico. Durante su explotación fue necesario emplear diferentes esquemas de Apertura (pozo vertical, socavon,etc.), sin embargo, luego de el cierre de la mina estas excavaciones se abandonaron y se ocuparon por tierra arrastrada por las corrientes pluviales y vegetación que nació allí; otras excavaciones se encuentran inundadas de agua. En estos momentos esta zona ha sido reforestada por pobladores del lugar a través de la siembra de diferentes cultivos.

Durante la exploración de los lentes cromíticos de la mina Las Merceditas en Moa, se perforaron manantiales subterráneos ubicados por encima del socavón M-1, trayendo como resultado la aparición de una cantidad considerable de agua que afecta las labores mineras. Esto se resolvió de modo inusual a través del socavón auxiliar de desagüe.

### **Utilización de equipamiento adecuado según las condiciones concretas.**

El empleo de técnicas mineras que garanticen el mínimo de afectaciones al medio ambiente, elevados índices de productividad y que permitan a los operarios mejores condiciones de trabajo, donde se afecte lo menos posible su salud nos garantizará el camino para viabilizar la sostenibilidad de la minería. Una técnica fácil de manipular que garantice un menor volumen de polvo y un mínimo de riesgos en esta actividad humana, motivaría mas a las personas vinculadas con esta labor.

La sustitución de los equipos tradicionales (perforadoras manuales, telescópicas, martillos neumáticos, cargadoras frontales, camiones, tractores, motores eléctricos); por equipamiento automatizado de elevada productividad (Jumbos, L.H.D., GPS., Combinadas de laboreo, etc.), permitiría mejorar las condiciones de seguridad durante el laboreo minero, [Guerrero, (2001c)].

Este nuevo equipamiento a pesar de estar diseñados principalmente para la gran minería, se deben ajustar a las condiciones concretas de cada lugar. Sus dimensiones deben ser tales que permitan ser aplicados de acuerdo con las dimensiones y características de las excavaciones y el macizo, sin dejar de descuidar las productividades de ellos para lograr el cumplimiento del plan de producción planificado por la mina.

Por otro lado, la sustitución de métodos tradicionales de separación de la mena, (tales como el de Perforación y Voladura), por métodos de separación mecánica, (combinadas de laboreo, rozadoras, etc.), disminuiría considerablemente las afectaciones producidas al medio ambiente, dado que se produce un menor número de gases expulsados a la atmósfera, un menor efecto sísmico y sonoro, así como desaparecen los efectos negativos ocasionados por la onda de choque originada durante la explosión.

### **Uso racional e integral de los recursos mineros y minerales.**

Con vista alcanzar el desarrollo sostenible de la explotación minera, es necesario tener presente la utilización integral de los recursos minerales y mineros. Entre los factores que influyen en el logro de este propósito, encontramos el desarrollo tecnológico alcanzado en los procesos minero - metalúrgicos y de beneficio de los minerales extraídos.

Durante la explotación masiva de los cuerpos minerales en la mina Las Merceditas (Cuba), además de extraerse la espinela cromífera, se extraen varios minerales acompañantes que por su bajo contenido en la mena, en estos momentos no constituyen renglones exportables. Es conocido el amplio uso de muchos de estos minerales acompañantes, en la industria de fundición, para hacer papel abrasivo, en la obtención de Bióxido de Titanio, que se usa cada vez más como pigmento en pintura, reemplazando viejos colores. Actualmente se están llevando a cabo numerosas investigaciones para emplear el Titanio metálico como material en estructuras. Debido al elevado valor de la relación resistencia- peso, el Titanio ha demostrado ser un material muy adecuado para la construcción de armazones, motores de aviación y naves espaciales. Otros usos pueden ser para la fabricación de tintas, como preservativo de la madera y como desinfectante.

Por otro lado, la utilización de las excavaciones que presentan buenas condiciones de estabilidad, se considera muy ventajoso desde el punto de vista económico y estratégico, para la ubicación en ellas de objetos de la propia actividad minera y otras obras útiles para fines económicos, sociales y para la defensa del país, pues las inversiones que se requieren para su uso, como reglas son menores que las necesarias para construir nuevas excavaciones que se destinan especialmente para esos objetivos, [Blanco, (2000)].

Tanto en las minas activas como las inactivas se producen espacios mineros que luego de su explotación no se le dan un uso

específico. Estudios realizados en la antigua mina Cromita( Cuba) avalan la utilización de las galerías y socavones para el almacenamiento de sedimentos de petróleo provenientes de los tanques de almacenamiento de la Unión del Níquel, ubicados en el puerto de Moa. Otros trabajos recomiendan la utilización de estas excavaciones para almacenar escorias de las fábricas, construcción de frigoríficos, para guardar equipos y técnica militar así como para adaptación del personal a las condiciones subterránea.

El empleo de las excavaciones mineras para ubicar en ellas diferentes obras de la economía, nos proporciona las siguientes ventajas:

1. Una mayor protección de las obras ante las acciones externas.
2. La utilización del macizo rocoso en su estado natural, como material constructivo y de aislamiento.
3. Una mayor estabilidad antisísmica.
4. Disminución del volumen de fondos, destinados a las reparaciones y modernizaciones.

Por otro lado, es importante destacar que una vez agotadas las reservas de minerales en los yacimientos cesan las actividades productivas de la mina y generalmente se produce el despido masivo de los trabajadores, sin solucionar los problemas de empleos. Esta problemática puede ser resuelta a través del uso posterior de la mina para otros fines como los turísticos. Un ejemplo típico de esta solución se presenta en la mina Río Tinto (España), donde una vez finalizada la explotación minera del yacimiento, el Proyecto de Cierre de la mina contempló la creación de un museo minero en dicha zona, revitalizando así la vida de la mina y trayendo como resultado que más de un millón de turistas anualmente visiten dicha instalación minera.

### **Disminución de las amenazas y peligros geoambientales y geodinámicos.**

El conocimiento y control de las amenazas y peligros geoambientales contribuye a eliminar los efectos de una minería que no cuenta con tecnología adecuadas para el tratamiento de desechos, los cuales afectan al medio ambiente.

Los trabajos mineros conducen a la formación de espacios en la corteza terrestre, que producen la alteración del equilibrio que existe en el macizo rocoso. Como resultado de esta actividad, la roca que rodea los vacíos formados se deforma y se desplaza, efecto este que en muchas ocasiones alcanza la superficie.

Este proceso de desplazamiento de las rocas puede ocurrir también por otras causas, tales como: procesos tectónicos, procesos de disolución, disminución del nivel de las aguas subterráneas, variación por distintas causas de las características de las rocas y otros. El estudio de estos fenómenos conduce a la identificación de las amenazas y peligros geólogos-geomecánicos que se manifiestan durante y después de la explotación minera.

Entre las amenazas y peligros geólogos – geomecánicos manifestados en la minas Merceditas, Amores y Cromita; de Cuba, encontramos los siguientes:

1. Deslizamientos rocosos en laderas montañosas.
2. Hundimientos de la superficie.
3. Derrumbes parciales de las cámaras.
4. Pérdida de estabilidad de las galerías y cámaras.
5. Presencia de dislocaciones tectónicas de gran magnitud (Plegamientos, fallas activas, sistemas de grietas).
6. Inundaciones.

Los peligros geólogos geomecánicos existentes en las minas estudiadas, constituyen un problema de primer orden, estos en muchas ocasiones pueden atentar contra la integridad física del hombre y contra la naturaleza, ocasionándole severos daños. Por esto el cumplimiento de las siguientes medidas reviste vital importancia para alcanzar un desarrollo sostenible.

1. Realización de un estudio previo y control sistemático del comportamiento del macizo rocoso durante y después de la ejecución de los trabajos mineros.
2. Empleo de métodos de sostenimiento adecuado en aquellas zonas donde se manifieste la pérdida de estabilidad.
3. Realizar periódicos controles a las excavaciones, para limpiarlas de escombros y otros materiales.
4. Ordenamiento adecuado de los pilares de protección.
5. Recuperación ordenada de los pilares de protección.
6. Construcción de muros de contención en las laderas donde se han manifestados deslizamientos rocosos.
7. Realización de controles en zonas de posibles hundimientos rocosos.

## **CONCLUSIONES**

1. Se puede lograr la sostenibilidad de la actividad minera si se toman en cuenta los criterios analizados.
2. La elección de una adecuada tecnología en la actividad minería permite alcanzar mejores resultados económicos y minimizar las afectaciones ocasionadas por ella al Medio Ambiente .
3. El perfeccionamiento de la actividad minera en sus diferentes etapas de desarrollo, a partir del mejor conocimiento del macizo

rocoso, permite alcanzar durante todo su proceso una mayor productividad racionalidad y seguridad.

4. Los criterios mencionados que permiten minimizar los impactos socio-ambientales y conllevar a una utilización integral de los recursos, permiten crear condiciones favorables con vista a lograr un desarrollo sostenible de la actividad minera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Blanco, Torréns, Roberto, Roberto Wátson, Quesada y Diosdanis, Guerrero, Almeida. Abandono y cierre de minas. CD Jornadas de Cierre de Minas del CYTED. Revista Panoramaminero. # 257. Argentina, octubre de 2000.
- Carrizosa, U., Julio. La viabilidad del desarrollo sustentable en Colombia. Una contrapropuesta. En: Guhl, Ernesto, Medio ambiente y desarrollo. Santa Fe de Bogotá, 1992. p. 89-90.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis, et. all. Impacto ambiental provocado por la minería subterránea. III Taller Internacional de los recursos minerales. CD Resumen. Moa, Cuba, 1999.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis et. all. Perfeccionamiento de la Variante de Explotación para el Yacimiento Merceditas. IV Congreso Internacional de Geología y Minería. CD Resumen. La Habana, Cuba, 2001a.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis et all. Criterio Generales para alcanzar el desarrollo sostenible en la actividad minera. III Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Desarrollo Sostenible: Realidad o sueño a 10 años de la Cumbre de Río. La Habana, Cuba. 2001b.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis et all. Importancia del Cierre de minas para alcanzar el desarrollo sostenible. III Encuentro Nacional

- de Derecho Minero. IV Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Legislación Minera. Buenos Aires. Argentina. 2001c.
- ICSED. Métodos de valoración económica y social de los recursos naturales y ambientales, Santiago de Chile, 1994.
- Mercado, E., O. et all. El concepto de desarrollo sustentable y los recursos naturales no renovables. Resumen del IX Simposium de ingeniería de minas. Chile, 1995
- Mern. Environmental & social performance indicators and sustainability markers in mineral development. A prospectus. University of Bath. UK, 1998.
- Moore, Patrick. Hard choices for environmentalists and the mining industry. PDAC, Toronto, 1997.
- Pezzey, John. Conceptos sobre desarrollo sostenible: un análisis económico. W.B. Washington D.C., 1992.
- Posada, L., G. y Vargas, E. Desarrollo sostenible, relaciones internacionales y recursos minero energéticos. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., 1997.
- Toman, M. and Walls, M. Nonrenewable resource supply: theory and practice. Capítulo 9, p. 182-201 de Bromley, Danile W. (De.). UK USA, 1995.
- Vargas, Pimiento, Elkin. Indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las Empresas Mineras. CD Resumen. I Jornadas Iberoamericanas de cierre de minas. Huelva, España. 2000. p. 3-6.
- Werther, Guntram. Native peoples' issues and the future of mining. International California Mining Journal. Vol. 66 No. 10. California, 1997.

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA EXTRACTIVA MINERAL**

*Enrique M. Gonzalez*  
Panorama Minero  
Argentina

---

### **DESARROLLO DEL TEMA**

La actividad de la extracción de minerales, a gran escala, produce significativos impactos sobre la economía, la estructura social y la infraestructura de las comunidades humanas, particularmente vinculadas a su área de influencia. (1)

A lo largo de su historia, sin embargo, las explotaciones mineras han sido intensas, según el mineral extraído, la época histórica y la región donde se ubicaban los yacimientos. Hoy en día, la actividad extractiva de minerales está regulada, controlada y supervisada, fundamentalmente, por los impactos que produce, en unos casos, en beneficio directo de las inversiones y la utilización de los recursos humanos y tecnológicos y, en otros casos, porque promueven asentamientos poblaciones. Y esto ocurre en la mayoría de los países que han resuelto la explotación minera como una actividad económica de la sociedad y, consecuentemente, el Estado en su representación ha asumido un rol.

En sus comienzos la actividad minera ha sido sostenida mediante la creación de empresas unitarias, familiares en su generalidad, que invertían a riesgo y conducían los destinos de sus inversiones de acuerdo a su capacidad y, muchas veces, a su intuición.

Al mediar el Siglo XX, la actividad minera comenzó a ser controlada, fundamentalmente, como actividad económica, creadora de fuentes de trabajo y promotora de los asentamientos poblaciones,

luego en sus rasgos más definidos, como generadora de riqueza y, en el proceso moderno, como actividad sustentable donde es posible el control de sus impactos negativos, sobre todo en el cuidado del medio ambiente.

Cuales serían los indicadores de sustentabilidad en la actual configuración de la minería extractiva? Persiste en el debate internacional que se ha dado en los últimos años, la necesidad de centralizar de una manera incuestionable, en tres aspectos fundamentales que, de acuerdo con los analistas, serán materia de los más complejos acuerdos políticos y económicos institucionales. según se den en cada región del mundo:

- a) Las grandes inversiones y la seguridad jurídica, primerísimo aspecto que, en cada país o en cada región calificará el riesgo.
- b) El desarrollo económico social en asentamientos mineros, como parte de una política de mayor amplitud de la seguridad social y las soluciones sociales de largo aliento
- c) Establecer políticas e iniciativas que garanticen el cuidado del medio ambiente. En este sentido, se han fijado las normas internacionales de Basilea, de la Cumbre de Kyoto, la Declaración de Rio, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de julio de 1992, y otras que han definido el concepto de desarrollo sustentable y que han impuesto a la minería el paradigma de la sustentabilidad.

Hoy marchan dos exigencias en forma paralela. Por un lado el reclamo del mundo en constante crecimiento, de materias primas minerales para todas las industrias, que hizo necesario una búsqueda continua y profunda para el hallazgo o alumbramiento de recursos minerales económicamente explotables. Y por otro lado, los requerimientos de la sociedad en cuanto a las diversas formas del

desarrollo económico social y la seguridad en los cuidados ambientales.

Cual es la respuesta?

Los nuevos escenarios del desarrollo minero. Un nuevo escenario económico irrumpió en los años noventa que produjo diversos y extraordinarios cambios que llevaron a las diversas actividades extractivas a difíciles circunstancias en las diferentes regiones del mundo. Las grandes transformaciones, señalan algunos estudiosos, comenzaron con la globalización, siguiendo con el avance masivo de las nuevas tecnologías destinadas a la investigación y la explotación de minerales, luego las grandes fusiones y alianzas estratégicas, los bloques regionales, incrementos significativos de los activos y la incesante aparición de nuevos negocios cada vez más basados en el conocimiento.

En el campo de la minería se produjo la explotación de los grandes yacimientos, como dicen los especialistas, enormes cuerpos masivos de contenidos metálicos bajos, que requirieron de un elevado conocimiento científico para la determinación y definición del recurso mineral y una alta aplicación de las diversas ingenierías para la recuperación de los bajos contenidos. Consecuentemente, apareció la utilización de toda la maquinaria y accesorios necesarios, los transportes por ductos o cintas especiales, los sitios de acumulación de colas o residuos, el aprovechamiento y conservación del recurso acuífero, el suministro energético, la instalación habitacional y el cuidado y preservación del medio ambiente, visualizando el futuro para cuando la operación minera termine.

De esta manera se dio, en la mayoría de los países, particularmente de regiones como América Latina, una mayor búsqueda de los recursos minerales y esta búsqueda fue cada vez más selectiva, debido a la preocupación de quienes prospectaban. Esa búsqueda está centrada en dos factores:

- a) Potencial geológico y
- b) régimen de políticas y reglamentaciones.

Las políticas de Estado: Otro de los indicadores de sustentabilidad se basa en las políticas de Estado que aseguran la vigencia de los instrumentos de la seguridad jurídica. Los valores por los cuales un país se hace beneficiario de un reconocimiento, están en el respeto profundo que se otorga a la vigencia de las reglas de juego, al fiel cumplimiento de las obligaciones que el Estado le debe a las instituciones y a la marcha de los objetivos del desarrollo minero. Consecuentemente el Estado debe asumir un rol conductor y su labor debe consolidar los beneficios de la sustentabilidad, asegurando la equidad del desarrollo y hacer que, desarrollo e industrialización sean sostenibles, es decir, poder sostenerse en el tiempo.

La Legislación Minera: Constituye el fundamento de un proceso de desarrollo.

Es un claro indicador de sustentabilidad que un país cuente con los instrumentos jurídicos que den vida a los diferentes parámetros del desarrollo minero. Su marco jurídico ha sido aprobado por un consenso y una votación directa por unanimidad del parlamento. La estabilidad de las normas tributarias es un elemento clave y forma parte de un principio rector en la seguridad jurídica.

En ese sentido, la década de los años noventa fue escenario de las reformas que se han introducido en la mayoría de las legislaciones mineras de los países de América Latina y del Caribe. Los cambios significaron la entrada en vigencia de un nuevo Código o una Ley de Minería. En ese contexto, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL - ha realizado un estudio detenido de los cambios producidos en la legislación minera de los diferentes países del Continente.

Digamos que, el concepto de sustentabilidad - desarrollo sustentable - fue propuesto por primera vez en 1987, en lo que se

conoce por el Informe Bruntland. Este informe define el desarrollo sustentable como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Se basa en la creencia que la gente puede construir un futuro más próspero, más justo y más seguro. Es decir, desarrollo sustentable es dar a las futuras generaciones tantas oportunidades, sino más aún, que las que nosotros tenemos en la actualidad.

Se debe tener presente que el desarrollo sustentable plantea la necesidad de tener una visión de la minería en lo económico, en lo institucional y en lo ambiental.

Se señala con frecuencia que una empresa solamente podrá proporcionar utilidades a sus accionistas en el largo plazo, si se logra alcanzar un grado de excelencia en el cumplimiento de las responsabilidades ambientales y sociales. Este significa el único medio que le asegurará a la empresa contar con la confianza de la comunidad en que actúa. Se comprende que ello es así por cuanto una empresa toma y mantiene compromisos económicos de inversión a largo plazo.

En razón de ello, muchas empresas han introducido en la gestión empresaria, la aplicación de los Sistemas de Gestión Ambiental equivalente a las normas ISO 14.001.

Muchas empresas mineras, en Argentina y otros países, apoyan programas relacionadas con todas las obras destinadas a asegurar los cuidados ambientales, teniéndose antecedentes importantes de trabajos relacionados con la marcha de las comunidades.

Participa en programas de educación en todos los niveles, conforma, participa y apoya en indicadores relacionados con la vivienda, con la cobertura de agua potable, de energía eléctrica y de asistencia médica, contribuyendo de manera inequívoca a mejores

niveles de vida.

Finalmente participa en la superación de las tasas de pobreza, caracterizadas en las zonas mineras.

## **RECURSOS CONCURRENTES: LA SUSTENTABILIDAD DEPENDE DEL ACUERDO**

*Ing. José Enrique Sánchez Rial*

Dirección de Minería de la Provincia de Córdoba  
Córdoba, Argentina [cbabud@infovia.com.ar](mailto:cbabud@infovia.com.ar), [Ingeas@arnet.com.ar](mailto:Ingeas@arnet.com.ar)  
Departamento de Evaluación y Proyectos Mineros  
Inventario de Recursos Mineros de Córdoba  
Sistemas de Información Geográfica - Coordinación

---

---

### **RESUMEN**

No es fácil hacer que un proyecto minero sea sustentable debido a la naturaleza de los yacimientos en sí mismos. Los minerales y rocas que se extraen no estarán disponibles para las generaciones futuras.

Existen, sin embargo, yacimientos como los salares o los áridos de río con cierto grado de posibilidad de desarrollarse nuevamente.

A manera de ejemplo, se plantea el aumento de la conflictividad de la minería de aluviones, que es ignorada y precaria, y la posibilidad de llegar fácilmente a un proyecto de desarrollo sustentable si se logran establecer las reglas de trabajo simples y específicas.

### **INTRODUCCIÓN**

Aún cuando la minería ha estado siempre caracterizada por ser una industria de las lejanías, es decir estar lejos de toda otra actividad humana, también es cierto que esta situación originaria no se mantiene en el tiempo.

Camino de acceso, acueductos y líneas de energía son tendidos hacia y desde el yacimiento, con la consecuencia inevitable

de la generación de un crecimiento demográfico en el sitio y a lo largo de todo el camino desde la civilización hasta el lugar donde se trabaja.

A medida que el yacimiento se "acerca" a las zonas pobladas, la posibilidad de conflictos en el uso del territorio se hace más probable.

La "sustentabilidad" de la explotación se hace más y más discutible a medida que "chocan" los intentos de uso del territorio, y los mineros ven amenazada su utilización hegemónica.

Un caso más que interesante, es el de los áridos de río ya que sólo pueden ser considerados como yacimientos aquellas acumulaciones de material suficientemente importantes en cantidad y calidad, pero por sobre todo que se encuentren suficientemente cerca del cliente, es decir, de una población que los demande.

En este caso, la minería se desarrolla en la medida que se genera una demanda, es decir, en la medida que la población crece. El yacimiento no es alcanzado por la demografía sino, en cierta forma, generado por ella.

## **LOS RECURSOS COMPARTIDOS**

Las explotaciones mineras tradicionalmente ubicadas en lejanos confines del planeta se han caracterizado por mantener un uso hegemónico de su sector de territorio y solucionar los escasos conflictos locales, contraponiendo las ventajas del "desarrollo económico" a las pérdidas de cualquier otro tipo.

De este modo, una mina de cobre de Los Andes ha sido, y en muchos casos aún es, el usuario hegemónico de un importante sector de territorio.

Aún hoy, con nuevos paradigmas ambientales, los conflictos con el medio ambiente natural son "solucionados" de forma más o

menos económica para la industria minera, aunque con menor grado de aceptabilidad para los naturalistas.

Hace relativamente poco tiempo, se ha comenzado a escuchar con más cuidado la voz de las poblaciones indígenas, y con este nivel de conflictividad las empresas mineras debieron y deben reacondicionar sus procesos a nuevos índices de sustentabilidad.

Todo parece indicar que la sustentabilidad de una explotación está cada vez más finamente evaluada en función de la cantidad de usuarios concurrentes en un mismo territorio, donde cada uno de ellos tiene, como aspiración, el uso hegemónico del mismo.

Existen multitud de ejemplos de recursos compartidos en un mismo sector de territorio, pero quizás uno de los más completos es el de los áridos de río o, en menor medida, de antiguos depósitos fluviales, fuera de cauce.

En estos casos, en un mismo sector de territorio coexisten tres recursos: el agua, los depósitos de áridos, y cada vez más significativamente, el uso recreativo o turístico.

Los tres usos posibles tienen un origen común, un aglomerado urbano desarrollado a partir de o en las cercanías del río, con el tamaño suficiente para que las tres necesidades deban ser satisfechas.

Aún cuando no existe un proceso de medida del problema, se puede deducir que el nivel de conflictividad aumenta con el incremento demográfico, y que los tres responsables de sendos recursos tratarán de defender su nivel de uso del territorio en desmedro de los otros. Esta defensa tomará seguramente dos vías posibles: una será aumentar el nivel de sustentabilidad de su propio sector, pero la más usada hasta el momento es la de cuestionar lo sustentable del proceso de los otros.

Una cosa es clara, cuando existen recursos coexistentes en un sector del territorio no es posible mantener el uso hegemónico de uno de ellos. La coexistencia implica necesariamente compromiso.

## **EL RECURSO AGUA**

Es tan importante este recurso que, durante años, ninguno de los trabajos ni obras destinadas a su aprovechamiento recibieron cuestionamiento alguno no sólo en Sudamérica, sino en el resto del mundo.

Recién a partir de la última parte del siglo XX, comenzaron a levantarse algunas voces dispersas sobre los efectos negativos de algunas obras hidráulicas, fundamentalmente las grandes presas.

En la actualidad, luego de desastres ambientales de gran envergadura, se ha comenzado a exigir, inclusive en los países "en desarrollo", la correspondiente Evaluación de Impacto Ambiental a las obras hidráulicas.

A manera de ejemplo, podremos ver el caso de la Provincia de Córdoba, en Argentina, donde una serie de ríos atraviesan su territorio desde el oeste, zona serrana, hacia el este, zona de llanura. En todos y cada uno de estos ríos se construyó al menos una presa, con el objetivo primario de lograr un reservorio de agua, y secundario, de generación de energía eléctrica.

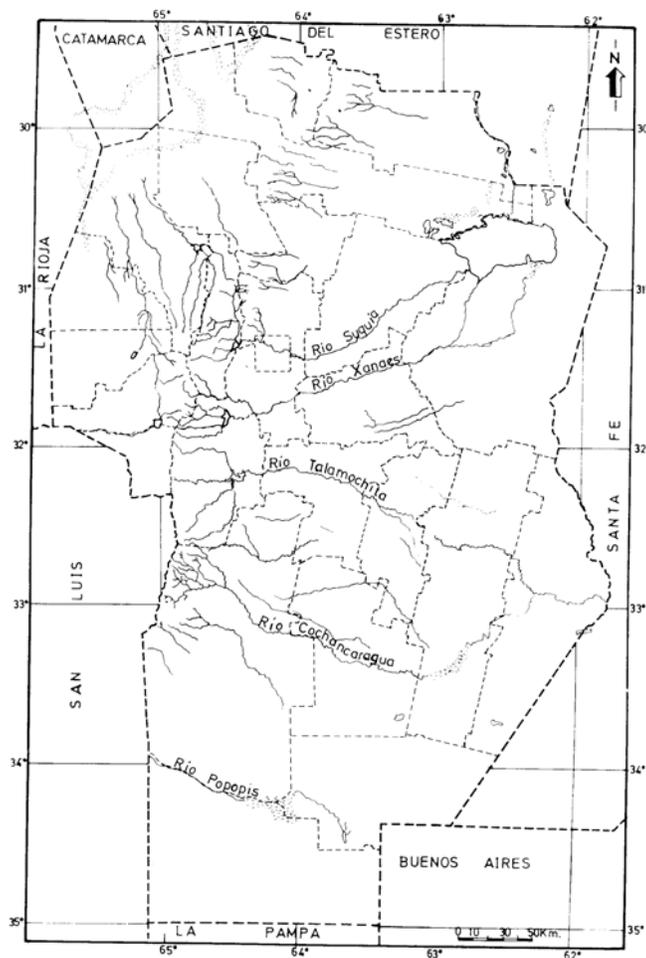
Este tipo de trabajo, en menor escala, fue llevado a cabo en multitud de arroyos serranos y tanto en éstos como en los anteriores no se elaboró una EIA.

Se puede decir que el período 1900/1975 fue el del el uso hegemónico de los ríos por el sector hidráulico o, más exactamente, que se preponderó el recurso agua por sobre los otros dos.

Esta hegemonía tuvo y tiene en la actualidad efectos sobre los otros dos recursos posibles.

A grandes rasgos se puede decir que todo el sector llano de la provincia se quedó sin aportes de áridos que le proveían las crecidas estacionales. Esto no se notó inmediatamente, pero aproximadamente 30 años después de la instalación de la última presa y hasta la actualidad, las empresas de dragas que funcionan en la llanura no encuentran más bancos sumergidos y eliminan los pocos que quedan, lo que se produce importantes cambios en las corrientes de agua, erosión en las orillas y ciudades amenazadas. Los diques eliminaron la renovabilidad de los depósitos. En suma, el dominio hegemónico de un recurso amenaza la sustentabilidad del otro.

Con el correr de los años, el uso turístico y recreativo de los lagos resultantes, llevó a un aumento de la población muy importante que en la actualidad, sin tratamientos de efluentes adecuados, ha llevado a la eutroficación de gran parte de ellos; de este modo, tanto la potabilización del agua del reservorio como el aprovechamiento recreativo se ven comprometidos. En suma, la sustentabilidad de ambos usos se ve mutuamente comprometida.



**Figura 1 - Hidrología General de la Provincia de Córdoba**

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

## **EL RECURSO RECREATIVO Y TURÍSTICO**

Córdoba, como muchos lugares en el mundo, tiene sectores que se consideran potencialmente interesantes para su uso recreativo. En particular su área serrana, con alturas que no superan los 2.700 m.s.n.m., cuenta con una importante red de drenaje que se ofrece al visitante en el marco de un clima mediterráneo estacional con inviernos fríos<sup>1</sup> y secos y veranos calurosos y húmedos.

Desde la década del 60 en adelante, ha aumentado constantemente la presión de esta industria sobre el ambiente de manera que se puede afirmar que existen importantes sectores del territorio donde su presencia es y ha sido hegemónica por más de 25 años.

"La industria sin humo", como se insiste en calificarla, no desarrolla sus actividades sin afectar a los otros dos aprovechamientos de recursos de un sistema fluvial.

Esta actividad conlleva instalaciones humanas en diversos puntos del sistema de drenaje, no sólo en los mismos cauces sino en sus cercanías. Sin el EIA de cada emprendimiento, la mayor parte de estos puntos se transforma, en pocos años, en un centro de conflictos ambientales de diversa índole. El de la eutrofización de los lagos es tan sólo uno de los más notables.

Cada instalación conlleva, en relación directa con el grado de éxito, el desarrollo de más elementos de igual o mayor tamaño y sus instalaciones conexas, y por ende el problema de imprevisión inicial, se maximiza año a año.

Ejemplos de este uso hegemónico del territorio son muy comunes en nuestra provincia.

---

<sup>1</sup> Esporádicamente se producen nevadas de cierta importancia que también son aprovechadas turísticamente

De la misma manera que el recurso agua es afectado en su calidad y cantidad<sup>2</sup>, el recurso áridos ve amenazada su industria debido fundamentalmente al hecho de que las acumulaciones de arena y gravas suelen tener importantes usos recreativos, con lo que, la actividad minera entra en directo conflicto con la turística, máxime cuando los depósitos de áridos son favorecidos por pequeñas presas que la industria turística construye a manera de balnearios.

## **LOS ÁRIDOS DE RÍO**

Es necesario destacar la enorme gravitación económica de la industria de la construcción y la dependencia directa de ésta con la explotación de los ÁRIDOS. Las acumulaciones de estos elementos en los cauces de los ríos son el resultado de una combinación de procesos y circunstancias, propias de cada tramo de río y de las características climáticas de cada año.

Se podría hablar de “yacimientos” de áridos, ya que son en realidad una concentración anómala de un recurso en un sector limitado y cuya explotación produce rendimiento económico. Pero además se debe aclarar que, contrariamente a lo que ocurre con otros yacimientos, existe una buena probabilidad de que el recurso sea renovado por nuevos aportes de material en las diferentes crecidas de la corriente. Podemos hablar así de “yacimientos renovables” aunque esto parezca una verdadera incongruencia.

De más está decir que la “renovabilidad” de estos depósitos dependerá de muchos factores pero fundamentalmente del grado de racionalidad con el que se explote el recurso.

---

<sup>2</sup> Hoteles, campings, hosterías, son usuarios de importantes cantidades de agua.



**Figura 2 - El típico río serrano**

Se ha aclarado que si se elimina el área de aporte, este tipo de yacimiento deja de ser "renovable". Sin embargo, si se trabaja dentro de ciertos parámetros, esta industria puede ser, entre las mineras, una de las de mayor posibilidad de encarar dentro del desarrollo sustentable.

Como ocurre con las empresas que se interesan en los otros dos recursos, las compañías mineras que trabajan en los ríos son un foco constante de conflictividad.

Tanto el recurso agua como el recurso recreativo, ven amenazada su hegemonía por la empresa minera y se ha llegado a prohibir totalmente su instalación en los cauces.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Los ríos de llanura sin aportes estacionales ya no generan yacimientos y, por ende, se ha prohibido la explotación de los mismos.

## LA LEGISLACIÓN

Se ha aclarado entonces que existe un importante grado de conflictividad debido a la concurrencia de derechos y a la demanda de los recursos concurrentes.

Es decir, que la sociedad requiere que las tres actividades se lleven a cabo sin renunciamiento alguno.



**Figura 3 - El banco de arroyo serrano**

Se necesita agua, la industria de la construcción necesita arena y gravas e importantes sectores de la sierra de Córdoba tienen potencialidad para la industria turística; todo esto es innegable, tanto como la necesidad de que todas estas actividades se desarrollen en el marco de un proyecto sustentable.

En el caso Argentino y, particularmente el cordobés, el nivel de conflictividad se ve potenciado por una legislación confusa en

algunos casos, sobreabundante en otros y escasa o nula en lo específico.

Con carácter imperativo, la Constitución de la Provincia de Córdoba<sup>4</sup> determina que los recursos naturales renovables y no renovables deben ser defendidos por el Estado Provincial, de manera de lograr un aprovechamiento integral, evitando los desperdicios de los bienes en cuestión, y racional, de manera que no se afecten derechos, bienes y vidas de los habitantes de esta provincia.

El Art. 68° de la misma establece, con relación a la Honorable Legislatura, diciendo que ésta “dicta leyes de protección de este patrimonio con el objeto de evitar el prematuro agotamiento de su explotación y su utilización irracional”.

El agua y los áridos son dos recursos que deberían tener diferente regulación jurídica. Mientras que el primero es regulado por el Código de Minería y su Autoridad de Aplicación Provincial es la Dirección de Minería, el otro se encuentra regulado por el Decreto - Ley 5.589/73 o Código de Aguas de la Provincia de Córdoba. La actividad turística es una industria que tiene soporte legal en diferentes normas, pero se basa fundamentalmente en el Código Civil y en el Código de Comercio.

Las tres actividades deben, en el territorio de la provincia de Córdoba, sujetarse a lo establecido por la Ley Provincial de Medio Ambiente.

El recurso en particular que me ocupa es el que corresponde a los ÁRIDOS, es decir aquellos materiales sedimentarios de diferente granulometría que se depositan en los ríos y arroyos, como así también en los márgenes de lagunas, dentro de las líneas de ribera. Al estado Provincial le correspondería actuar como propietario o titular del dominio, en la forma prevista por el Código de Minería, que

---

<sup>4</sup> La República Argentina tiene un régimen federal donde cada provincia debe y puede dictar su constitución y sus leyes provinciales.

considera a estos materiales como de TERCERA CATEGORÍA, es decir, que puede disponer de ellos sin mediar denuncia.

En nuestra provincia, la legislación correspondiente al agua toma casi como al descuido, el tema de los áridos de río y, por ende, de un sinnúmero de posibles leyes reguladoras de esta actividad; todo se reduce a un permiso *precario* que la autoridad administrativa que regula el recurso agua concede a un particular.

De esta "precariedad" del permiso, unida a la falta de criterio minero de dicha autoridad administrativa, han nacido y nacen importantes conflictos y, lo que es peor, daños irreversibles en la red de drenaje.

Otro reconocido punto de origen de conflictividad y daños al ambiente y a terceros, es la indeterminación de límites físicos verdaderamente firmes en el terreno, límites temporales adecuados y responsabilidades exigibles.

No existiendo tampoco un verdadero régimen de sanciones, los ríos terminan siendo expoliados por todas o alguna de las tres actividades principales mencionadas.

### **El método de explotación**

Se deben distinguir básicamente dos métodos de extracción dependientes de la zona de la corriente de la que se hable.

- La zona llana está caracterizada por la ausencia de nuevos aportes, bancos sumergidos en ríos de llanura y ausencia de sustitutos para los áridos. El equipo fundamental es una draga o bomba ubicada en la orilla, una tolva de acopio, el juego de zarandas y los cargadores y camiones de playa de maniobras y distribución. Las empresas con cierto grado de permanencia en el sistema, pueden alcanzar algún automatismo e incorporan cintas transportadoras a la salida de la planta de clasificación.

- El producto básico es arena mediana a fina con un cierto porcentaje de gravillas y arena gruesa.
  - El permiso precario otorga la concesión de un tramo de no más de 200 m de largo de río, pero no es nada raro que se busquen bancos sumergidos fuera del área de trabajo admisible, mucho más cuando esta no se encuentra delimitada en el terreno.
  - Los cambios en los cauces son el pan de cada día y los conflictos entre el operador minero y vecinos o autoridades locales están a la orden del día.
  - La ausencia de aportes de árido ha llevado a prácticas totalmente irracionales y prácticamente a la prohibición de esta actividad en varios de los ríos serranos.
  - En muchos casos se ha tratado de extender esta prohibición a los trabajos en los ríos serranos, aún cuando la problemática es totalmente diferente.
- La zona de montaña o de valle intermontano esta caracterizada por:
- La explotación es en cierta forma estacional y la posibilidad de que el banco se mueva por la crecida, unido al hecho de que un permiso "precario" puede caducar en cualquier momento, hace que toda la extracción se haga a gran velocidad llegando a eliminar un yacimiento en menos de 6 meses.
  - La eliminación total del yacimiento cambia la condición de deposición de modo que no es posible esperar reposición de áridos en menos de cinco años.
  - Las empresas medianamente organizadas cuentan con uno o dos equipos cargadores frontales y camiones que trasladan el

producto bruto a planta de clasificación, lavado y venta, en cercanías al centro poblado más importante.

- Las firmas más exitosas son aquellas con capacidad de acopio, tanto en terrenos para hacerlo como en equipo disponible para aplicar a la extracción.
- Aportes anuales de material.
- El producto fundamental es arena gruesa y gravillas con un importante porcentaje de gravas y rodados y escasa arena mediana y fina.
- El permiso precario otorga la concesión de un tramo de no más de 200 m de largo de río sobre bancos expuestos, pero no existe ningún tipo de control sobre la circunscripción de los trabajos al área en cuestión. También en este caso, el sector no tiene limitación de expresión física en el terreno.



**Figura 3 - Banco sumergido en ríos de llanura**

- Los conflictos con los interesados en el uso turístico están a la orden del día y son innumerables las cuestiones con ONGs ambientalistas.
- Pese a la presencia de hidrocarburos en el agua y de otros contaminantes, las autoridades regulatorias no parecen preocupadas por el tema.
- A los conflictos por explotación de áridos se unirá sin duda el derivado de la posibilidad de que algunos de estos bancos contengan una cierta cantidad de oro.

## **LA ECONOMÍA**

Existe un axioma económico en la República Argentina que refleja específicamente la importancia económica del rubro. Dice que, *la industria de la construcción es la última que cae en un período de crisis y la primera en reactivarse al salir de ella.*

Para tomar sólo un dato indicativo, podemos decir que el hormigón que se elabora contiene 75 % de material pétreo. Este material pétreo puede provenir de los áridos de río o, en el caso de edificios de más de tres pisos, directamente de canteras de triturados.<sup>5</sup>

Si bien es cierto que el equipo minero que se compra y se utiliza en la explotación de áridos de río no alcanza los niveles de la minería de extracción y triturado de rocas, es realmente muy importante. Una empresa pequeña de carácter familiar cuenta al menos con tres camiones, dos camionetas, dos palas cargadoras y una planta de lavado y zarandeo, movilizándolo al menos 20 personas en su operación.

Un banco de río intermontano con ciertas posibilidades de extracción tiene al menos 100 m de largo con un ancho promedio de

---

<sup>5</sup> Normalmente gneis o gabro

unos 50 metros y no menos de 2 metros de potencia, esto es 10.000 m<sup>3</sup> de reserva bruta, de la que puede extraerse mínimamente 80 %, es decir, 8.000 m<sup>3</sup>.

Un banco intermontano tiene al menos un 40 % de arena gruesa, un 5 % de arena fina, un 15 % de gravilla, conocida en Argentina como grancilla, y el resto de rodados de gran tamaño llamado material de cimientos o ripio.

Con estos números en mente y considerando los precios de mercado al público, podemos elaborar la siguiente planilla:

<b>Material</b>	<b>%</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Precio(US\$)</b>	<b>Monto(US\$)</b>
Arena fina	5	400	10	4000
Arena Gruesa	40	3200	4.3	13760
Grancilla	15	1200	10	12000
Ripio	40	3200	3.6	12480
			Total	42240

Es decir que, el valor bruto de un pequeño banco de áridos de río sería puesto al público a US\$ 42.000. Son 800 camionadas de material en bruto que, a una producción promedio de 40 camiones diarios con una carga promedio de 10 m<sup>3</sup> cada uno y un trabajo de cinco días por semana<sup>6</sup>, es decir, 200 camiones a la semana, se extraen en un mes.

En un tramo de río de kilómetros, existen al menos tres operadores con un movimiento diario semejante al planteado, en períodos normales, lo que se traduce en US\$ 126.000 brutos mensuales. Con un costo de operación que no supera el 20 % del precio de venta y sin considerar intermediarios o acumuladores, estamos hablando de US\$ 100.000 mensuales de ganancia bruta a lo que se deben descontar tasas de servicios, costo de electricidad,

---

<sup>6</sup> Se trabaja habitualmente 6 días a la semana

empleados permanentes y gastos generales que no llevan esta cifra más abajo de los U\$S 70.000.

Las cifras provinciales del año 1999 con una paridad peso/dólar de uno a uno son:

Producción bruta	8.444.519 tn.	U\$S 14.524.533
Beneficiado en planta	7.682.113 Tn. <sup>7</sup>	U\$S 35.452.152.

## **LA POSICIÓN DE LA INDUSTRIA**

Pese a que esta cifra es realmente muy significativa, fundamentalmente en las economías regionales, se da una suerte de descontrol total de la actividad en parte por superabundancia de legislación concurrente pero falta de especificidad.

Aún con la importancia económica de este rubro, la minería en sí misma, es decir autoridades y representantes del sector, no consideran que la extracción y lavado de áridos sea realmente una actividad minera. Dicho de otro modo, una explotación de granate aluvional que usa exactamente los mismos métodos de trabajo, con un valor total de producción mucho menor y con conflictos ambientales semejantes, se considera minería mientras que no ocurre lo mismo con la industria de los áridos.

Superabundancia de reglamentos y leyes, su contraparte, es decir la escasa legislación específica, junto con el criterio de que la mera separación de productos de distinto valor por medio de la granulometría no constituye una actividad minera, mantienen este rubro en la "precariedad".<sup>8</sup>

---

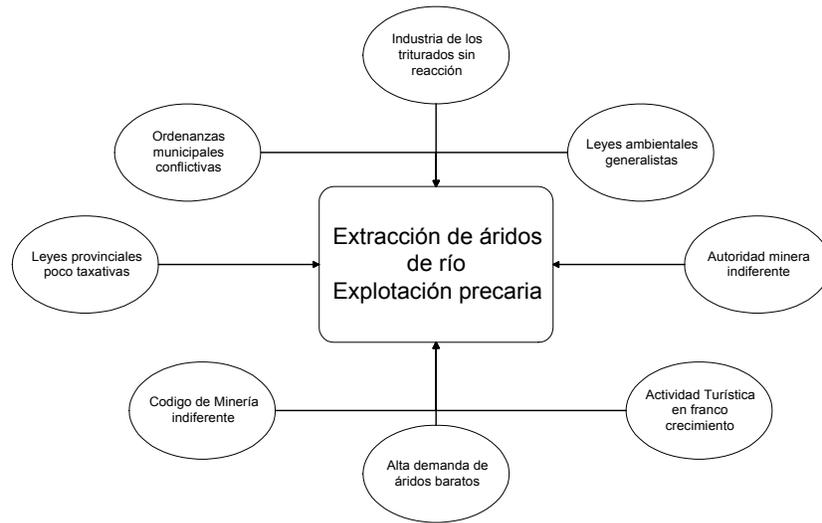
<sup>7</sup> Como vemos el porcentaje de recuperación de materiales útiles es extremadamente alto para la minería.

<sup>8</sup> Esta suerte de ausencia de factor riesgo es lo que, parece descalificar a esta industria como verdaderamente minera.

La precariedad de esta industria se manifiesta en numerosos ítems entre los que conviene destacar:

- La empresa no puede incorporar a su carpeta bancaria o de antecedentes financieros el grueso del negocio que son sus productos.
- El hecho de que el permiso precario de explotación no tenga contratos firmes con tiempos de explotación acotados impide toda planificación productiva, de seguridad, ambiental o financiera.
- Esta falta de contratos lleva en general a la expoliación del recurso debido a que, "curándose en salud", los operadores prefieren trabajar rápidamente, a doble turno y agotar el banco antes de que, por imponderables, recursos interpuestos por terceros o las crecidas estacionales, la producción se vea interrumpida o cancelada.
- Esta expoliación deja detrás un paisaje de tierra arrasada que abona constantemente la posibilidad de que se prohíba totalmente la extracción de áridos de río, con lo que la precariedad de los permisos aumenta y con ello la velocidad de trabajo de los operadores y el desastre productivo que se comete.
- La falta de límites físicos en el terreno de trabajo impide la planificación de asentamientos adecuados tanto para el acopio como para procesamiento de los materiales. Los terrenos para este tipo de actividades se circunscriben a los ejidos municipales y multiplican el nivel de conflictividad con los vecinos.
- La falta de estos mismos límites físicos diluye la responsabilidad sobre los resultados de los trabajos en el río, tanto aguas abajo como arriba de la zona específica de trabajo.

- El control de la producción resulta en esta precariedad absolutamente imposible, con lo cual el aporte impositivo de este tipo de firmas es prácticamente nulo.



**Figura 4 - La posición de la industria**

Esta industria tiene las condiciones básicas para desarrollarse en un ambiente semejante a la piratería donde, a lo sumo, alguno de los operadores tiene un permiso precario de trabajo o lo que es lo mismo, patente de corso.

## **EL ACUERDO ESENCIAL**

El caso de los áridos de río no es ni más ni menos que un ejemplo de cómo la sustentabilidad no depende tan sólo del yacimiento en sí mismo, ni del método de explotación, ni de la misma Evaluación de Impacto Ambiental, sino también de una serie de

factores externos que arman el escenario donde la industria se desenvuelve.



**Figura 5 - La expoliación**

Es necesario antes que nada establecer ciertas condiciones de contorno o premisas básicas, que en el caso de los áridos de río serían:

- La extracción, clasificación y obtención de materiales de construcción del lecho de los ríos y de su llanura de inundación es una actividad minera. Prueba de ello es:
  - ❖ Un yacimiento es una acumulación extraordinaria de una sustancia mineral que puede ser explotada con rendimiento económico.

- ❖ En los cauces, en la llanura de inundación o en terrazas de los ríos y en los lagos se generan yacimientos de arenas y gravas denominados Áridos.
- ❖ A una acumulación de esta naturaleza se la denomina bancos; pero no todos los bancos constituyen un yacimiento.
- ❖ La mayoría de los yacimientos son considerados como recursos no renovables ya que la explotación de los mismos significa un agotamiento del recurso; existen sin embargo excepciones, por ejemplo el caso de las salinas o los yacimientos de áridos de cauces de ríos o lagos (las denominadas canteras húmedas); la renovabilidad del recurso en este último caso depende de la racionalidad de la explotación de las reservas del yacimiento, etc.
- ❖ Los áridos corresponden a lo que en el Código de Minería se llaman sustancias de Tercera Categoría.
- ❖ El Dueño del suelo de los cauces de río y en los lechos de lagos es el Estado Provincial, el cual de hecho no puede proceder a su explotación de por sí.
- ❖ Los particulares podrán entonces explotar los yacimientos de áridos, arrendando a su dueño el terreno correspondiente.
- Los áridos coexisten en el mismo espacio físico con otro recurso, también en manos del estado, el **agua**.
- Las obras hidráulicas construidas con el objeto gestionar el recurso agua generan yacimientos de áridos.
- Gran parte de los yacimientos de áridos comparten el mismo espacio físico que los posibles aprovechamientos turísticos o recreativos.

- La sociedad se encuentra dividida entre la necesidad de contar con áridos de construcción baratos y el posible conflicto con las otras actividades, las cuales también prioriza.
- El movimiento económico de esta industria es importante aún cuando no se refleje en los aspectos impositivos.
- El sector minero se desentiende de este rubro de su industria.
- El sector hidráulico no lo entiende
- El sector turístico tiene serios conflictos con él .
- Las organizaciones ambientalistas consideran al sector como un auténtico depredador.

El principio del acuerdo pasa por salir de la precariedad y la piratería llevando la expoliación actual a un proceso sustentable, más sustentable aún que la minería de triturados. Para ello es necesario tener en cuenta ciertos parámetros básicos:

- Es necesario determinar efectivamente qué es y qué no es un yacimiento de áridos, teniendo en cuenta todos los criterios básicos:
  - ❖ Reservas
  - ❖ Renovabilidad del banco<sup>9</sup>
  - ❖ Impacto Ambiental
  - ❖ Rentabilidad
  - ❖ Proyecto de inversión y desarrollo
- Sólo se podrían así explotar los verdaderos yacimientos de áridos, y sólo se lo podrá hacer en un marco reglamentario adecuado.

---

<sup>9</sup> Esto elimina como posible yacimiento todo banco que, independientemente de su tamaño, no pueda ser repuesto por la actividad propia del río. Esto es en el caso de Córdoba, los ríos de llanura con presas previas al punto en cuestión.

- Los permisos deberán al menos considerar los siguientes puntos:
  - ❖ Propiedad minera fluvial exclusiva con carácter de bien inmueble, con las siguientes condiciones básicas:
    - Amparar un yacimiento determinado como tal por la autoridad correspondiente, según los parámetros indicados más arriba.
    - Zona de extracción
    - Zona de Acopio
    - Época de extracción y actividad.<sup>10</sup>
    - Zona de Responsabilidad. Aún cuando el área de extracción pueda limitarse al o a los bancos aflorantes, es necesario que el operador se responsabilice de la vigilancia y contralor de al menos 800 metros aguas abajo y aguas arriba de la zona de trabajos o extracción.
  - ❖ Plazos adecuados a un proyecto de inversión y desarrollo. (aproximadamente 10 años)
  - ❖ Proyecto de explotación
    - Método
    - Alícuotas anuales
    - Zona de Acopio
    - Personal
    - Accesos
    - Liberación estacionaria del sector para otros usos.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> En el caso de la provincia de Córdoba, esta época de trabajo llevaría de Abril a Octubre, tiempo libre de crecidas y sin uso turístico veraniego.

- ❖ Evaluación de Impacto Ambiental
- ❖ Control
  - Municipal
  - Provincial
  - Pago Mensual de regalías, tasas o derechos.

## CONCLUSIONES

Es bastante difícil intentar preparar un proyecto minero en el marco de los paradigmas del desarrollo sustentable considerado como:

*"El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades".*

La mera extracción de algo que no va a tener renovación se contrapone específicamente con esto. Sin embargo, el caso de los áridos de río, a semejanza de algunas salmueras y salares, presenta condiciones excepcionales como es la de la renovabilidad del recurso.

Pero esta condición excepcional es menoscabada debido a problemas de confusión legal, superposición de jurisdicciones nacionales, provinciales, locales, de minería, de hidráulica, etc.

También pierde parte de su efecto por un concepto general de no inclusión del sector en la actividad minera, sin que para ello

---

<sup>11</sup> Al retirarse estacionalmente, el operador debe preparar el área de trabajo para su uso turístico o recreativo, limpiando playas, preparando y liberando accesos y eliminando todo vestigio de actividad extractiva.

exista razón alguna, mas que el lugar físico donde estas tareas se llevan a cabo.

Todo esto lleva a la precariedad de la actividad y de ésta a la clandestinidad y la delincuencia, tanto en lo que hace a la expoliación de bancos que no constituyen yacimientos, como en los aspectos impositivos y peor aún, los ambientales.

*La sustentabilidad de esta actividad se sostiene sobre condiciones específicas de procesos naturales; sin embargo, debe afirmarse y potenciarse por medio de la legislación adecuada, el control específico y el acuerdo de usuarios. Cuando nadie está dispuesto a renunciar a algún privilegio, no hay acuerdo posible.*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- (2001) Sánchez Rial, José Enrique - Plan Director del Río Cosquín - *Términos de Referencia*. Inédito. Consejo de Centros Vecinales de la ciudad de Cosquín.
- (1998) Cornaglia, Jorge y Galfré, Luis - Programa Áreas Mineras - *Subprograma Aluviones: Área Copacabana*. Inédito. Dirección de Minería de Córdoba.
- (1987) Sánchez Rial, José Enrique et al. Mapa Geológico del Valle de Punilla - *Mapa de Económico Minero*. Inédito. Dirección de minería de Córdoba.

## **FUNDAMENTOS AXIOLÓGICOS DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD**

*Sonia Osay*

Fundacion Cordon Del Plata  
cordondelplata@ciudad.com.ar

---

### **INTRODUCCIÓN**

A partir de la Cumbre de la Tierra, llevada a cabo en Río de Janeiro en el año 1992, se sientan las bases del concepto de desarrollo sustentable.

Allí se estableció una propuesta que contiene recomendaciones a los gobiernos, para la constitución de marcos legales adecuados al concepto de desarrollo sustentable, que se denominó Agenda 21.

Dentro de la Agenda 21 en el capítulo 40 denominado INFORMACION PARA LA ADOPCION DE DECISIONES, trata sobre la recopilación de información y la adopción de indicadores a nivel global.

Aunque ya hay una cantidad considerable de datos, como se señala en diversos capítulos del Programa 21, es preciso reunir no solamente más tipos de datos sino diversos tipos de datos en los planos local, regional y mundial, que indiquen los estados y tendencias de las variables socioeconómicas, de contaminación, de recursos naturales y ecosistemas pertinentes. Han aumentado las diferencias que existen entre el mundo desarrollado y el mundo en desarrollo en cuanto a la disponibilidad de datos y el acceso a ellos, hecho que menoscaba gravemente la capacidad de los países de adoptar decisiones fundamentadas en lo concerniente al medio ambiente y el desarrollo.

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*

A lo largo de esta ponencia veremos que para determinar cuales son los indicadores de sustentabilidad mas adecuados a la política sobre el desarrollo sustentable de un país, es necesario tener en claro de que manera desea alcanzar una sociedad ese desarrollo sustentable. Para obtenerlo, es necesario recorrer un largo camino, y en ese proceso de cambio sostenido, se puede perjudicar o privilegiar al hombre, al medio, al sistema económico, o a unos por sobre otros.

Por lo dicho anteriormente solo algunos indicadores podrán ser adoptados de igual forma a nivel mundial y otros no serán de utilidad para determinar la sustentabilidad de una actividad o un medio en un país determinado, porque las circunstancias de ese país difieren radicalmente de otro.

Este es el desafío que tenemos los científicos e intelectuales, de construir teorías de desarrollo transdisciplinarias, que permitan resolver adecuadamente la compleja problemática del desarrollo sustentable, para el hombre y la sociedad de un determinado tiempo y lugar.

## **DESARROLLO SUSTENTABLE Y SUSTENTABILIDAD**

Al comenzar a hablar de indicadores de sustentabilidad, es conveniente definir el término desarrollo sustentable.

El desarrollo sustentable no es otra cosa que un nuevo arquetipo de desarrollo social, ambiental y económico que ha comenzado a difundirse a nivel global en nuestros tiempos.

Surge como consecuencia de la visualización que el hombre tiene sobre su entorno, llevándolo a construir una nueva relación entre la sociedad y el medio circundante.

El desarrollo sostenible o sustentable proviene de un termino anglosajón “sustainable development”, Consagrado en el informe de

la Primer Ministro Noruega Gro Brundtland denominado “Nuestro Futuro Común”.

Por lo tanto el desarrollo sustentable (o sostenible) "es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades".

La traducción al español presenta alguna dificultad, ya que no conserva en toda su dimensión el verdadero y original significado, dando lugar a dos términos. Uno de ellos es desarrollo sustentable mayormente utilizado en latinoamérica y sostenido por prestigiosos científicos como Cano, y el otro término es desarrollo sostenible utilizado mayormente en España, defendido entre otros por el Serrano Moreno y Martín Mateo.

Ambos términos se utilizan indistintamente y podríamos decir que a pesar de las diferencias, destacadas por los científicos, se utilizan como sinónimos.

Podemos destacar, sin embargo, que el término en español no logra revelar, la total dimensión del término anglosajón “sustainable development”, ya que éste último tiene una visión dinámica, no estática, hace referencia a un proceso continuo que hay que mantener a lo largo del tiempo, en cambio el término en español, tiene una connotación más estática, de conservación en su estado.

Ahora bien una vez definido el término desarrollo sustentable como término “madre”, vemos que el término sustentabilidad deriva de dicho concepto, trascendiendo la temática ambiental, produciendo una interrelación entre las ciencias naturales, las ciencias sociales y la economía.

La sustentabilidad se impone como un término globalizador que va más allá de lo meramente ambiental o económico, se trata de un término que atraviesa horizontalmente los sistemas biológicos, económicos y sociales, en busca de una armonización o equilibrio

que permita una mejora de la calidad de vida del hombre, respetando el derecho de las próximas generaciones a contar con la misma o mejor calidad de vida.

La gran difusión del término y su uso tan diverso, quizás lo lleve a un vacío de contenido, perdiendo su verdadero significado, creo que para evitar caer en esta desnaturalización del término y su significado, es necesario no perder de vista al protagonista de esta relación que es el hombre. Se habla de sustentabilidad en relación a cualquier tipo de actividad, se habla de transporte sustentable, de economía sustentable, de ciudades sustentables, etc.

Se puede hablar de sustentabilidad de cualquier actividad humana, siempre que se produzca una relación necesaria entre los sistemas biológicos, económicos y sociales, teniendo siempre como núcleo central al hombre, fuera de él no se puede hablar de sustentabilidad alguna, carecería de sentido.

No es sustentable aquello que sólo resulta factible desde un punto de vista físico o material de mantenerse en el tiempo, sino aquello, que lo es además desde un punto de vista humano. "Si asumimos que una política agropecuaria, por ejemplo, es sustentable, es porque, además de brindar cosechas sostenidas sin degradar los suelos, reúne ciertos criterios respecto de una postura axiológica que pondere al Hombre en relación con el Ambiente". Juan Rodrigo Walsh, *Derecho ambiente y sustentabilidad*, La Ley, Buenos Aires, 2000, pag.39.

## **PRINCIPIOS INSPIRADORES DEL CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD**

Para adoptar un criterio coherente y homogéneo que sirva de elemento rector de las políticas que deben implementar los países, para propender hacia el desarrollo sustentable, es necesario determinar las bases filosóficas que inspirarán el concepto de sustentabilidad, ya que al amparo de este principio rector se

establecerá la selección, determinación y uso de la información recabada como indicador de sustentabilidad.

Cuando hemos definido el concepto de sustentabilidad, como aquella cosa que puede ser mantenida en el tiempo o conservar una cosa en su ser o estado, hicimos referencia a la utilización del concepto dentro de una órbita material, restringida. Esta concepción estrecha, limitada solo al aspecto físico de una problemática determinada es insuficiente, porque la esencia misma de la sustentabilidad va más allá de la dimensión material. Sin embargo esta concepción es adoptada por un gran número de científicos, así por ejemplo se enrola en ella conceptos tales como el de capacidad de carga, o el rendimiento máximo sostenible de un ecosistema, que a nuestro juicio resultan ser insuficientes.

Es necesario enriquecer este concepto con una dimensión humana del mismo, entrelazando los tres elementos fundamentales de la sustentabilidad, la dimensión biofísica, la dimensión social y la económica.

Si tomamos uno sólo de esos aspectos caeremos necesariamente en un relativismo que puede ocasionar consecuencias nefasta, la historia de la humanidad está plagada de ellas.

Así por ejemplo “la esclavitud es un caso de un sistema de organización social que, sin incorporar valoraciones de tipo moral, es perfectamente posible de mantenerse o sostenerse físicamente en el tiempo. ¿Podremos decir que el desarrollo en base a la esclavitud es sustentable?. Desde la óptica estrecha del materialismo es posible, sí”. (Juan Rodrigo Walsh, Op. Cit, pag. 40)

Un sistema económico basado en la esclavitud encuadra perfectamente en la visión material de la sustentabilidad, porque es posible mantener en el tiempo y produce un crecimiento sostenido. Pero un sistema económico basado en la esclavitud, deja de lado uno de los aspectos fundamentales de la sustentabilidad que es el hombre,

la dimensión social, no puede hablarse de sustentabilidad de un sistema económico, donde se deja de lado al hombre, donde son vulnerados sus derechos fundamentales.

Es necesario evitar el cientificismo que puede engendrar cualquier tipo de reduccionismo, de tipo ambiental, económico o social. A nuestro entender la sustentabilidad para que sea tal, debe mantener un adecuado equilibrio entre todos los sistemas.

Así por ejemplo podemos tener un reduccionismo económico, que lleva necesariamente a un divorcio o alejamiento de la realidad, resultando ser teorías perfectas de laboratorio, pero inaplicables en la realidad.

La teoría económica tiene que ser compatible con la lógica y la matemática, con la biología y la psicología. Como señala Max Weber, “no solo formas del pensamiento matemático, como ha sucedido durante mucho tiempo, sino que también ciertas formas del pensamiento biológico tienen un puesto legítimo en nuestra disciplina. A cada paso, y en numerosos puntos de interés para nuestra disciplina, nosotros economistas estamos y debemos estar comprometidos en fructíferos intercambios de descubrimientos y de puntos de vista con quien trabaja en otros campos”. MAX WEBER. *El problema de la irracionalidad en las ciencias sociales*, Tecnos, 1985.

Ahora bien vamos a señalar dos enfoques que perciben en forma extrema el principio de sustentabilidad, cayendo inevitablemente en algunos reduccionismo, como los ya mencionados, que origina la reacción opuesta, dando lugar a un movimiento pendular, en el pensamiento científico. Dentro de cada uno de estos enfoques hay variables que lo hacen mas o menos extremos.

### **Enfoques de la sustentabilidad antropocéntrica:**

El principio inspirador de este enfoque es el hombre, hace referencia a que el hombre es el único ser con inteligencia superior, y entidad moral dentro de la naturaleza, y en consecuencia, el desarrollo económico-social, la conservación y protección de la naturaleza, surgen como consecuencia de la protección de sus propios intereses.

Uno de los enfoques utilitarista tiene su origen en pensadores de corte liberal como John Stuart Mill o Locke, que consideran al medio ambiente y a los recursos naturales en relación a la utilidad que de ellos puede obtener el hombre, para satisfacer sus requerimientos o necesidades.

Sin embargo esta posición ha evolucionado con el tiempo, ante las muestras y secuelas dejadas por la actividad antrópica sobre el medio ambiente.

Se renueva la necesidad de un deber de tutela por parte del hombre, respecto al resto de los seres vivos que habitan el planeta, debido la responsabilidad que tiene el ser humano de ser el único ser racional, capaz de proteger o destruir el medio ambiente.

### **Enfoque de la sustentabilidad ecocéntrica:**

La visión ecocéntrica pone en un plano de igualdad al hombre con el resto de los seres que integran el planeta, teniendo una importancia fundamental los mecanismos del sistema ecológico y la interacción que la actividad antrópica ejerce sobre ellos.

La posición ecocéntrica extrema puede llevar a situaciones controvertidas con respecto a los derechos del hombre. Así por ejemplo “la asistencia humanitaria a comunidades azotadas por el hambre en el Sahel Africano, sería moralmente inaceptable, si la existencia de dichas comunidades fuera una causa de degradación ecológica. El bien de todo el sistema, quizá implique la disminución o

la eliminación de esas comunidades humanas hambrientas, como modo de recomponer el equilibrio ecológico del sistema”. JUAN RODRIGO WALSH, *Derecho ambiente y sustentabilidad*, La Ley, Buenos Aires, 2000.

Dentro de las posiciones ecocéntricas extremas encontramos aquellas que consideran que todas las especies por ser parte integrante de la naturaleza, poseen un valor intrínseco y están en un plano de igualdad. Para estos los minerales son susceptibles de valoración propia, en un plano de igualdad con los otros integrantes del planeta, incluido el hombre.

Como vemos esta es una reacción pendular de algunos científicos, frente a la posición antropocéntrica extrema.

Es la reacción a la que debemos estar prevenidos, porque significa un reduccionismo a un aspecto, de un problema mucho mas complejo, que escapa a la órbita de una sola ciencia, de allí la necesidad de interactuar, y lograr un estudio transdisciplinario de la sustentabilidad.

## **CONCLUSIÓN**

De acuerdo a lo expresado en la Agenda 21, en los países en desarrollo existen dificultades para la reunión y evaluación de datos que permitan ser utilizados como indicadores válidos de sustentabilidad. Además los indicadores no resultan ser del todo precisos, porque o son incorrectos o se aplican deficientemente.

Es necesario desarrollar indicadores de sustentabilidad, que mantengan interrelacionadas e integradas la dimensión biofísica, la dimensión social y la económica, de tal manera que permita construir una buena base, sobre la cual se puedan tomar decisiones en todos los niveles del desarrollo sustentable.

Además de ello se debe tener en cuenta que habrán indicadores que pueden ser aplicados a nivel global de una misma manera, en todo lugar, sin embargo existen indicadores que pueden resultar inadecuados o insuficientes para medir la sustentabilidad en una determinada región.

Esto es debido a variados factores, uno de ellos es la dramática diferencia de bienestar que poseen los países del hemisferio norte, con respecto al hemisferio sur.

Los países desarrollados han alcanzado un nivel de bienestar satisfactorio, medido por los indicadores de consumo de calorías, salud, educación, niveles de ingreso, tiempo para el ocio, etc., que el resto del mundo no posee, y por lo tanto las necesidades y requerimiento de una sociedad desarrollada, es totalmente distinta a la necesidad y requerimiento de los países pobres. Los países desarrollados ya no tratan de satisfacer sus necesidades elementales, sino más bien de crear nuevas formas de consumo, por lo general superfluas, y de satisfacerlas con bienes y servicios de la mayor calidad y sofisticación posible.

En los países en desarrollo no se puede satisfacer muchas de las necesidades básicas de su población. La preocupación de estos gobiernos es lograr un crecimiento económico, que permita utilizar el sistema natural para acelerar el desarrollo y crecimiento económico, sin agotar sus recursos naturales, ni dañar el medio ambiente. Los países pobres se encuentran en una doble disyuntiva, por un lado, la urgente necesidad de superar la pobreza, en condiciones sumamente complicadas en un mundo globalizado, que impone condiciones desfavorables, para aquellos mercados débiles, como son los mercados de los países del tercer mundo. Y por el otro tratar de usar los recursos naturales sin degradar el medio ambiente.

A modo de ejemplo y a fin de graficar nuestra teoría sobre los indicadores de sustentabilidad, hemos tomado un indicador de

sustentabilidad de la actividad minera, aplicado en E.E.U.U. y Canadá, que es el plan de “cierre de minas”.

Es posible la aplicación de este plan, en países de América Latina, con la introducción de algunas modificaciones. Así están trabajando varios países de la región como Chile, que definen al cierre de minas, de la siguiente manera:

“El objetivo principal de la Ley de Cierre de Faenas Mineras es la prevención, minimización, y/o control de los riesgos y efectos negativos que se generen o continúen presentándose con posterioridad al cese de las operaciones de una faena o instalación minera, sobre la salud y seguridad de las personas y/o sobre el medio ambiente”.

El concepto de cierre de minas, es un concepto amplio, que involucra una serie de elementos, económicos, sociales y ambientales, que son tenidos en cuenta no tan solo para el momento de terminar la actividad, sino especialmente para todo el transcurso de la actividad minera, en una región determinada, con todas las variables que pueden llegar a afectarla.

El “cierre de minas” (mining closure) es una herramienta de sustentabilidad aplicado con mucho éxito en USA y Canadá, que permite internalizar el costo ambiental dentro de los costos operativos de la empresa, desde el comienzo del proyecto y en segundo lugar exige a la empresa garantías financieras adecuadas para asegurar el cumplimiento de este recaudo.

Esta herramienta de gestión minera, permite que la empresa y la comunidad, se relacionen de manera amigable, durante el tiempo que dure la explotación, para ello es importante que la empresa, tenga en cuenta que esa comunidad, debe ser sustentable a través del tiempo, incluso más allá del momento de cierre de la actividad, por agotamiento del mineral o por abandono de la explotación.

De allí que la empresa puede disponer que al cierre de la actividad, se desarrolle allí un parque temático, que permita otorgar una herramienta de subsistencia a la comunidad, convirtiendo a la mina en un centro turístico. Esta es tan solo una de las posibles alternativas, y presentada a modo de ejemplo, sobre el destino de la mina, una vez que esta finalice sus operaciones.

El plan de cierre de minas, debe contener una previsión económica de la actividad, que internalice los costos, ambientales y sociales.

Esto permitirá a la empresa hacer frente a las contingencias sociales y ambientales, que la actividad minera, puede llevar consigo. Al mismo tiempo, el Estado y el marco legal que impera en el territorio, debe permitir que la empresa desarrolle su actividad en las mejores condiciones de mercado.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BANCO MUNDIAL, *Informe sobre el desarrollo mundial 1999-2000: En el umbral del siglo XXI*, Banco Mundial - Mundi Prensa, Washington, 2000.
- BRUNDTLAND, GRO HARLEM, *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, Reino Unido, 1987.
- JORDANO FRAGA, J., *La protección del derecho a un medio ambiente adecuado*, Bosch, Barcelona, 1995
- JUAN RODRIGO WALSH, *Derecho ambiente y sustentabilidad*, La Ley, Buenos Aires, 2000
- JUNCEDA MORENO, J., *Minería, Medio Ambiente y ordenación del territorio*, Civitas, Madrid 2001.
- LOPEZ RAMON, F., *Estudios Jurídicos sobre Ordenación del Territorio*, Aranzadi, Pamplona, 1995.

- M. REDCLIFF Y D. GOODMAN, *Environment and development in Latin America, the politics of sustainability*, Issues in Environmental Politics, Manchester University Press, 1991
- MARTIN MATEO, R., *Tratado de Derecho Ambiental*, Trivium, Madrid, 1995
- MATEO MARTIN, R, *Nuevos instrumentos para la tutela ambiental*, Trivium, Madrid, 1994
- MAX WEBER. *El problema de la irracionalidad en las ciencias sociales*, Tecnos, 1985
- PAOLO BIFANI, *Desarrollo sostenible, población y pobreza: algunas reflexiones conceptuales*. En Educación ambiental y universidad, Universidad de Guadalajara, México, 1993.
- PAOLO BIFANI, *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. IEPALA, Madrid, 1999.
- QUINTANA LOPEZ, T., *La repercusión de las actividades mineras en el medio ambiente*, Montecorvo, Madrid, 1987.
- UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT 27/04/2000, *Agenda 21*.

## II. Mina

### Estudio de casos

---

## **MINERAÇÃO DE URÂNIO E ENERGIA: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ECONÔMICA E SOCIAL**

*Lamego, Fernando; Fernandes, Horst; Franklin, Mariza*

Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN)  
Av. Salvador Allende, s/n – Rio de Janeiro - RJ

---

### **O CONTEXTO ENERGÉTICO GLOBAL**

As projeções de aumento da demanda e produção de energia nas próximas décadas em função do crescimento populacional (8 bilhões de pessoas em 2020 e 9 bilhões em 2050), têm sido encaradas como os cenários mais prováveis, não sendo esperada nenhuma mudança radical. Nesse contexto observa-se uma rápida urbanização: em 2050 mais da metade da população da Terra estará vivendo nas grandes cidades, sendo que estima-se em 1,6 bilhões o contingente da população mundial que não terá acesso à energia elétrica (MAY, 1995). Isto mostra que sem um suprimento adequado de energia não será possível superar o ciclo vicioso de pobreza e consumo sem controle dos recursos naturais, como também será impossível melhorar os padrões de vida dos países em desenvolvimento. Cada vez mais toda a sociedade está percebendo o quão dependentes somos das fontes de energia disponíveis, assim como as conseqüências ambientais da estreita dependência dos combustíveis fósseis, que deverá continuar dominando o consumo energético global, pelo menos por mais algumas décadas.

A economia global não demonstra ser capaz de deter o aumento da demanda, visto que os processos macroeconômicos dominados pelos interesses de mercado não serão capazes de exercer, de maneira sustentável, uma ação regulatória eficiente sobre a relação entre oferta e demanda. Por outro lado, as fontes renováveis de energia são ainda encaradas como soluções domésticas ou locais, não

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*

podendo competir com as fontes convencionais de larga escala, exceto onde possam ser acompanhadas de fortes subsídios. Estima-se que as mesmas contribuirão com 5 e 10 % da oferta mundial, respectivamente em 2020 e 2050. Assim, existe uma lacuna de oferta de energia esperada para os próximos 30 anos após os quais pode-se esperar um alívio nas tensões devido a estabilização do crescimento populacional, aumento na eficiência do uso da energia e desenvolvimento de novas tecnologias (ROGHNER & KHAN, 1998).

## **O FUTURO DA ENERGIA NUCLEAR**

Atualmente alcança cerca de 18% da produção global de energia com 434 usinas nucleares em operação em 31 países, gerando um total de 2400 TWh de energia nucleoe elétrica e consumindo 60.000 toneladas de urânio por ano (OECD, 2000). Embora seu uso venha sendo questionado por países da CE, a grande maioria acredita que o papel da energia nuclear tenha que ser estabilizado com o objetivo de atingir-se futuras expansões. A Indústria Nuclear é relativamente jovem, por isso, alguns problemas têm que ser equacionados: segurança operacional de longo prazo; tratamento e disposição de rejeitos; o sentimento que é uma atividade envolvida com “segredos” inacessíveis e que não é democraticamente controlada. Assim, este futuro depende:

- # Tornar-se totalmente transparente;
- # Imparcialmente regulada e controlada;
- # Demonstrar ser segura e economicamente viável;
- # A disposição dos rejeitos deve ser resolvida adequadamente para garantir maior aceitabilidade.

### **Análise do Suprimento de Urânio até 2050**

A tabela 1 mostra as categorias de custos de produção atual de urânio, enquanto que as projeções de produção de Urânio de acordo com a demanda acumulada e os principais cenários de desenvolvimento econômico global e setorial podem ser vistas como se segue:

- 1) Cenário de baixa demanda: 3 390 000 (tU) com crescimento econômico médio e término da produção de energia nuclear até 2100;
- 2) Cenário de demanda média: 5 394 100 (tU) com crescimento econômico médio e crescimento sustentado mas modesto da energia nuclear;
- 3) Cenário de alta demanda 7 577 300 (tU) com grande crescimento econômico e significativo desenvolvimento da energia nuclear.

As reservas mundiais de Urânio podem ser classificadas quanto a origem (primárias e secundárias) e tipo de produção (monopólio ou mercado):

# Suprimento Primário: Lavra e Beneficiamento

A) Produção não baseada no mercado: CIS (Kazaquistão, Rússia, Ucrânia e Uzbesquistão); China e Programas Nacionais (Brasil, República Tcheca, França, Índia, Paquistão, Romênia e Espanha).

B) Produção baseada no mercado: (USA, Austrália, Canada).

# Suprimento Secundário: Excedentes, reprocessamento e *tailings*

A) HEU (“*Highly enriched uranium*”) excedente dos inventários de defesa (contribuição estimada em 249 500 tU no caso base), do inventário comercial detido pelos países ocidentais (projetado em 168 500 tU) e do inventário russo cujo fornecimento a partir do consumo de urânio natural e *low-enriched* com a flutuação dependendo do fornecimento de HEU (projetado em 47 000 tU).

- B) Mox (“*mixed oxide fuel*”) com consumo projetado para um crescimento até 2012, após o que o uso será estabilizado em 3600 tU até 2050 e RepU (“*Reprocessed uranium*”) com crescimento até 2016 após o que chega-se a um valor estável de 2500 tU até 2050.
- C) *Depleted Uranium (tails)*: O rebeneficiamento deste material tem o seu término previsto para 2011 após ter alcançado uma contribuição cumulativa total de 43 000 tU.

Em 1999 os suprimentos primários e secundários foram avaliados como atendendo respectivamente 58% e 42% das demandas de urânio pelos reatores de potência, enquanto que em 2025 é esperado que o suprimento primário possa cobrir 94% destas necessidades. Além disso, é projetado um crescimento no papel da produção baseada no mercado de 45% em 2000 para 86% em 2025, sendo que as reservas conhecidas são tidas como adequadas para cobrir cerca de 96% da produção baseada no mercado (IAEA, 2000). Entretanto, devido a distribuição das reservas e limitações na capacidade de produção, nem todas as reservas terão sido esgotadas até 2050, deixando por isso um déficit cumulativo entre a produção e a demanda de cerca de 850 000 tU.

**Tabela 1: Categorias de custo de produção de Urânio**

Categoria de Custo	\$/kg U	\$1b.U308
Baixo	< 34	< 13
Médio (baixo)	> 34-52	> 13-20
Médio (alto)	> 52-78	>20-30
Alto	> 78-130	> 30-50
Muito Alto	> 130	> 50

Fonte: IAEA/NEA Joint Report (1999)

Dependendo do cenário a ser observado, este déficit pode aumentar em até 3.5 vezes. O desafio para a indústria do urânio será o de descobrir depósitos grandes e de baixo custo para preencher o déficit previsto. Por outro lado, uma das principais ameaças é o fato de que as fontes secundárias de suprimento de urânio diminuíram os preços de mercado, desestimulando o desenvolvimento de novos projetos. O tempo de desenvolvimento de um novo projeto pode levar entre 15 a 20 anos. Nesse período o aumento do preço de mercado pode tornar possível o descobrimento de reservas de baixo custo. Além de se ajustar aos requerimentos do mercado globalizado, a indústria do urânio deverá também demonstrar que é capaz de produzi-lo de maneira ambientalmente aceitável.

## **MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A mineração é em primeiro lugar e acima de tudo um negócio de risco e altamente competitivo no qual as empresas buscam os melhores e mais viáveis depósitos minerais. O impacto do desenvolvimento da mineração sobre os sistemas sócio-econômico e político são bastante amplo, sendo suas implicações sentidas muito além do tocante ao desempenho do setor. No entanto, este desenvolvimento só poderá ser considerado sustentável se ao satisfazer seus requerimentos atuais não comprometer as necessidades de nossos filhos e futuras gerações. Igualmente, deve ser capaz de *internalizar* os custos sociais e ambientais de sua operação sem receber para isso qualquer tipo de subsídio direto ou indireto. A mineração só poderá almejar o desenvolvimento sustentável se os lucros obtidos através do empobrecimento dos recursos minerais forem continuamente reinvestidos em outras formas de desenvolvimento econômico e social de caráter sustentável, visto que a sustentabilidade não é um conceito de fácil aplicação para esses recursos não renováveis.

Nesse contexto, a indústria de mineração vem buscando em algumas iniciativas contribuir para a transição ao desenvolvimento sustentável. Uma das mais importantes é a GMI (“*The Global Mining Initiative*”) a qual foi lançada por um grupo de empresas de mineração, que têm como objetivo criar uma infra-estrutura industrial capaz de assistir ao empreendedor nesta tarefa. A iniciativa compreende também um processo de múltiplo engajamento das comunidades (“*stakeholders*”) em nível global e regional, identificando áreas críticas para a atuação da indústria, as quais começam a desenvolver uma postura pró-ativa em relação aos impactos relacionados as suas atividades.

As reservas de urânio são amplamente distribuídas ao redor da crosta terrestre e oceanos (abundância média de 2 ppm e 5 ppb, respectivamente), sendo que estas são aproveitadas economicamente por cerca de 20 países, dos quais os principais produtores são EUA, Canadá, Austrália, Níger, Namíbia, Federação Russa, Kazakstão, Uzbequistão, atingindo uma produção anual de 33.000 tU. A concentração requerida para o aproveitamento econômico depende primariamente do preço de mercado do urânio. Nos últimos anos, o valor do urânio do mercado tem sido severamente deprimido e somente depósitos de alto teor e baixo custo de produção têm continuado a ser processados (IAEA, 2000).

A mineração e beneficiamento de urânio usualmente envolvem o desmonte e remoção de grandes volumes de terra, podendo causar impactos nos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos. Assim, os impactos ambientais são potencialmente mais diversos e intensos que as outras etapas do ciclo do combustível nuclear. As duas principais vias através das quais a contaminação pode alcançar o meio ambiente, a partir das operações de mineração e beneficiamento de urânio são a atmosfera e as águas. O monitoramento dos ambientes potencialmente afetados deve ser realizado para garantir que os impactos sejam adequadamente

controlados dentro de limites permitidos. O mesmo inclui a amostragem do ar, solos, águas, plantas e animais da dieta humana.

Existem três principais tipos de rejeito resultante das operações de mineração e beneficiamento: rejeitos de lavra (estéril de mina), rejeitos do processo (“*tailings*”) e efluentes líquidos. Cada tipo de rejeito deve ser submetido a estratégias apropriadas de gerenciamento.

O estéril de mina consiste de fragmentos de rocha cujo teor de minério está abaixo de um determinado valor de corte, o qual é determinado pelo tipo de processo empregado no beneficiamento. Em condições gerais, este material é disposto em pilhas e não apresenta um alto risco de mobilização de poluentes. No entanto, em alguns casos as pilhas de estéril podem conter minerais de sulfeto (e.g. pirita), ou outras substâncias, que são lixiviadas pela água de percolação. A oxidação destes sulfetos é o processo que mais contribui para a formação de drenagens ácidas e conseqüente mobilização de metais do estéril de mina para o meio ambiente.

Os “*tailings*” são os rejeitos primários do processo. A mitigação dos problemas de longo prazo associados à mineração e beneficiamento de urânio só é possível através do efetivo isolamento dos radionuclídeos de longa meia-vida evitando, assim, que migrem rapidamente dos *tailings* para os sistemas de suporte da vida e cadeias alimentares, nos quais tem um tempo de residência extremamente longo. No passado, alguns operadores construíram depósitos de *tailings* em áreas, com pouca ou nenhuma preocupação quanto ao confinamento do material. Esta situação não é mais aceitável e, por isso, tem demandado o desenvolvimento de grandes projetos ambientais para avaliar, estabilizar e proceder ao descomissionamento desses sítios. Atualmente a opção preferida de disposição, quando possível, é o retorno dos *tailings* à cava onde o minério foi lavrado (OECD, 1999). Assim, o gerenciamento dos

*tailings* durante a operação e após o descomissionamento da instalação limita o impacto ambiental de longo prazo.

Efluentes líquidos das operações de lavra e beneficiamento de urânio que não são reciclados ao processo, precisam ser confinados na área ou tratados antes de serem liberados no ambiente. Padrões de concentração máxima têm sido estabelecidos para poluentes específicos nos efluentes. Geralmente, o rádio (produto de decaimento do urânio) é o poluente radioativo mais crítico para determinar se as águas tratadas estão dentro dos limites permitidos de liberação para o meio ambiente, apesar de ser de remoção relativamente fácil quando é utilizada a tecnologia apropriada (OECD, 2002). No entanto, existem vários outros elementos traço não radioativos que podem ser bem mais críticos para liberação de efluentes que qualquer radionuclídeo.

O setor de mineração de urânio acredita ter se movido, em nível global, na direção do desenvolvimento sustentável, visto que o impacto de projetos atuais e futuros tem sido mitigado. Atualmente, a implementação das melhores práticas disponíveis para o planejamento, operação e fechamento de instalações de produção de urânio têm resultado em efetiva redução de impactos ambientais. Assim, as futuras gerações serão capazes de usar grande parte das áreas descomissionadas para algumas de suas necessidades. A análise comparativa com outras fontes de energia revela que os impactos causados pela produção de urânio estão entre os menores na relação custo/benefício. Além disso, deve-se acrescentar que a mineração de urânio, em conjunto com a geração de energia nucleoe elétrica, libera menor quantidade de gases estufa que contribuem para o aquecimento global e outros problemas ambientais (e.g. chuvas ácidas, emissão de aerossóis/fuligem, contaminação de aquíferos com hidrocarbonetos) se comparada à mineração e queima de combustíveis fósseis.

Desta forma, pode-se concluir que o desenvolvimento atual da energia nuclear permite que a mesma seja considerada uma forma

de tecnologia apropriada para o desenvolvimento sustentável, pois tem suprido as atuais demandas globais de energia sem comprometer a habilidade das futuras gerações de buscarem suas próprias necessidades. A condução responsável de um sistema de gestão ambiental e remediação de sítios é indispensável para que o setor continue a caminhar em busca da sustentabilidade.

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Para conceber o gerenciamento da energia nuclear dentro de uma perspectiva de sustentabilidade é necessário reconhecer suas características em termos de impactos ambientais, econômicos e sociais, positivos ou negativos, os quais permitirão avaliar os cenários nos quais a mesma poderá contribuir para alcançar as metas do desenvolvimento sustentável global. Ao se inserir o conceito de sustentabilidade como paradigma do gerenciamento, é preciso ter em mente que quando se projeta um empreendimento privado, há que se preverem os efeitos colaterais produzidos, denominados externalidades. São os efeitos da produção de bens e serviços sobre outras pessoas que não aquelas que estão diretamente comprando, vendendo ou usando os bens em questão. As externalidades referem-se ao fato de que a produção de males não passa através do sistema de mercado.

Existe uma grande variedade de indicadores, abrangendo os mais diversos temas, que podem ser utilizados para avaliar o comprometimento com o desenvolvimento sustentável. Deve-se selecionar os mais adequados para cada tipo de atividade e impacto associado, procurando agregá-los em unidades apropriadas, identificando os mais importantes e focalizando-os prioritariamente. Os indicadores devem ser usados basicamente com propósitos comparativos como, por exemplo, no contexto da tomada de decisão quanto à geração de eletricidade, uma vez que as demandas da mesma são mais bem entendidas através da perspectiva de desenvolvimento

sustentável. A tabela 2 apresenta uma lista de indicadores relevantes para energia nuclear estruturada nas suas dimensões econômica, social e ambiental.

O reconhecimento de indicadores genéricos para a energia é uma tarefa que demandará bastante tempo e, por isso, o setor nuclear optou pela identificação de indicadores chave, que serão quantificados para avaliar as principais estratégias de desenvolvimento sustentável.

**Tabela 2: Lista de indicadores de desenvolvimento sustentável (energia nuclear)**

<b>Indicadores Econômicos</b>	<b>Indicadores Ambientais</b>	<b>Indicadores Sociais</b>
Valoração dos custos: # capital (\$/kWe) # marginal (\$/kWh) # externos (\$/kWh)  Taxa de desconto (\$/\$)	Manejo de rejeitos/efluentes*: # sólidos # líquidos # gasosos *volume (m <sup>3</sup> /kWh) e atividade (Bq/kWh) Manejo de recursos naturais: # renováveis (\$/kWh) # não-renováveis (\$/kWh) Consumo de combustível em reatores de potência (tU/kWh)	Dose nos membros do público (Sv/kWh) Saúde pública (\$/kWh)  Emprego (nº/kWh)  Educação (nº cursos)  Inovação/Melhoria Tecnológica (patente/kWh)

### **Dimensão Econômica**

Buscar indicadores comuns para valoração de recursos naturais e humanos, como ar, água, ecossistemas ou instituições, participação popular, acesso a informação, não é uma tarefa fácil,

pois os métodos econômicos não apreendem o real significado para a sociedade destes bens e serviços, que não têm qualquer similar no mercado atual. Assim, o objetivo da valoração é levar em conta esses fatores no processo tomada de decisão, tornando-o mais transparente. O uso de unidade comum ou de pequena lista de indicadores, força o exame dos diferentes impactos dentro de uma mesma estrutura. As decisões passam, então, a ser tomadas de modo mais coerente e sistemático, esperando-se que as mesmas possam levar a um melhor resultado geral. As unidades monetárias são adequadas, pois já funcionam onde o mercado existe de fato, possuindo a vantagem de refletir preferências reais e produzir uma base utilizável para a estender aos indicadores que não fazem parte dos itens tradicionais de mercado. A valoração dos impactos é um meio de internalizar os custos de eventuais externalidades provocadas pela geração de energia nuclear e aumentar a eficiência dos mecanismos de mercado para o suporte do desenvolvimento sustentável. No contexto da mineração, está cada vez mais claro que quando os custos ambientais e sociais da atividade não são internalizados, os mesmos são impostos a comunidade local. Assim, um indicador de desenvolvimento econômico sustentável para o setor é a capacidade de internalizar seus custos sem receber qualquer subsídio direto ou indireto. Além disso, no caso da mineração ser o único projeto de desenvolvimento econômico de uma determinada região, como frequentemente ocorre em países em desenvolvimento, a mesma deve ser planejada para suportar tanto a lucratividade das operações da empresa quanto o desenvolvimento sustentável da comunidade.

A taxa de desconto é um indicador que mede o quão é mais valorizado o presente em relação ao futuro. Uma taxa de desconto igual a zero implica que o presente e o futuro são igualmente valorizados, enquanto que altas taxas representam uma forte preferência pelo presente. Estimativas de custo que servem de base para a tomada de decisão dependem fortemente da taxa de desconto utilizada. Taxas pequenas aumentam a competitividade de

tecnologias de capital intensivo tais como carvão e energia nuclear. O desenvolvimento sustentável nos leva a consciência de que todas as atividades têm implicações de longo prazo e devem ser gerenciadas voltando-as para o futuro.

A energia nuclear é caracterizada por elevados custos de capital e baixos custos marginais na geração de energia. O custo do minério de urânio (combustível nuclear) – ao contrário dos combustíveis fósseis – constitui apenas uma pequena percentagem do custo total de geração de eletricidade a partir da energia nuclear e, portanto, mesmo um significativo aumento no preço do mesmo não teria muito impacto sobre o custo da energia nucleoe elétrica. Considerando cenários com uma taxa de desconto entre 5 e 10 %, é possível assumir que a energia nuclear continuará competindo favoravelmente com outras alternativas de geração de energia (ROGNER & KHAN, 1998)

As responsabilidades financeiras futuras associadas ao descomissionamento de instalações e disposição de rejeitos podem requerer subsídios se as provisões adequadas não forem fixadas a parte pela indústria nuclear. Desde que o descomissionamento e a disposição final dos rejeitos irão ocorrer após o encerramento da geração de eletricidade, o agente econômico responsável pela instalação e seu rejeito pode não mais existir, quando os fundos forem necessários.

### **Dimensão Social**

Compreende o capital humano sob forma de conhecimento, educação e oportunidades de emprego, saúde e bem-estar humano, equidade e participação, assim como o capital social sob forma de instituições, leis, regulação e coesão social. Nesse contexto, o desafio da energia nuclear se dá em termos de aceitação pública e diferentes percepções de riscos e benefícios.

O capital humano da energia nuclear é composto de uma força de trabalho altamente qualificada, a qual é essencial para o planejamento, construção e operação de complexas instalações do ciclo do combustível, incluindo mineração de urânio, gerenciamento de rejeitos radioativos, atividades de P&D e regulatória. Este capital intelectual representa um benefício para as próximas gerações, o qual foi o suporte básico para o desenvolvimento da energia nuclear no século XX. A renovação deste capital humano e a manutenção da capacidade de realizar P&D na área nuclear e correlatas, assegurarão a continuidade do desenvolvimento científico e tecnológico do ciclo do combustível, com oportunidades para inovação.

Inovações tecnológicas em produtos e processos podem representar etapas em direção ao desenvolvimento sustentável, visto que elas procuram estender a base de recursos disponíveis, criando novas categorias e encontrando novas e mais eficientes formas de usar as matérias primas. Igualmente, projetos de P&D podem reduzir incertezas através do conhecimento científico de tecnologias e seus impactos. Os governos nacionais podem contribuir para o sucesso das inovações através de incentivos ao desenvolvimento da infraestrutura industrial básica necessária para ajudar a iniciativa privada a investir nessa atividade de risco. A capacidade de desenvolver inovações na área de geração de energia irá determinar o impacto do setor nas metas econômicas, sociais e ambientais. A tabela 3 mostra algumas melhorias tecnológicas alcançadas em etapas da mineração de urânio. Por outro lado, em alguns casos os impactos gerados podem ser tão amplos que tornem os seus benefícios globais futuros de difícil aceitação pela sociedade, pois certas inovações podem tornar-se verdadeiros experimentos abertos com a biosfera.

**Tabela 3: Melhorias tecnológicas nas diferentes etapas da produção de urânio**

<b>Etapas da mineração de urânio</b>	<b>Melhoria tecnológica</b>
Lavra Subterrânea	Controle Remoto das Operações; Concretagem em baixas temperaturas; Construções de Pilhas de Estéreis; Congelamento do minério ( <i>'Frozen Ore'</i> ) Sondas de prova ( <i>'Borehole mining'</i> )
Lavra a céu aberto	Caminhões e Retro-escavadeiras de Grande Porte; Alimentação Elétrica de veículos (redução nas emissões de gases de combustão)
Lixiviação <i>in situ</i> (ISL)	Instrumentação com uso de sistemas automatizados Sondagens Direcionais; Poços Horizontais
Beneficiamento	Sorteamento radiométrico; Uso de filtros; Otimização do desenho das usinas
Disposição de tailings	Disposição na Própria Cava; <i>"Paste Disposal"</i> : Eliminação da água
Reabilitação e Descomissionamento de Áreas Degradadas com especial ênfase em águas subterrâneas	Imobilização de íons metálicos com redutores; Osmose Reversa; Barreiras Geoquímicas; Bioremediação

A regulação da mineração é uma função central dos governos para garantir saúde e segurança a população. Isto implica a aplicação imediata do princípio da precaução na análise dos projetos, mas tendo sempre em mente o desafio de não inibir os efeitos benéficos da

inovação, possibilitando ao empreendedor encaminhar da melhor maneira possível os impactos gerados e posicionando-se como parceiro na busca de soluções para o desenvolvimento do país. No entanto, a atividade regulatória tende a se fragmentar em agências e legislações separadas para lidar com os diferentes riscos, como por exemplo: substâncias tóxicas, radiação, fenômenos naturais, crime, doenças, etc. Reguladores focalizam só as próprias responsabilidades específicas, diminuindo a efetividade da atividade regulatória. A integração da atividade regulatória inclui a facilitação do diálogo multistitucional, na busca de um consenso que promova a coexistência da população local com o setor de mineração. A consulta e o respeito aos valores sociais da comunidade é extremamente crítica para o estabelecimento de uma ponte que possa promover a aceitação mútua dos mesmos. O governo, enquanto agente regulador e promotor do desenvolvimento sustentável, tem o dever de estimular o reinvestimento de parcelas do lucro obtido pelo setor em projetos sociais que representem efetivamente o anseio dos interessados.

### **Dimensão Ambiental**

Os indicadores centrais para a dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável incluem critérios relacionados ao manejo de recursos naturais, mudança climática, qualidade do ar e águas, biodiversidade e ecologia de paisagens. A eficiência no uso do recurso é um indicador chave do desenvolvimento sustentável do setor de energia. Plantas nucleares da atual geração geram até 10.000 vezes mais energia por unidade de massa de urânio que qualquer outra tecnologia possa alcançar com combustíveis fósseis ou renováveis (OECD, 1999). As reservas de urânio não têm outro uso significativo além da produção de energia nuclear. Assim, a produção de energia a partir do mesmo estende a base global de recursos disponíveis para o uso humano, permitindo o uso de outras fontes onde estas são mais efetivas.

A possibilidade de contaminação com elementos radioativos disseminados das instalações de mineração e beneficiamento de urânio para o meio ambiente tem sido estudada e controlada através dos procedimentos de proteção radiológica. Três princípios formam a estrutura conceitual para proteção no que diz respeito a práticas que envolvem exposição à radiação: 1) Justificação da atividade em termos de um benefício líquido para sociedade; 2) Limitação da dose individual dentro dos valores permitidos e 3) Otimização que significa manter as doses tão baixas quanto razoavelmente alcançável (ALARA) levando em consideração fatores econômicos e sociais. Os limites de dose recomendados para essas atividades são 1 e 20mSv/ano, respectivamente para membros do público e trabalhadores. Esses limites podem ser comparados com os valores de 3mSv/ano para dose média da radiação de fundo (litosfera + cósmica), registrando-se uma ampla variação do mesmo que pode alcançar até 10mSv/ano em determinados sítios de radiação natural elevada. Nenhum efeito sobre a saúde foi até agora observado nesses casos.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- May, P.H. Economia ecológica. Aplicações no Brasil. Ed. Campos. 179p. 1995
- Rogner, H-H & Khan, A. Comparing energy options. The interagency decades project. IAEA Bulletin, 40(1): 1-5, 1998.
- IAEA, Uranium 1999: Resources, Production and Demand. 340p. 2000.
- OECD, Environmental activities in uranium mining and milling, 173p. 1999.
- OECD, Nuclear energy in a sustainable development perspective. 59p. 2000.
- OECD, Environmental remediation of uranium production facilities. 323p. 2002.

**INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD Y DE DESEMPEÑO  
SOCIOAMBIENTAL PARA DOS GRUPOS DE USUARIOS  
MINEROS EN COLOMBIA**

*Elkin Vargas Pimiento*

Ingeniero de Minas y Metalurgia, Ms. Ciencias Económicas  
Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia

---

**RESUMEN**

Actualmente las compañías mineras están sometidas a fuertes presiones provenientes de organizaciones como grupos ambientales, agencias multilaterales, gobiernos nacionales, asociaciones mineras y medios de comunicación internacionales, para que de cumplimiento a las “buenas prácticas ambientales” y que además deben enfrentar nuevos e importantes retos impuestos por la explotación de depósitos cada vez más con menores tenores, mayor profundidad y dificultad. Es por tanto recomendable, que la industria minera adopte la filosofía del la sostenibilidad como su principal meta para la planeación estratégica.

Aun conceptualmente, los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible plantean numerosos problemas, pero ninguno tan limitante como la ausencia de medidas operativas mediante las cuales estos conceptos puedan ser implementados y hechos operativos en un determinado proyecto.

Este artículo busca mostrar la contribución que tiene el desarrollo de indicadores de sostenibilidad y desempeño ambiental y social en el logro del desarrollo sostenible. Esto es especialmente importante en Colombia que ha adoptado un modelo de desarrollo sostenible y en donde el sector minero ha liderado las exportaciones y la economía, pero también ha sido responsable de grandes daños ambientales e importantes conflictos sociales. Este trabajo trata

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

además de integrar los conceptos de equidad intergeneracional, mejoramiento de la calidad de vida de la generación actual, mantenimiento de la base de recursos (renovables y no renovables) más que mantenimiento del stock individual o agregado de recursos. Esta investigación también destaca la existencia de tecnologías y metodologías, por ejemplo aquellas recomendadas por la Agencia Federal Ambiental de Alemania para diseñar juegos integrados de indicadores biofísicos, económicos y sociales, incluyendo los indicadores tradicionales 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 seguimiento de avance, tal como lo señala Alyson Warhurst (1997) en el Programa de Investigación sobre Minería y Ambiente de la Universidad de Bath. Esta aproximación y metodología está siendo aplicada a dos tipos de usuarios mineros en Colombia: la extracción de gravas y arenas en las llanuras aluviales del río Medellín y la explotación de carbón en la cuenca carbonífera de Antioquia.

## **1. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD**

Para interpretar el significado de la sostenibilidad en la industria extractiva surgen algunas preguntas clave: ¿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? ¿Son compatibles las actividades mineras con el desarrollo sostenible?

A pesar de que los interrogantes planteados son válidos y que las respuestas son escasas, el concepto de indicadores se constituye en una herramienta útil 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?

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, 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.

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.

Las 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, y objetivos derivados y medidas. La Federal Environment Agency, 1997, recomienda que en el proceso de establecimiento de un sistema de indicadores sean considerados los siguientes principios básicos: comparabilidad, orientación por objetivos, balance, continuidad, oportunidad y claridad.

Los indicadores ambientales generalmente están relacionados con cantidades (medidas físicas), pero se pueden desarrollar simultáneamente indicadores relativos a los costos, debido a los 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 las consultas a las empresas objeto de este estudio, las cuales carecen de información sobre el volumen de estériles que han extraído de las minas por cada tonelada de mineral producido, aunque algunas, sí 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.

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 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 y todos aquellos parámetros relacionados con la prolongación de la vida útil del yacimiento. Para todos los tipos de usuarios y por tanto en todas las clases de minas y actividades extractivas y en el marco económico de que la minería es un uso temporal del suelo, los indicadores sobre la calidad de la restauración ambiental de las áreas afectadas por la minería van a ser de gran ayuda para garantizar una función de utilidad o bienestar social no declinante.

## **2. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO**

Se toma como modelo económico guía para este trabajo el modelo general “Stocks y Flujos Ambientales y Económicos” (Pezzey, 1992), que contempla tanto acumulación de capital como el flujo de recursos naturales y ambientales en la obtención de productos (vía una función de producción Cobb-Douglas), en el que los servicios ambientales o productividad ambiental se combinan con el agotamiento de recursos óptimo para la empresa privada cuidando que sus resultados no signifiquen tasas de agotamiento de recursos excesivas socialmente y por tanto baja sostenibilidad. Esto último teniendo en cuenta que en Colombia los recursos no renovables pertenecen al Estado y éste le concede su explotación a los particulares para el beneficio de toda la población. Por tanto, el

modelo trata de integrar la equidad intergeneracional, el mejoramiento del bienestar social de la generación actual y el mantenimiento de la base total de recursos (renovables y no renovables) más que los stocks físicos de recursos individuales o agregados.

La base para la correcta selección de juegos integrados de indicadores con aplicación a las empresas mineras en general es la caracterización de su entorno tecnológico, ecológico, social, cultural, legal y financiero. Es decir la determinación de un punto de partida desde el cual sea posible mejorar el desempeño empresarial a través de una gestión hacia la sostenibilidad. Para tal caracterización, se propone interrelacionar las metodologías por áreas del saber y lograr un procedimiento transdisciplinario sin traslapes ni redundancias. Los datos requeridos para la caracterización técnica de los procesos de exploración, extracción, beneficio y transformación se enuncian a continuación, de acuerdo con una propuesta inicial elaborada por el grupo semilla de investigación: Economía ecológica y ambiental de la Universidad Nacional, Sede de Medellín.

## **2.1. Compendio de la caracterización técnica: procesos de exploración, extracción y beneficio**

### 2.1.1. Los datos específicos

En primer término está el grado de conocimiento que se tiene del yacimiento para ajustar correctamente los estudios técnicos y las operaciones extractivas: resultados de trabajos geológicos de superficie, de reconocimientos geofísicos y de sondeos; hipótesis metalogénicas y datos sobre su verificación; construcción del modelo de mineralización, forma y dimensiones del depósito a explotar, tenor medio o calidad del mineral, reservas planificables, métodos de muestreo, de análisis y de cálculo utilizados, el tenor de corte; las relaciones mineral-estéril, las reservas explotables, el ritmo de explotación y vida de la mina.

Con el yacimiento identificado, se procede a obtener los datos técnicos relacionados con la explotación y el beneficio o tratamiento del mineral: método de explotación: restricciones geométricas, geotécnicas, ecológicas y económicas; verificaciones de mecánica de rocas, perforabilidad, arranque, distribución granulométrica; operaciones unitarias, equipos y resultados; composición mineralógica del mineral extraído (proporción volumétrica o ponderada de los minerales presentes); variabilidad de la composición mineralógica, composición química de los minerales, asociaciones, textura de las rocas y grados de liberación; métodos de separación o clasificación, trituración y molienda, equipos y resultados; descripción del sitio de la planta; aprovisionamientos de energía y de agua; descripción del sitio para disposición de estériles y tratamiento de desechos; el transporte de mineral, de insumos, de productos, equipos y resultados; cantidad y grado de capacitación de personal.

Los anteriores datos técnicos deben permitir la determinación de los datos económicos de la operación: inversiones, costos operatorios, ingresos, rentabilidad, análisis de sensibilidad y riesgo, efectos económicos de conjunto (desde la perspectiva ya no de la empresa sino de la comunidad), influencia de los parámetros macroeconómicos: tasa de inflación, tasa de interés, tasa de cambio, régimen tributario y otros datos de interés.

#### 2.1.2. La Sostenibilidad de la Operación Minera:

La prolongación de la vida útil del yacimiento, que además del incremento de las reservas por exploración es función de las variables: recuperación, pérdidas de mineral y dilución.

Los efectos en el medio ambiente de las actividades genéricas de los grupos de usuarios analizados son para la minería de agregados pétreos de origen aluvial, la destrucción y alteración de la vegetación y de los patrones de drenaje natural, cambio en la utilización del suelo en el área de la mina, erosión de zonas destapadas, acumulaciones de suelo y de estratos excavados que generan

sedimentación y contaminación, posibilidad de drenaje ácido, polvo, ruido y vibraciones. En la minería subterránea de carbón los efectos son: pilas de materiales en superficie con erosión potencial y sedimentación y acidificación de las corrientes de agua, posibilidad de combustión de las pilas, el drenaje por la remoción de minerales solubles, subsidencia, emisión de gases, generación de polvos, consumo de madera y energéticos, desprendimiento de rocas, y disposición inadecuada de estériles.

## **2.2. Caracterización de los aspectos bio-ecológicos**

Para el estudio de caracterización se parte de considerar como categoría de análisis: “la base de recursos biológicos”. Para ello se tiene un elemento principal y tres sustratos que hacen posible ese elemento. El primero es la biodiversidad y los segundos: suelo, medible en su erosión y cambios físico químicos; agua, medible en los cambios en niveles de caudal y modificaciones físico-químicas; aire, medible en cuanto a cambios en partículas en suspensión, físico química de estas partículas y gases tóxicos (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> etc.).<sup>1</sup>

## **2.3. Caracterización social y cultural**

Se debe conocer, evaluar y comparar la situación antes, durante y después de la explotación. Sobre la historia de la zona se requiere: situar la minería en el proceso de desarrollo de la zona, evaluar los cambios sociales y culturales, condiciones de vida, población por sexo, edad y localización en relación con los asentamientos humanos y los sitios de explotación, tasas de crecimiento incluyendo las inducidas por la actividad minera, nivel educativo y capacitación para el empleo en minería, condiciones de salud, ocupación y niveles de vinculación de la población a las

---

<sup>1</sup> Aunque la definición de biodiversidad que adoptó la Conferencia Mundial de Río 92 fue la “variabilidad de los organismos vivos de cualquier origen” ésta no se tendrá en cuenta por la dificultad de cuantificarla, en tanto se plantea el problema de la evolución biológica. Se recurre a la idea tradicional de biodiversidad, es decir al número de especies vivas en un área y tiempo determinado.

actividades mineras y cambios introducidos con la minería, niveles de ingresos, calidad de vida y recreación. En cuanto a infraestructura son datos requeridos: infraestructura para la educación, la cultura, la salud y la recreación y el deporte. Sobre las organizaciones comunitarias y locales se requieren los siguientes datos: organizaciones locales, su papel y sus campos de acción en los tres tiempos considerados, experiencia en los procesos participativos, interacción con los responsables de la administración municipal y con la empresa responsable de la explotación minera.

Hay que saber quiénes son los actores comprometidos en el proceso de explotación, los presentes en la zona (diferentes de las organizaciones locales) antes y después de la explotación, sus integrantes y su papel, se deben conocer los conflictos tradicionales en la zona, los que aparecen con el proceso de explotación, su desarrollo y su proceso de resolución, y preguntarse cómo se articulan a otros conflictos en la zona. Finalmente, necesitamos saber los valores compartidos por la población, como han evolucionado los valores tradicionales con la explotación minera, cuáles han sido los cambios, cuál es el sentido de pertenencia de la población a la zona, especialmente de la migrante, qué ha cambiado con la actividad minera, y cómo se ha modificado el patrimonio cultural, ambiental, paisajístico, histórico, arqueológico y arquitectónico por la explotación minera.

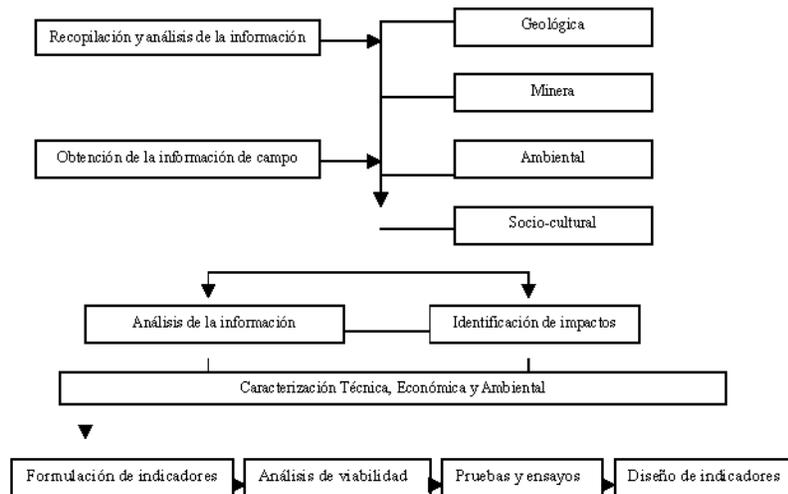
#### **2.4. Caracterización de los aspectos legales**

Determinar las características de quién está realizando la explotación minera y su grado de formalización requiere conocer la estructura legal de la empresa, clase de sociedad, objeto social, domicilio y socios. En cuanto a estructura administrativa hay que conocer al representante de la sociedad en el área de explotación, departamento o persona encargada de las relaciones con la comunidad y con las autoridades públicas, los órganos sociales y sus miembros, al jefe de personal, a los trabajadores y su calificación,

sindicatos, sistema de seguridad social, escala salarial, reglamento interno de trabajo, normas de seguridad industrial, estadísticas de accidentalidad, programas de salud ocupacional, informes en los distintos niveles de la empresa y la información para los trabajadores.

En aspectos legales mineros y ambientales es necesario conocer títulos mineros y su vigencia, clase y tamaño de la explotación, informes, pago de regalías, controles de la autoridad minera a las actividades que se desarrollan, autorizaciones ambientales y vigencia, compromiso de la empresa en el cumplimiento de las normas ambientales y en su seguimiento.

## 2.5. La metodología del estudio



**Figura 1: Esquema de la metodología del estudio**

### 3. LA EXTRACCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS

#### 3.1. Geología local

El paso del río Medellín y sus afluentes ha provocado depositación de los materiales transportados, los cuales, además de conformar una llanura aluvial larga y estrecha, han formado varios niveles de terrazas que alcanzan a tener alturas entre 2 y 25 m con respecto al nivel actual del río (Lema, Wolf, 1986). La llanura aluvial se encuentra formada por rocas ígneas profundamente meteorizadas, sobre suelos residuales de carácter limo-arenoso y limo-arcilloso y por rocas metamórficas de fácil meteorización y depósitos no consolidados, compuestos por arenas y gravas. En los cantos rodados que se encuentran en la llanura del río se pueden identificar cuarzos, anfibolitas, dunitas o serpentinitas, gneisses y rocas verdes o espilitas (GIA, 1999).

La llanura de inundación está localizada a ambos lados del río, exceptuando las zonas donde hay cambios fuertes de pendientes. El perfil estratigráfico típico de la llanura es el siguiente (Lema, Wolf, 1986): De 0-2 m: Material limo arcilloso de color gris a verde claro, con material orgánico post-colonización hasta la base. Posee una capa orgánica pobre, entre 1-5 cm lo cual refleja una llanura de inundación activa; de 2 a 4-5 m: Los primeros 0.4 m están caracterizados por gravas pardo grisosas, poco consolidadas, en una matriz areno-arcillosa hasta un 30%. Los cantos son redondeados con un tamaño máximo de 0.15 a 0.2 m. La subyace una capa de gravas gris claro a oscuro más consolidadas imbricadas, con menor porcentaje de arena en la matriz. De los 4-5 hasta ¿? Hay capas de arenas, arcillas y materia orgánica. Capas de arenas de colores pardo amarillentas, negras, verde. Muchas veces inclinadas.

#### 3.2. Procesos de extracción y beneficio de agregados pétreos aluviales

La minería que se practica en la zona aluvial del río corresponde a explotación del material pétreo a cielo abierto, con

niveles de producción anual que oscilan entre los 130.000 y 300.000 m<sup>3</sup> de material, para la cual se hace necesario introducir la mecanización de las actividades, que permitan altos niveles de rendimiento y eficiencia en la producción y buen manejo del recurso minero y del suelo.

**Tabla 1: Identificación de Impactos Ambientales Producidos por la Extracción de Material Pétreo<sup>2</sup>**

OPERACIONES ACTIVIDAD MINERA		Descapote	Arranque	Cargue y Transporte	Acopio	Beneficio	Cierre
Recurso minero			●				○
Suelo		●			○		
Agua	Superficial					●	
	Subterránea		●				
Vegetación		●			●		
Atmósfera		○	●	●	○	○	○
Fauna		●	○	○	○	○	○
Paisaje y Morfología		●	●		●		●
Infraestructura civil				●			
Salud de los trabajadores			●	○	○	●	
Socio económicos			○	○		○	
● Alteración importante ○ Alteración moderadamente importante ○ Alteración poco importante							

<sup>2</sup> Diaz, Gerardo y Velásquez, Aníbal. Proyecto dirigido de grado en Ingeniería de Minas y Metalurgia, Facultad de Minas, U.N., Medellín, 2002.

**Tabla 2. Operaciones mineras y corrientes residuales del proceso de extracción de gravas y arenas<sup>3</sup>**

ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS
Energía Combustible	→ Descapote	→ <b>Emisiones atmosféricas:</b> Polvo y gases de combustión; <b>Residuos Sólidos:</b> Material estéril y cobertura vegetal; <b>Ruido</b>
Energía Explosivos (ocasional) Combustible	→ Arranque	→ <b>Emisiones atmosféricas:</b> Polvo y gases de combustión; <b>Ruido</b>
Energía Combustible	→ Cargue y Transporte	→ <b>Emisiones atmosféricas:</b> Polvo y gases de combustión; <b>Ruido</b>
Combustible	→ Acopio	→ <b>Emisiones atmosféricas:</b> Polvo y gases de combustión; <b>Ruido</b>
Energía Agua	→ Beneficio	→ <b>Emisiones atmosféricas:</b> Polvo; <b>Residuos sólidos:</b> Lodos provenientes de planta; <b>Aguas residuales; Ruido</b>
Combustible, Escombros, Lodos, Material Estéril	→ Rellenos	→ <b>Emisiones atmosféricas:</b> Polvo y gases de combustión; <b>Ruido</b>

<sup>3</sup> íbidem.

### **3.3. Calificación de impactos**

#### 3.3.1 Criterios para la calificación de los impactos:

*Carácter genérico del impacto:* los efectos se clasifican según el carácter adverso o favorable.

*Incidencia:* se califica el carácter directo o indirecto del impacto sobre los factores del medio social, económico y ambiental.

*Proyección en el tiempo:* se refiere al tiempo que puede durar el impacto, pudiendo ser temporal o permanente.

*Proyección espacial:* indica el alcance potencial del efecto, el cual puede ser localizado o extensivo.

*Proximidad a la fuente:* cercanía entre el sitio del proyecto minero y el lugar donde se siente el impacto.

*Reversibilidad:* se refiere a la posibilidad de retornar a la situación inicial sin la intervención humana. El impacto puede ser reversible o irreversible.

*Recuperabilidad:* se refiere al caso anterior, pero con la posibilidad de tomar medidas correctivas viables que permitan recuperar las condiciones iniciales (recuperable) o no (irrecuperable). Se pueden realizar prácticas que compensen y mitiguen las condiciones del impacto.

*Probabilidad:* se refiere a la probabilidad o riesgo de presentarse el impacto. Puede ser alta, media o baja.

*Valoración:* dependiendo de las características del impacto y si se toman medida correctoras por parte de las empresas, se resume la valoración global de las acciones mineras con el fin de determinar el grado de cambio que producen sobre el componente ambiental afectado. Se emplean los siguientes grados de valoración: compatible, moderado y severo. En la tabla se observa la calificación y evaluación de los impactos.

3.3.2 Matriz de identificación de impactos según (ETSI de Minas de Madrid, 1994)

	Características de los impactos												Probabilidad de ocurrencia			Valoración					
	Favorable	Adverso	Direto	Indirecto	Temporal	Permanente	Localizado	Extensivo	Próximo a la fuente	Alcance de la fuente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Alta	Media	Despreciable	Compatible	Moderado	Severo	
<b>IMPACTOS</b>																					
Material particulado		❖																			
Ruido		❖			❖																
Contaminación de aguas		❖																			
Pérdida de vegetación		❖																			
Impacto sobre la fauna		❖																			
Pérdida de suelo		❖																			
Inestabilidad de taludes		❖																			
Morfología y paisaje		❖																			
Pérdida de recurso número		❖																			
Infraestructura				❖																	
Socioeconómico	❖																				

3.3.3. Mitigación de impactos

Aunque en la matriz de impactos se reflejan efectos adversos sobre el medio, las empresas ubicadas en el margen del río toman

medidas correctivas para mitigar o prevenir la mayoría de estos. De acuerdo con la evaluación de campo realizada por Díaz y Velásquez (2002), tales medidas se pueden resumir así:

Relleno de espacios explotados: Realizados en forma técnica y económica para recuperar los niveles originales y permitir un nuevo uso de estas áreas, como el de construcción de bodegas industriales. El material de lleno proviene de trabajos de descapote, lodos del beneficio, lentes arcillosos de la explotación y escombros.

#### Programas de reforestación

Para establecer barreras protectoras (rompeviento) que permiten controlar el transporte del material particulado por las corrientes de aire y mejorar el aspecto paisajístico. Es común la siembra de eucaliptos y pinos dada la gran adaptabilidad, crecimiento y desarrollo que presentan las especies, su aspecto agradable y la posibilidad de posterior aprovechamiento para la obtención de madera. Se siembran en las áreas limítrofes de las empresas, en las zonas colindantes con el río, preservando la ribera y los jarillones de protección, y en las zonas de explotación donde conforman excelentes barreras visuales y previenen la erosión de los taludes.

#### Manejo de ruido

Además de las barreras de árboles también se colocan cubrimientos sobre equipos como cribas vibratorias y de trituración para mitigar la fuente puntual del impacto.

#### Manejo del polvo

Se genera con el transporte del material en camiones que circulan en las pistas y rampas de explotación. Para controlar el impacto se aplica el riego de agua en las vías, por ser el más económico y práctico, aunque la frecuencia de la aplicación es una desventaja en épocas secas. Las volquetas que van a los centros de consumo pasan por una rejilla de lavado de neumáticos antes de su salida.

En el diseño de los equipos de beneficio no se tienen en cuenta las medidas para prevenir el polvo, sin embargo, la construcción de cerramientos en los equipos de clasificación y trituración ayudan a mitigar el impacto. La clasificación de los materiales se realiza por vía húmeda, mediante duchas de lavado ubicadas en la parte superior de la criba, reduciendo la emisión de partículas finas. Las principales fuentes de finos en las instalaciones de tratamiento se dan en las trituradoras y las bandas transportadoras.

En las zonas aledañas a la actividad minera no hay centros poblacionales pues la actividad industrial es tecnificada y de grandes magnitudes, por el alto valor comercial de la tierra en la ribera del río. Los asentamientos se reducen a pequeñas comunidades en los límites de las empresas y en veredas cercanas. Los eventuales impactos negativos para las comunidades son: polvo y deterioro de la red vial, aumento del monóxido de carbono y ruido.

### **3.4 Formulación de indicadores**

A partir del inventario de impactos ambientales realizado en cada mina, el análisis de costos ambientales y la caracterización del entorno en función de los aspectos técnicos, geológico mineros, bioecológicos, socioculturales, legales y financieros, se definieron los puntos de atención para el establecimiento de indicadores con miras al mejoramiento continuo de los procesos y al uso eficiente de los recursos naturales y el medio ambiente. En cada caso se hizo un estudio sobre la viabilidad de implementación de los indicadores inicialmente considerados, confrontando la complejidad de su diseño y entendimiento, la aplicabilidad práctica y financiera, en el marco de los recursos existentes en cada empresa, la posibilidad de comprar instrumentos de medición, de realizar ensayos, de analizar y generar índices globales, que den cuenta de los resultados y avances logrados. Las tres empresas que extraen agregados pétreos en la llanura aluvial

del río Medellín son: Conasfaltos S.A., Procopal S.A. y Agregados del Norte S.A.<sup>4</sup>

### 3.5. Indicadores de Comportamiento Ambiental

#### De Entrada

*Energía:* Consumo absoluto de combustible, consumo específico de ACPM, consumo de energía eléctrica, consumo total de energía en el proceso, consumo específico total de energía, participación de energía eléctrica en fuentes energéticas, participación de combustibles en fuentes energéticas, costo específico de energía, costo específico de combustible.

**Tabla 4. Indicadores de consumo de energía**

	<b>CONASFALTOS S.A.</b>	<b>PROCOPAL S.A.</b>	<b>AGREGADOS DEL NORTE</b>
producción en planta de beneficio	25.100 m3/mes	22.800 m3/mes	9.300 m3/mes
consumo de combustible	3.540 Gal (141.290 Kwh)	2.340 Gal (93.342 Kwh)	1.246 Gal (49.702.9 Kwh)
consumo específico de ACPM	0.14 Gal/m3	.13 Gal/m3	0.13 Gal/m3
consumo de energía eléctrica	142.540 Kwh	47.520 Kwh	19.200 Kwh
consumo específico de energía eléctrica	5.7 Kwh/m3	2.1 Kwh/m3	2 Kwh/m3
consumo total energía en proceso	283.830	140.862	68.902.9
consumo específico total de energía	11.1 Kwh/m3	6.2 Kwh/m3	7.4 Kwh/m3
% de energía eléctrica en fuentes energéticas	50.2%	33.7%	27.9%
participación combustibles en fuentes energéticas	49.8%	66.3%	72.1%

---

4 ibídem.

*Consumo de agua:* Indicadores que determinan el uso dado al recurso agua para los diferentes procesos, permitiendo relacionar el consumo de agua con rendimientos de producción. Las empresas dedicadas a la explotación de agregados poseen su propia fuente de abastecimiento de agua proveniente del abatimiento del nivel freático durante la explotación, por lo que los costos recaen principalmente en el manejo de las aguas, pues se requiere un sistema de bombas para llevar el agua a las plantas de beneficio. Estos costos están incluidos dentro de los indicadores de energía. Los indicadores de consumo de agua son consumo absoluto y específico de agua. El consumo absoluto en las plantas de beneficio en las empresas analizadas, determinado por el caudal proveniente de las bombas es el siguiente:

Conasfaltos S.A.	2600 gal/min
Procopal	800 gal/min
Agregados del Norte	1600 gal/min

### **De Salida**

*Residuos sólidos:* relacionan objetivos medioambientales con ventajas económicas derivadas del uso o tratamiento dado a los residuos (lodos, estériles, etc.). Los indicadores de residuos sólidos son: cantidad total de residuos, cantidad relativa de lodos de beneficio, cantidad relativa de estériles y explotación, cantidad de revoque recuperado del lavado de arenas, % de recuperación de revoque. La empresa Conasfaltos suministró los siguientes datos: cantidad absoluta de residuos: 2.000 m<sup>3</sup>/mes, cantidad relativa de residuos: 8%.

*De emisiones atmosféricas:* identifican y controlan los principales elementos emitidos a la atmósfera en las diferentes etapas de producción. Los indicadores son: emisión relativa de material particulado, emisión relativa de gases, indicador de ruido. A

continuación se presentan los datos correspondientes a la empresa Conasfaltos S.A.<sup>5</sup>

*Emisiones de material particulado: polvo*

0.58 kg/ton de material removido (explotación: operaciones de descapote, arranque y cargue)

0.75 g/km (transporte en volquetas)

2.0 kg/ton (beneficio: incluye descargue en la tolva)

*Emisiones de gases*

14.23 g/km (explotación: Sox, Co)

27.26 g/km (transporte en volquetas: Sox, Co, Nox, CxHy)

*Emisiones de ruido:*

Explotación:

Buldozer: 75-95 dB a distancia de 15.2 m.

Retroexcavadora: 75-95 dB a distancia de 15.2 m.

Dumper: 88-97 dB a distancia de 15.2 m.

Beneficio:

Trituradora de mandíbula: 90-100 dB desde la posición del operador de planta

Cono: 92-98 dB desde la posición del operador de planta

Banda transportadora: 82-113 dB desde la posición del operador de planta

Criba vibratoria: 70-81 dB a distancia de 15.2 m

---

<sup>5</sup> Ministerio de Minas y Energía. Formulario para la presentación del estudio de declaración de evaluación ambiental de la empresa Conasfaltos S.A.

Noria: 70 dB a distancia de 100 m

Transporte:

Volquetas: 70-90 dB a distancia de 15.2 m

*De aguas residuales:* indican la cantidad y el tipo de agua residual que se genera en el proceso de beneficio. Son indicadores para aguas residuales: cantidad de agua resultante del beneficio, cantidad de agua residual relativa, concentración de lodos, eficiencia en la sedimentación de lodos.

**De Infraestructura**

Se refieren a los impactos medioambientales causados por el equipo de fabricación y la logística de producción. Son: unidades móviles disponibles en explotación, proporción de área destinada a beneficio de material, unidades móviles y plantas disponibles en el beneficio, equipo aprobado en cuanto a medio ambiente y seguridad, disponibilidad de máquinas de trituración. El área destinada a la ubicación de plantas de beneficio es en cada caso:

Conasfaltos S.A.	3000 m2
Procopal	2000 m2
Agregados del Norte	1000 m2

En todas ellas la disponibilidad de las máquinas es del orden del 80% de las horas programadas en producción.

**3.6. Indicadores de Gestión Medio Ambiental**

Muestran los esfuerzos de las empresas por reducir o corregir los impactos medioambientales.

*Del Sistema:* muestran el grado de cumplimiento de un sistema de gestión ambiental o uno de sus programas.

*De implantación del sistema:* Son: departamentos con programas medio ambientales, proporción de departamentos con programas

medioambientales, grado de consecución general de los objetivos, gestión de permisos ambientales, costes de la implantación del sistema.

*Legislativos y de quejas:* representan el estado de las empresas en cuanto al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Son: reclamos anuales por contaminación atmosférica, excesos de los valores límites por área medio ambiental (agua residual, aire, ruido), reclamos anuales por contaminación tenidos en cuenta por la autoridad, sanciones medioambientales impuestas, valor de las multas impuestas (indicador alternativo)

*De coste medioambiental:* ayudan a buscar metas de reducción de costes a través de programas de ahorro de insumos o tratamiento de desechos. Son: inversiones en mejoras medioambientales (tecnológicas, mejora de técnicas), proporción de inversiones medioambientales, costos operativos de la protección del medio ambiente, ahorro de costos por la implementación de mejoras medioambientales.

### **Del Área Funcional**

Muestra el grado de involucramiento de los trabajadores con los programas medioambientales.

*De formación de personal:* determinan el grado de instrucción de los empleados en cuestiones medioambientales. Son: formación medioambiental por empleado, empleados responsables y porcentaje de éstos responsables en asuntos medioambientales, empleados formados en medio ambiente.

*De seguridad e higiene:* muestran los gastos en prevención sanitaria y accidentalidad y ayudan a describir aspectos complementarios de la actividad minera relacionados con el bienestar y seguridad de los trabajadores. Son: accidentes laborales, días de trabajo perdidos por accidentes de trabajo, casos de enfermedades laborales, gastos en prevención. Para la empresa Procopal se establecieron los siguientes

datos: 25 accidentes de trabajo incapacitantes año; 394 días de incapacidad año.

### **3.7. Indicadores de Estado o Situación Medio Ambiental**

Los suelos en el área de las explotaciones son del tipo Typic Tropofluent que corresponde al piso térmico templado medio, Asociación Girardota, profundos o moderadamente profundos, imperfectamente drenados, texturas finas y desarrollo estructural regular en los primeros horizontes. Fertilidad baja, ph ligeramente ácido, carbono orgánico distribuido irregularmente y contenido de fósforo bajo. Relieve plano, de 0-3% sin erosión, nivel freático profundo en verano e inundabilidad ocasional. La llanura aluvial se encuentra formada por rocas ígneas profundamente meteorizadas sobre suelos residuales y por rocas metamórficas de fácil meteorización y depósitos no consolidados compuestos por arenas y gravas que constituyen la mayor parte de la zona de extracción minera.

*Bioecológicos:* Tipifican la biota del ecosistema afectado por la actividad minera. Son: población faunística afectada, proporción de especies vulnerables por las actividades mineras, índice de diversidad faunística, especies en peligro de extinción, índice de diversidad vegetal, especies endémicas existentes, índice de reforestación, porcentaje de áreas verdes con hábitats faunísticos. La vegetación en la zona de explotación esta representada por árboles nativos como sauces y búcaros, árboles cultivados como eucaliptos y guayabos, plantas ornamentales como San Joaquines y laureles, pastos y malezas. La fauna está compuesta por ratas, serpientes, armadillos, conejos y aves: garzas, patos, canarios, sinsontes, torcazas y pericos principalmente.

*De calidad media del agua:* A pesar de que existen varios indicadores para la calidad del agua, uno de los índices más utilizados es el “Índice de Calidad de Agua” (ICA) desarrollado en 1970 por la

Fundación de Sanidad Nacional de Estados Unidos. El indicador se calcula mediante la función desarrollada por la Fundación.

$$ICA = \left( OD \cdot 0.17 + CF \cdot 0.15 + PH \cdot 0.12 + DBO \cdot 0.10 + N \cdot 0.10 + F \cdot 0.10 + DT \cdot 0.10 T \cdot 0.08 + ST \cdot 0.08 \right)$$

Donde: ICA: Indicador de calidad media del agua; OD: Oxígeno disuelto; CF: coliformes fecales; PH: Acidez alcalinidad del agua; DBO: Demanda bioquímica de oxígeno; N: Nitratos; F: Fosfatos; DT: Desviación de la temperatura; T: Turbidez; ST: Sólidos totales

El rango de valores del ICA va de 0 al 100. Los resultados se determinan así: de 0-25, agua muy mala; de 26-50, mala; de 51-70, media; de 71-90, buena; de 91-100, excelente.

**Tabla 5. Calidad del agua**

	<b>PROCOPAL<sup>6</sup></b>	<b>AGREGADOS DEL NORTE<sup>7</sup></b>
Ph	8.10	7.55
Cloruros (mg/l)	18.0	529.8
Dureza total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	320.0	154.0
Hierro total (mg/l)	0.85	0.26
Turbiedad (ntu)	4.50	-
Sulfatos (Mg/l SO <sub>4</sub> )	-	583.15
Color aparente (upc)	-	40

<sup>6</sup> La empresa realizó por medio de la Universidad de Antioquia en febrero de 1997, análisis físico químicos y bacteriológicos de la fuente de agua superficial captada por el socavón de la cantera debido a las infiltraciones por abatimiento del nivel freático.

<sup>7</sup> El 6 de febrero de 1998 la empresa solicitó un análisis microbiológico y fisicoquímico de aguas, con el fin de determinar si era apta para la fabricación de concretos.

*Indicadores Paisajísticos:* para determinar la calidad del paisaje en las zonas afectadas por la explotación se tuvo en cuenta el Indicador de Calidad del Paisaje desarrollado por Cruz y Sarmiento (1999), el cual se adaptó a las circunstancias pertinentes en nuestro caso. El indicador está definido por la siguiente fórmula integral con factores de ponderación:

$$ICP = \left( \frac{DP*35 + AAE*20 + US*20 + CVA*25}{100} \right)$$

Donde: ICO: Indicador de calidad del paisaje; DP: Densidad poblacional cercana al área de explotación activa; AAE: Área anual de explotación; US: Uso del suelo; CVA: Capacidad de visibilidad hacia el área de explotación.

### **3.8. Indicadores Técnicos**

Indicadores complementarios que integran los aspectos que componen el concepto de sostenibilidad: económico, social y ambiental. Son: área total del proyecto, área específica de explotación, intensidad de explotación anual, espesor de descapote, área específica de relleno, reservas disponibles, vida útil del proyecto, porcentaje de área rehabilitada, superficie inundada, variación del nivel freático, volumen de filtración diaria, profundidad máxima de extracción, inclinación de banco y taludes finales de explotación, alimentación de planta, rendimiento de producción, porcentaje de recuperación. En la siguiente tabla se presentan los datos correspondientes a las empresas analizadas.

**Tabla 6. Indicadores técnicos**

	<b>Procopal</b>	<b>Agregados del Norte</b>	<b>Conasfaltos</b>
Área total del proyecto (Ha.)	50	14.3	67
Área de explotación	12	3	65*
Espesor de descapote (mts)	1-2	1-2	1-2
Área de relleno (Ha.)	2	3.4	3
Reservas disponibles m3	7'030.000	4'069.122	8'876.125
Vida útil del proyecto (años)	25	35	34
Producción aproximada en m3/año	273.600	117.600	264.000

\*corresponden a zonas ya explotadas y áreas potencialmente explotables

Las siguientes características técnicas son similares para las tres empresas:

Profundida máxima de extracción (mts)	35-50
Altura y pendiente de bancos de trabajo (mts)	4-6
Pendientes de bancos de trabajo (°)	85-90
Altura taludes finales de explotación (mts)	40
Pendientes finales de explotación (°)	80-90
Rendimiento producción planta de trituración m3/h material triturado producido	40
Porcentaje de recuperación material entrante m3/h	45
Porcentaje de recuperación material triturado producido m3/h	40
Porcentaje de recuperación	89

### **3.9. Indicadores Socioeconómicos**

Informan acerca del grado de influencia de la empresa en la región a la que pertenece. Son: inversión social, nivel de empleos, ingresos fiscales, cambio en el valor de las tierras.

## **4. LA EXPLOTACIÓN DE CARBÓN**

Se hizo el estudio para tres empresas que extraen carbón por métodos subterráneos en la cuenca carbonífera de Antioquia<sup>8</sup>: Carbones Nechí, Mina El Bloque y Mina Las Margaritas. La cuenca carbonífera de Antioquia es una formación de origen terciario, que contiene depósitos multimanto de carbón bituminoso, con una estratificación general N 10° -30° W, buzando en un amplio rango en una media de 20° SW y NE según el flanco del anticlinal dominante. Las empresas analizadas explotan cada una campos situados en municipios diferentes: Nechí, en el municipio de Amagá, El Bloque en Fredonia, y Las Margaritas en Titiribí. Utilizan un método de explotación general de cámaras y pilares, semimecanizado y con producciones que oscilan entre 4.000 y 7.000 Ton/mes.

Luego de los trabajos de campo en cada mina y las caracterizaciones del entorno, según la metodología del estudio, que comprendió el análisis de los planes de ordenamiento territorial de cada municipio, el diagnóstico de las operaciones y la identificación y evaluación de los impactos ambientales producidos, se seleccionaron para su implementación los indicadores que se relacionan seguidamente.

---

8 Arbeláez, Erick y Estrada, Mauricio. Proyecto dirigido de grado en Ingeniería de Minas y Metalurgia, Facultad de Minas, U.N., Medellín, 2002.

#### **4.1. Indicadores de Comportamiento Ambiental**

##### **De Entrada**

*Energía (de consumo y eficiencia):* Gal de combustibles/mes; Gal de combustible/Ton carbón; Electricidad (Kwh)/mes y Kwh/Ton de carbón; Intensidad energética por operación unitaria

*De consumo de agua:* m<sup>3</sup>/mes; m<sup>3</sup>/ton carbón

*Otros insumos:* Ton de madera/mes; Kg. madera/ton carbón; Ton explosivos/mes; Kg. explosivos/ton carbón

##### **De Salidas (Generación y cantidad específica)**

Ton de estériles/mes; Ton de estériles/Ton carbón; Ton de desechos orgánicos/mes; Ton de desechos orgánicos/Ton carbón; Ton de desechos inorgánicos/mes; Ton de desechos inorgánicos/Ton carbón; Tasas de eliminación de estériles y desechos; Cantidad de residuos recuperables; Tasa de reciclaje

**De Infraestructura:** Disponibilidad mensual de máquinas; Proporción de área superficial construida

#### **4.2. Indicadores de Gestión Ambiental**

##### **Del Sistema**

*Propuestas de mejora en cuestiones medioambientales:* número de propuestas/mes; Medidas correctoras llevadas a cabo: número de medidas/mes; Proporción de propuestas de mejora llevadas a cabo; Quejas recibidas por contaminación; Excesos temporales de los valores límite: número de excesos/mes.

##### **Del Área Funcional**

*Índices básicos de salud ocupacional:* casos de enfermedades laborales, bienestar laboral, formación laboral, nivel de ingresos, impacto por nivel de ingresos, nivel de empleo, relación con la comunidad, gestión ambiental.

### 4.3. Indicadores De Situación Medioambiental

El área de estudio está conformada por 5 unidades de suelos, derivados de: rocas sedimentarias con baja fertilidad; de rocas ígneas (granodioritas), conocidas como suelos de zona cafetera y diorita anfibólica, los que se convierten a causa de la alta precipitación en un cascajo; de rocas ígneas metamórficas, de fertilidad media a baja; y de materiales piroclásticos, con gran contenido de materia orgánica de gran poder de fijación de fósforo. Se encuentran cultivos de caña de azúcar, café, fique, frutales, pastos para ganadería extensiva, bosques intervenidos, bosques de plantación, rastrojos y fincas de recreo. La vegetación nativa es escasa. La mayor cobertura está representada por pastizales y especies agrícolas, bosques de guadua y cercas vivas de matarratón. Existen otras especies como aguacatillo, yarumo, encenillo y reforestaciones de eucaliptos principalmente. Con respecto a la fauna se destacan los quirópteros o murciélagos y algunas aves consideradas en vía de extinción como cucaracherro, sinfín, turpial y periquito azul. Se han reportado 32 familias y 112 especies de aves. Hay además mamíferos como ardillas, zarigüeyas, micos tití, armadillos, conejos de bosque, guatines, ratones y comadrejas. Como especies ícticas están las zabaletas, sardinas y gupis.

**Geoindicadores:** Dinámica fluvial; Tasa de erosión

**Físicoquímicos:** Temperatura; Grado de acidez o alcalinidad; Turbidez

**Paisajísticos y bioindicadores:** cada indicador recibirá puntuación total, después de diligenciar una matriz de evaluación.

Evaluación ambiental del paisaje:  $(\text{puntuación total}/24) \times 100$ ;  
Evaluación ambiental de los usos del suelo:  $(\text{puntuación total}/33) \times 100$ ;  
Impacto de deforestación:  $(\text{Calidad ambiental intervención de áreas de minería interna} * \text{Calidad ambiental intervención de áreas de minería externa}) * 100$ .

A continuación se presenta un resumen de los datos iniciales para un conjunto de indicadores aplicables para las minas analizadas:

<b>INDICADOR</b>	<b>EL BLOQUE</b>	<b>LA NECHÍ</b>	<b>LAS MARGARITAS</b>
Tasa de extracción mensual (ton/mes)	4000	5860	4526
Poder calorífico (Btu/lb)	12.02	12.57	236.8 *10 <sup>5</sup> Btu/ton
Consumo de madera (ton/mes)	49.4	124.15	844 pesos/ton
Consumo específico de energía eléctrica (kwh/ton carbón)	4.02	8.1	100 pesos/ton
Eficiencia en el consumo de explosivos (kg /ton carbón)	0.4	0.89	578 pesos/ton
Generación de estéril (m <sup>3</sup> /ton carbón)	0.076	0.137	0.014
Proporción de área superficial construida e intervenida (% de título)	0.16	0.07	0.04
Número de propuestas para mejoras medioambientales por mes	2	4	4
Quejas recibidas por contaminación (quejas/mes)	2	3	1
Días de incapacidad (días/mes)	59	65	29
Índice de severidad	170	530	140
Formación laboral (horas hombre/mes)	7	11	10
Relación de actividades concertadas con la comunidad por mes	1	3	1
Dinámica fluvial, tasa de erosión (%)	7	12	26

Para evitar el hundimiento de terrenos superficiales o fenómenos de subsidencia producidos por los trabajos subterráneos se ha establecido a través de un análisis de regresión lineal<sup>9</sup>, un dimensionamiento de los pilares residuales de la explotación correspondiente a la ecuación:

<sup>9</sup> De la Cruz, Héctor, et al (1990). Estudio de dimensionamiento de pilares en la Cuenca Carbonífera de Amagá. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

$$\text{Resistencia del pilar} = \text{Resistencia de la muestra en laboratorio} \left(0.36 + \frac{\text{ancho del pilar}}{\text{espesor del manto}}\right) * 0.86$$

Los factores de degradación atmosférica que se encuentran con mayor frecuencia en las explotaciones subterráneas de carbón analizadas en el presente estudio y, en general, en las demás minas de la cuenca carbonífera de Antioquia se pueden agrupar según las siguientes categorías<sup>10</sup>:

Presencia de gases:

Concentraciones de oxígeno: mayores de 20% en volumen; de bióxido de carbono: 0.2%; de monóxido de carbono: 0.001%; vapores nitrosos (No+No2): 0.002%; de grisú: (CH4 más trazas de otros HC parafínicos): menores de 1m3/ton (in situ) y menores de 1% en los retornos de aire. Todos estos valores se encuentran muy por debajo de los límites reglamentarios<sup>11</sup> y en consecuencia aun más de los niveles de peligrosidad.

Material particulado:

Concentración de polvo respirable en los frentes de trabajo: de 3 a 4 mg/m3; de sílice libre en el polvo respirable: de 4 a 5%. En algunos sectores existen capas ponderadas de polvo de carbón depositado por encima de la décima parte de un milímetro, cubriendo la sección de la galerías, con potencialidad de formar una nube de concentraciones de polvo combustible superior a los 100gr/m3 lo cual se considera riesgoso.

---

10 Castro M., William, 1977. Condiciones ambientales en la minería subterránea de carbón en la cuenca Amagá-Angelópolis. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

11 Decreto 1335 de 1987. Reglamento de seguridad en las labores subterráneas, Ministerio de Minas y Energía.

#### **4.4. Indicadores Técnicos y Financieros**

Se recopilaron los datos correspondientes a volumen de aire circulado, fuentes de potencia utilizadas, fuentes de potencia en cada equipo y los índices de liquidez, de endeudamiento, de rendimiento, de actividad.

### **5. CONCLUSIÓN**

En Colombia es absolutamente necesario desarrollar y evaluar metodologías para diseñar indicadores de desempeño socioambiental y de sostenibilidad para las empresas mineras, cuyas actividades están lejos de ser sostenibles, por rangos de usuarios, dada la variedad de los minerales explotados en el país, 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, caliza incluida, grandes minas de carbón a cielo abierto, pequeñas y medianas minas subterráneas de oro de veta, y extracción y beneficio de materiales en terrazas y lechos de los ríos. Esfuerzo investigativo que ha emprendido con entusiasmo el grupo Economía ecológica y ambiental de la Universidad Nacional, Sede de Medellín.

El resultado principal de este trabajo es el método para desarrollar indicadores de desempeño socioambiental y de sostenibilidad aplicables a las pequeñas y medianas minas en Colombia que cuentan con una información básica insuficiente. Los avances logrados en la caracterización del entorno que rodea los procesos de extracción analizados en el presente trabajo y el establecimiento de los valores iniciales para los principales indicadores están siendo, desde ya, incorporados en sus metas de desempeño socioambiental. Las dificultades y experiencias del trabajo de campo realizado para establecer indicadores en los casos estudiados deberán constituir un manual procedimental para los grupos de usuarios que habrán de estudiarse posteriormente en el curso de la presente investigación.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- AMBIOSISTEMAS Ltda. 1995. Plan de manejo ambiental para el programa social de legalización de los contratos de pequeña minería. Informe presentado a Ecocarbón.
- AZAR, C. HOLMBERG J., et al. 1996. Socio-ecologica indicators for sustainability. Ecological Economics. Elsevier.
- BEDRICH, MOLDAN y BILLHARZ, SUZANNE. 1997. Sustainability indicators: a report on the project on indicators of sustainable development. John Wiley & sons. England.
- CECODES. GUZMAN, ENRIQUE. 1998. Indicadores de sostenibilidad. Memorias del seminario internacional de medio ambiente y desarrollo sostenible. Bucaramanga, Colombia.
- CHANCÍ, RUBÉN et al. 2000. Manejo integral de áreas mineras en la cuenca de la quebrada Altavista, Municipio de Medellín. Convenio interadministrativo Minercol-Mi Rio. Medellín.

- CONESA FERNANDEZ, VICENTE et al. 1995. Guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales. Mundi Prensa, Bilbao, España.
- CRUZ, ROBERTO y SARMIENTO, JUAN. 1999. Desarrollo de indicadores de gestión ambiental para la etapa de beneficio en la minería de gravas y arenas en la Sabana de Bogotá. Universidad de los Andes, Asogras.
- DNP Y CANCINO, SONIA. 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, Colombia.
- ECOCARBÓN. 1997. Manual para el control de factores de degradación ambiental en la minería subterránea de carbón. Centro de Investigación del Carbón, Universidad Nacional, Medellín.
- ECOPARTNER. 2000. Metodología de evaluación. Programa Cantera Verde. Santafé de Bogotá. Informe de avance.
- ENCINALES O., JOHN J. 2000. El uso de indicadores como elementos predictivos de los procesos ambientales. IDEA Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- ESTRADA, MAURICIO y ARBELÁEZ, ERIK. 2002. Diseño de indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las empresas productoras de carbón en Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Proyecto dirigido de grado. Ingeniería de Minas y Metalurgia. Medellín.
- GARCÍA, HÉCTOR. 1998. Guía ambiental para la minería subterránea de carbón. Bogotá, Ministerio del Medio Ambiente.

- GEÓLOGOS E INGENIEROS ASOCIADOS (GIA). 1999. Manejo integral de canteras y explotaciones de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Medellín.
- GEOMINAS S.A. 1992, Informe de salud ocupacional, Mina La Nechí; 1998, Informe final de exploración geológica, Minas El Bloque; 1998, Informe final de exploración geológica, Mina La Nechí; 1999, Plan de manejo ambiental, Mina La Nechí; 1999, Plan de manejo ambiental, mina El Bloque; 2001, Informe final del plan de trabajos e inversiones de la mina El Bloque.
- GONZÁLEZ, CARMEN. 1999. Evolución de la legislación minera en su componente ambiental. En: Gestión y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- KAHN, J. and FRANCHESCHI, D. 2000. Environmental policy and sustainable development implications for materials and mining. p. 35-56 de Villas Boas, Roberto: Technological challenges posed by sustainable development: the mineral extraction industries. Cytel, Imaac Unido, Madrid.
- LACLAUSTRA, GERARDO y VELÁSQUEZ, JOSÉ A. 2002. Diseño de indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las explotaciones de agregados pétreos aluviales en el Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia. Proyecto dirigido de grado. Ingeniería de Minas y Metalurgia. Medellín.
- LEMA, JUAN y WOLF, MARÍA. 1986. Características geológicas de los principales materiales explotados para agregados en el Valle de Aburrá. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- MOORE, PATRICK. 1997. Hard choices for environmentalists and the mining industry. PDAC, Toronto, Canadá.
- PEZZEY, JOHN. 1992. Economic analysis of sustainable growth and sustainable development. Working paper 15. World Bank Environment Department. Washington D.C.

- POSADA, LUIS G. Y VARGAS, ELKIN. 1997. Desarrollo sostenible, relaciones internacionales y recursos minero energéticos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- QUINTERO, VÍCTOR M. 1998. Evaluación de proyectos sociales. Construcción de indicadores. FES Bogotá, 4ª edición.
- RAHMAN M. S. 1991. Environmental protection in mining industry. IM & EJ, August.
- Salazar G., Juan P. 1999. Índices e indicadores para evaluación y seguimiento ambiental. SENA, Sogamoso.
- THOMPSON, CLIVE H. 1994. Competitividad y desarrollo sostenible. En: Ingeniería Química, octubre.
- THOMPSON, IAN. 1999. We live interesting times: a social licence to operate: essential for success in exploration. Vancouver, Canadá.
- THOMSON, IAN and JOICE, SUSAN. 1997. Mineral exploration and the challenge of community relations. B.C. Yukon Chamber of Mines.
- TOMAN, M. AND WALLS, M. 1995. Nonrenewable resource supply: theory and practice. Capítulo 9 de Bromley, Danile W. UK USA.
- UNEP. 2000. Sustainable development and the future of mineral investment. Edited by James M, Otto and John Cardes.
- VALENCIA, GLORIA y ZAPATA, LUZ ELENA. 1993. Diseño del programa de salud ocupacional para la empresa Metromezclas de Medellín, Vol. I. Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.

- VARGAS, ELKIN. 1997. El desarrollo sostenible y los recursos naturales no renovables. En: Ensayos de Economía No. 13. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, p. 73-112.
- VARGAS, ELKIN. 1998. Minería y medio ambiente. En: Gestión y Ambiente No. 1. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, p. 17-26.
- VILLAS BOAS, ROBERTO y FELLOWS, FILHO. 2000. Technological challenges posed by sustainable development: the mineral extraction industries. Cyted, Imaac Unido, Madrid.
- WARHURST, ALLYSON. 1994. Environmental degradation from mining and mineral processing in developing countries: corporate responses and national policies. OCDE.
- WERTHER, GUNTRAM. 1997. Native peoples' issues and the future of mining. International California Mining Journal. Vol. 66 No. 10. California.

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN LA PEQUEÑA MINERÍA DEL CARBÓN**

### **CASO: DEPARTAMENTO DE BOYACÁ - COLOMBIA**

*Liliana BETANCURTH M.*

Geóloga

---

---

Cada sistema funciona según la manera cómo factores internos y externos puedan afectar positiva o negativamente su sostenibilidad básica. Los indicadores son medidas reales tendientes a evaluar el estado de un sistema cualquiera que él sea, permitiendo de manera clara la interpretación y el diagnóstico de las alternativas a seguir para lograr un óptimo funcionamiento.

En la minería, los indicadores deben estar direccionados al reconocimiento de los recursos existentes, las opciones de su aprovechamiento, su comercialización, su relación con el medio ambiente natural y sus interacciones con el medio social. Todos estos parámetros están regidos por indicadores particulares, que finalmente permiten conocer el impacto generalizado de las actividades mineras sobre el entorno.

Para el caso del carbón nos estamos refiriendo a un recurso energético que por largo tiempo ha sido motor de desarrollo en muchos países del mundo; ya que ha sido y es parte esencial en el desarrollo de sectores eléctricos, metalúrgicos y aún alimenticios. Históricamente el carbón es un recurso que se explota desde mediados del siglo XIII lo que muestra más de 800 años de utilización, en los cuales los efectos sobre el medio han dejado huellas importantes a nivel económico y de desarrollo, pero pocas a nivel social y ambiental.

Este documento se sugiere como una de las ya muchas propuestas existentes para visionar de manera global, la forma de

abarcando la problemática del desarrollo sostenible a nivel de la pequeña minería a través de la utilización de indicadores de sustentabilidad, en países en vía de desarrollo como los latinoamericanos.

Para el caso concreto de Colombia, se cuenta con un gran potencial a nivel del carbón y un actual interés de las organizaciones tanto privadas como del estado por reconocer y mitigar la problemática que se viene generando alrededor de las explotaciones no tecnificadas del recurso; siendo conscientes que es posible concebir una minería organizada, de producción limpia y que genere ganancias para aquellos que la poseen y a nivel general de todo el país.

## **LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD**

El desarrollo sostenible requiere que el medio de producción del capital, de bienes o de conservación en los diferentes sistemas antrópicos logre mantenerse o logre mejorar, en su paso de una generación a otra. Retomando el concepto de Indicador, son ellos quienes permiten encontrar un nivel de información en el tiempo, sobre la sostenibilidad de un sistema; en este caso, sobre la evolución de las actividades de explotación de recursos minerales estratégicos.

Los indicadores permiten ver cómo por querer obtener unos resultados positivos en términos de ingreso per capita, se arriesga la destrucción de los recursos naturales o se exponen directamente las personas. Es necesario saber que todo tipo de desarrollo implica riesgos, de allí la justificación de mantener la situación controlada dentro de unos límites de tolerancia preestablecidos.

Los indicadores deben tener las siguientes características significativas:

- Ser de fácil medición
- Ser aplicables sobre un rango de diferentes ecosistemas y sistemas económicos y sociales

- Ser asequible en cuanto a la consecución de la información.
- En ciertos casos puede permitir que la población involucrada, participe directamente en las mediciones a tomar, por tanto deben ser prácticos y de fácil entendimiento.
- Las mediciones deben tener la característica de permitir ser repetitivas a través del tiempo.
- Ser significativos a nivel del concepto de sostenibilidad, los demás podrán ser menospreciados.
- Ser moldeables y sensibles a los cambios mismos del sistema.
- Ser tolerables con una serie de estándares establecidos para los aspectos del medio, tales como: los ambientales, tecnológicos, económicos y sociales.

Bajo el punto de vista que concierne en este caso, las categorías que deben proponerse para el análisis de un sistema minero de pequeña escala son:

- Indicador de tipo técnico (ITT): tales como los métodos de explotación y beneficio del mineral
- Indicador de tipo económico (ITE): tales como la importancia estratégica del mineral, los costos de producción y precio en el mercado
- Indicador de tipo ambiental (ITA): tales como los impactos sobre los recursos agua, suelo, aire, flora, fauna y paisaje
- Indicador de tipo Social (ITS): tales como la demanda de bienes y servicios, la generación de empleo y el nivel educativo.

#### **Indicador de tipo técnico (ITT)**

Se refiere al arte del cómo se aplican los métodos de explotación existentes, según las características geológicas,

estructurales y de calidad de del mineral en el yacimiento, a su vez de cuáles son los métodos de beneficio del mineral, para optimizar finalmente su comercialización y consumo.

Descripción del Indicador.

Se puede proponer un primer indicador que relacione los métodos actualmente utilizados para extraer el mineral (indicador de extracción IER) con el método realmente establecido para los yacimientos en cuestión (indicador de extracción teórico IET); sumado al indicador que teóricamente establezca el mejor método de beneficio del mineral (indicador de beneficio IBT), comparado con los actualmente utilizados (indicador de beneficio real IBR); teniendo en cuenta equipos y procesos. El peso del indicador total debe ser de 100 unidades.

$$ITT = [ (IER / IET) + (IBR/ IBO) ] / 2 * 100$$

En donde:

ITT: Indicador de tipo de tecnificación, valorado entre 0 y 100

IER: Adecuación real del método de extracción utilizado

IET: Parámetros teóricos preestablecidos para la extracción de minerales del yacimiento en cuestión

IBR: Indicador del sistema de beneficio utilizado en el momento

IBO: Indicador del sistema de beneficio óptimo, establecido teóricamente

**Indicador de tipo económico (ITE)**

Esta clasificación corresponde a los parámetros que permitan evaluar y conocer la viabilidad de la explotación en términos de rentabilidad; subordinada a las características del mercado vigente, los costos de la producción con respecto a los ingresos por ventas y el nivel de importancia del mineral dentro de los contextos locales y regionales.

Descripción del indicador.

Este indicador es un poco más complejo, pues será la ponderación entre tres aspectos necesarios a conocer. El primer indicador será el que permita comparar la demanda actual (indicador de demanda actual IDA), con los volúmenes de producción del yacimiento para la misma época (Indicador de volúmenes de producción IVP), sumado al indicador que compare el valor de los costos de producción (indicador de costos de producción ICP), con el valor de los ingresos por comercialización (indicador del valor de ingresos IVI), sumado al indicador que compare la importancia actual del mineral dentro de los principales minerales estratégicos del momento, a nivel local y regional (indicador de importancia estratégica IIE), con el indicador que muestre las tendencias pasadas y futuras de sustitución del mineral (indicador de sustitución IS). EL peso del indicador total estará entre 0 y 100 unidades.

$$ITE = [ (IVP/ IDA) + (ICP/ IVI) + (IIE/ IS) ] / 3 * 100$$

En donde:

ITE: Indicador de tipo económico

IVP: Indicador de los volúmenes de producción actual

IDA: Indicador de la demanda actual en el mercado

ICP: Indicador de los costos de producción actuales del yacimiento en cuestión

IVI: Indicador del valor de ingresos o ganancias, por comercialización del mineral

IIE: Indicador de la importancia estratégica actual del mineral a nivel local y regional

IS : Indicador de las tendencias de sustitución del mineral

### **Indicador de tipo ambiental (ITA)**

Este es uno de los indicadores más complejos a evaluar, dado que el contexto ambiental encierra, la evaluación del comportamiento de cada uno de los elementos del medio natural, como el agua, suelo, aire, flora, fauna y paisaje y los impactos que la minería extractiva puede generar en ellos. Es decir, este indicador tiende a evaluar la eficiencia en los procesos de mitigación y control de las alteraciones ambientales producidas por la minería.

#### Descripción del indicador.

Se propone un indicador compuesto, que sea el promedio ponderado de cada uno de los indicadores establecidos para cada elemento del medio natural.

El primer indicador es el estado de calidad física y química del agua (indicador de calidad del agua ICA), comparado con los estándares físico-químicos, biológicos, contenido de materia orgánica, sedimentación, variación de niveles freáticos e incremento de aguas de lixiviación (indicador compuesto de niveles permisibles para el agua INP); sumado al indicador del estado del suelo y del subsuelo( Indicador de calidad del suelo y subsuelo ICSS), comparado con los estándares de los cambios en propiedades físico-químicas y aumento de la erosión, pérdida de la capa orgánica, cambios en el uso del suelo y estabilidad geotécnica del macizo rocoso (indicador compuesto de estándares para calidad física y química del suelo IES); finalmente se adiciona el indicador del comportamiento físico-biótico (ICFB), comparado con el número de especies taladas, la reducción de la cobertura vegetal, la alteración de los hábitats, migración de especies, contrastes visuales y disposición del material estéril (indicador compuesto de adecuación físico-biótica IAFB).

$$ITA = [ (ICA/ INP) + (ICSS/ IES) + (ICFB/ IAFB) ] / 3 * 100$$

En donde:

ITA: Indicador de tipo ambiental

ICA: Indicador de calidad del agua

INP: Indicador de niveles permisibles para el agua

$$INP = (I_{efq} + I_b + I_{mo} + I_s + I_{nf} + I_l)$$

$I_{efq}$  : Estándares físico-químicos

$I_b$  : Contenido de bacteriológico

$I_{mo}$  : Contenido de materia orgánica

$I_s$  : Sedimentación

$I_{nf}$  : variaciones del nivel freático

$I_l$  : Aumento de aguas de lixiviación

ICSS: Indicador de la calidad física y química del suelo y subsuelo

IES : Indicador compuesto de estándares de calidad física y química del suelo

$$IES = (I_{pfq} + I_e + I_{co} + I_{cus} + I_{eg})$$

$I_{pfq}$ : Parámetros físico-químicos para el suelo

$I_e$  : Aumento de la erosión

$I_{co}$  : Pérdida de la capa orgánica

$I_{cus}$  : Cambios en el uso del suelo

$I_{eg}$ : Estabilidad geotécnica del macizo rocoso

ICFB: Indicador del comportamiento físico – biótico

IAFB: Indicador compuesto de adecuación físico –biótica

$$IAFB = (I_{etP} + I_{cv} + I_{ah} + I_{me} + I_v + I_{de})$$

$I_{etP}$ : Número de especies taladas

$I_{cv}$ : Reducción de la cobertura vegetal

$I_{ah}$ : Alteración de hábitats

$I_{me}$ : Notoriedad de la migración de especies

$I_v$  : Cantidad de contrastes y cambios visuales (paisaje)

$I_{de}$  : Disposición de los estériles

### **Indicador de tipo Social (ITS)**

Este indicador pretende evaluar la dinámica a nivel antrópico, que se desarrolla por la apertura de actividades mineras cercanas a centros poblados o grupos socioculturales preestablecidos; lo que quiere decir, que el indicador busca conocer y evaluar igualmente el impacto evolutivo que la minería produce en aspectos como la demanda de bienes y servicios, la generación de empleo y cambios en el nivel educativo, en los procesos de migración, aumento del fenómeno de urbanización, y aumento del riesgo de accidentalidad.

#### Descripción del Indicador.

Se propone un indicador compuesto, que sea el promedio ponderado de la comparaciones establecidas para cada indicador de tipo social. El primer indicador será el que compare la demanda actual de bienes y servicios (Indicador actual de bienes y servicios IABS) con el crecimiento esperado a futuro y reconocido en el porcentaje estadístico de años anteriores (indicador de estadísticas de bienes y servicios IBS); sumado al indicador de crecimiento de empleos (indicador de crecimiento de empleo ICE), comparado con las estadísticas pasadas y las proyecciones futuras en función del crecimiento de la mina (Indicador de estadísticas de empleo IEE); sumado al indicador que compare los niveles educativos actuales (indicador de nivel educativo actual INE) con los niveles pasados y los esperados a futuro (Indicador de proyección educativa IPE); sumado al indicador que compare los niveles de migración actuales (indicador niveles de migración actuales IMA) con las estadísticas de migración pasadas y futuras para la zona (Indicador de estadísticas de migración IEM), sumado con el indicador que muestre el estado actual de las urbanizaciones (indicador de urbanización IU) con las estadísticas de infraestructura pasada y los planes de crecimiento poblacional, con su respectiva demanda de vivienda y vías de comunicación (Indicador de crecimiento urbanístico ICU), sumado finalmente al Indicador del riesgo por accidentalidad actual, debido a

los trabajos mineros (Indicador de accidentalidad minera IAM), relacionado con las estadísticas de salubridad en cuanto accidentes, de épocas pasadas (Indicador de salubridad pasada ISP).

$$ITS = [ (IABS/ IBS) + (ICE/ IEE) + (INE/ IPE) + (IMA / IEM) + (IU / ICU) + (IAM / ISP) ] / 3 * 100$$

En donde.

ITS : Indicador de tipo social

IABS: Demanda de bienes y servicios

IBS : Datos estadísticos de bienes y servicios

ICE : Crecimiento del empleo

IEE : Datos estadísticos de crecimiento del empleo pasado y tendencias futuristas

INE : Nivel educativo actual

IPE : Proyección educativa

IMA : Niveles de migración actuales

IEM : Estadísticas de migración

IU : Nivel de urbanización aledaña

ICU : Estadísticas de crecimiento urbanístico

IAM : Accidentalidad minera

ISP : Datos de salud en años pasados

## **GENERALIDADES DEL CARBÓN EN COLOMBIA**

Geológicamente los yacimientos de carbón en Colombia se localizan en zonas de la cordillera oriental, asociadas a sedimentos de edad cretácico- terciario, además de los grandes depósitos de la región caribe, igualmente asociados a formaciones de origen marino sedimentario de la misma edad. Se encuentran algunas pequeñas

manifestaciones de carbón en la cordillera central con génesis muy similares.

La producción del carbón en Colombia se realiza en 8 departamentos (provincias). En cabeza se encuentra el departamento de la Guajira, seguido por el departamento del Cesar, siendo una minería para mercados internacionales; en el resto del país la minería es para consumo interno y en orden se encuentran: los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Antioquia, Valle del Cauca y Cauca; contando que la producción ha disminuido paulatinamente, debido a la crisis generalizada del sector.

La minería tecnificada, se realiza a cielo abierto y es netamente para la exportación. Por otro lado, la minería de socavón es fuerte en mano de obra, sin mayor inversión en la tecnificación y dirigida a abastecer el consumo interno del país.

Las explotaciones de carbón del país, tuvieron su inicio a comienzos del siglo XX, determinada por la construcción de ferrocarriles a vapor, seguida por las fábricas de cemento, de textiles, los hornos de sal y la fabricación de ladrillos. Posteriormente en los 40, la producción llegó a las 420.000 toneladas. Pero en los años 50, la acelerada urbanización y la demanda de carbón a nivel industrial en la producción de cemento, y de bienes como el papel, llantas, caucho y productos químicos, incrementan aun más la producción y la construcción de la Siderúrgica de Paz del río y las termoeléctricas de Paipa y Yumbo, que permitieron la expansión de la producción en las minas aledañas.

Por el año 65 la caída del precio y el reemplazo por los combustibles genera un estancamiento; es así como la industrial del carbón declina y se traduce a pequeñas unidades de explotación, tales como las existentes hoy día en el departamento de Boyacá; superando las 1000. pero en los 70 la crisis energética mundial y el aumento del precio del petróleo, el carbón vuelve a ser un producto energético fundamental y se genera una política que le permite a Colombia

entrar en un periodo de gran explotación del recurso. Posteriormente la gran minería se consolida en los años 90 con la apertura de los complejos carboníferos de la Guajira y del Cesar.

### **CARACTERÍSTICAS GENERALIZADAS DE LA PEQUEÑA MINERÍA DEL CARBÓN**

Es innegable que el tamaño de las explotaciones carboníferas y las tecnologías que se utilizan para la extracción del mineral, influyen en los rendimientos. Para la pequeña minería se han establecido unos estándares, tal como sigue:

- A cielo abierto: Hasta 180.000 m<sup>3</sup> de estéril o 24.000 Ton/año de carbón
- Minería subterránea: Hasta 30.000 ton/año.

En cuanto a las tecnologías utilizadas para la extracción del mineral, la pequeña minería es principalmente subterránea o de socavón. En Colombia se utilizan básicamente dos métodos:

- Método de tajo largo: Se caracteriza por permitir una extracción de paneles completos de miles de metros cuadrados, logrando así un máximo aprovechamiento del yacimiento.

El arranque del material se realiza a lo largo de un frente de 200 m de longitud y avanza 1.3 m por ciclo, así mismo va derrumbando el techo del área explotada detrás del frente. Cada ciclo consiste en el arranque y evacuación del carbón, la recuperación y reubicación de las palancas de entibación y reposición del sistema en el frente.

- Extracción por cámaras y pilares: Se utiliza para explotar mantos de carbón horizontales o poco inclinados. Se dejan porciones regulares de carbón en forma de pilares que sirven de soporte y cuyo tamaño dependerá de la resistencia de los mantos y de los estratos superiores. Lamentablemente este método hace que la

cantidad de carbón extraído sea relativamente baja, siendo el más utilizado en Colombia.

A nivel social, la pequeña minería aporta buena parte de la cantidad de empleos en las regiones donde se ejerce, es decir en Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca y Norte de Santander; no obstante en los últimos 5 años, hubo pérdida de empleos, producto del bajo consumo interno del carbón, sobretodo en 1996. De esta manera se produjo el cierre de algunas minas y una notable reducción de empleos.

A nivel educativo, las personas que trabajan en la pequeña minería no alcanzan altos niveles académicos; generalmente tiene solo estudios de básica primaria o ninguno. Caso contrario de la mediana y gran minería, donde las personas cuentan como mínimo con estudios de básica secundaria, técnica y universitaria.

### **EL CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

Este departamento se localiza en la cordillera oriental de Colombia, en donde la zona carbonífera comprende una extensión aproximada de 3300 kilómetros cuadrados, calculándose que las reservas estimadas son del orden de 170.4 millones de toneladas de reservas medidas y 682.7 millones de toneladas de reservas indicadas, ver tabla y mapa No.1. En toda la región predomina la pequeña minería de carbones de tipo térmicos, metalúrgico y semiantracítico; que puede equivaler al 7.2 % de la producción de todo el país, siendo entonces la segunda región más importante, después de la costa Atlántica.

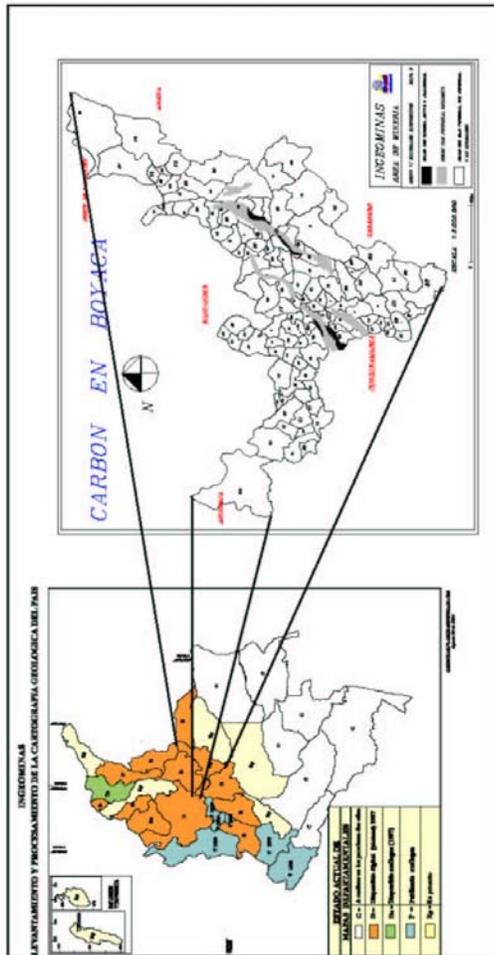
La producción se lleva a cabo a través de más de 1000 explotaciones entre legales e ilegales, todas de pequeña minería, que ocupan una gran mano de obra, pero con técnicas de producción muy rudimentarias, improductivas y peligrosas en ciertos casos.

Como ya se había mencionado, la demanda es mayormente local, cubriendo parcialmente alguna demanda de coque en otras regiones del país. El consumo se realiza a través de sectores como el energético, eléctrico, metalúrgico, en el sector alimenticio y de bebidas y en el sector ladrillero. Las razones por las cuales este carbón, ya sea térmico o metalúrgico, no accedía al mercado internacional, se debió a los altos costos del transporte hacia los puertos de embarque y los costos mismos en los puertos; pero como aparte destacable, puede decirse hoy que las exportaciones de carbón y coque por Buenaventura que en 1999 no existían, hoy se acercan a las 300.000 t/año.

**Tabla No 1. Zonas carboníferas del departamento de Boyacá y reservas en Millones de toneladas. Fuente: Boyacá carbonífera, 1998**

ZONA / AREA	RESERVAS MEDIDAS (Mt)	RESERVAS INDICADAS (Mt)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chequa- Lenguazaque</li> <li>▪ Samacá – Ráquira</li> </ul>	35.7	129.9
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tunja-Paipa - Duitama</li> </ul>	24	97.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sogamoso-Jericó</li> </ul>	102.9	412.3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suesca- Albarracín</li> <li>▪ Tinja – Ventaquemada</li> </ul>	7.8	43.3
<b>TOTAL</b>	170.4	682.7

Exceptuando a unas pocas empresas debidamente constituidas, el nivel de tecnificación de las explotaciones es muy incipiente en toda la región carbonífera. Se nota claramente que el diseño de las operaciones y obras para realizar la minería son empíricas, no obstante se reconoce la actual gestión e interés de los entes directrices del país por mejorar la situación. La ejecución de los trabajos se realiza con muy poco equipamiento y una gran utilización de mano de obra.



**Mapa No. 1 Ubicación de los yacimientos de Carbón en el Departamento de Boyacá –Colombia. Fuente: INGEOMINAS; 1999**

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

El control y la supervisión de las labores se hace por simple observación, es decir, pocas veces se toman las medidas ambientales necesarias con la instrumentación adecuada.

Las minas se encuentran poco electrificadas; generalmente la energía eléctrica se utiliza para accionar los malacates subterráneos y en superficie, las bombas de drenaje, algunas perforadoras y algunos ventiladores. También son utilizados los motores de combustión interna, carros viejos y tractores, que mueven generalmente malacates en superficie.

Algunas veces se utiliza aire comprimido para las operaciones de perforación y arranque de carbón con equipos neumáticos.

La mecanización minera, consiste en el transporte por medio de vagonetas tiradas por malacates, a través de los inclinados, le agua se evacua con bombas eléctricas, los ventiladores auxiliares se utilizan para el saneamiento ambiental.

Se ha visto que todas la operaciones mineras son susceptibles de ser mecanizadas, pero las capacidades de inversión y las posibilidades del mercado del carbón no permiten amortizar de buena manera los grandes capitales requeridos.

En cuanto a la forma de llegar a las reservas, se realiza un trabajo inclinado que sigue el buzamiento de los mantos, el cual es accesible en superficie a través de un afloramiento.

El método de explotación más generalizado, consiste en el ensanche descendiente de tambores, convirtiéndose en un sistema adecuado con el cual se logran recuperaciones del orden del 80% en el corte y rendimientos superiores a 5 ton/h.t.

El método de explotación de tajo abierto, la recuperación es superior al 90% en el corte y el rendimiento es similar al método anterior.

El método de recuperación de pilares permite obtener altas tasas de recuperación, mayores al 80%, pero el rendimiento cae cuando los mantos son poco pendientes, esto debido al difícil acarreo manual del carbón.

La mayoría de las minas tienen arranque manual en varios cortes, con sentidos de explotación tanto en avance como en retirada. La facilidad del arranque depende mucho del clivaje del carbón y de la compresión o descompresión del manto que resulta de la misma explotación. Esta operación presenta muy baja mecanización en la zona y recurre a una intensiva mano de obra; se tiene entonces como consecuencia muy poco costo de capital y poca obtención de carbón limpio.

Económicamente, se presentan dos modalidades en cuanto a los costos de operación. El primero corresponde a una unidad pequeña, con un nivel de contratación de personal muy irregular. Todas las labores se pagan por metro de avance o por tonelada en boca de mina; observándose una margen muy amplia entre el costo directo de producción y el precio de venta al consumidor. La segunda modalidad es muy pequeña en cuanto al número de empresas (tres o cuatro empresas), pero tiene una gran trascendencia a nivel socioeconómico en términos de empleo, seguridad social, capacitación y a su vez representa un alto porcentaje de la producción regional. Igualmente las prácticas mineras son más tecnificadas y seguras, realizan inversiones en exploración y desarrollo de minas y administrativamente son muy bien ajustadas. Sin embargo, los rendimientos económicos por unidad de producción para las empresas mineras de la segunda modalidad, son menores que las obtenidas por los pequeños mineros y el tamaño de las inversiones adicionales que ejecutan, no es proporcional a su mayor producción.

En cuanto a la infraestructura, la región cuenta con una buena red vial, hablando en términos de carreteras principales y secundarias; pero en algunos casos, las vías de acceso a las minas se encuentran

muy descuidadas, afectando directamente el buen estado de los vehículos de transporte del carbón y la complejidad de esta actividad.

La distribución de energía eléctrica en la región es buena, y puede extenderse hasta las minas para una mejor mecanización.

Los asentamientos humanos tienen unas condiciones de vida muy aceptables, esto en cuanto a salud y servicios básicos.

Algunas de las minas tienen campamentos o bien montajes externos en buenas condiciones, incluyendo oficinas, casinos y talleres, patios y tolvas de almacenamiento.

Los malacates exteriores están bien protegidos dentro de casetas, y la comunicación con el interior de las minas, aunque es un poco rudimentario, muestra ser eficiente.

En cuanto al planeamiento minero, podría decirse en términos generales que no existe. EL yacimiento presenta una buena regularidad geológica, pero el planeamiento es a corto plazo con trabajos de tipo inmediatista. Por esta falta de planeación y conocimiento, algunas veces se atacan los mantos de una secuencia no apropiada con la consecuente dificultad en la programación de la explotación y llegando en algunos casos a esterilizar buenas reservas.

Existe una marcada dependencia de los niveles de producción de las condiciones del mercado local; esto lleva a prologados períodos de inactividad o bajos ritmos en la explotación, lo que trae consecuencias muy desfavorables sobre el estado y el mantenimiento de las labores subterráneas y también en superficie.

Ambientalmente se conocen varios problemas que afectan los recursos del medio físico y el paisaje circundante. Se observa manejo inadecuado de botaderos, los cuales crecen desde la bocamina sin planeación alguna. Los frentes ya explotados se rellenan con estériles y aunque algunos botaderos están bien ubicados y no presentan riesgos de contaminación en épocas de lluvia, existen otros que se

han dispuesto en zonas de fuente pendiente, que dan a quebradas permanentes, en donde se produce una severa erosión en tiempos de lluvia.

En tiempo seco, se generan altas cantidades de polvo sobretodo en las carreteras, el aspecto general del paisaje es de relieve con deforestación evidente en las laderas cercanas a las minas; el consumo de madera excede la tasa de renovación.

Se presentan igualmente zonas de pastos quemados, debido a las aguas ácidas de la minería que se vierten indiscriminadamente y que terminan siendo aguas de escorrentía. En las épocas de lluvia, la contaminación de ríos y quebradas se vuelve más crítica, debido al arrastre de material estéril y al lavado de los pastos quemados.

El impacto sobre las aguas, producido por la actividad minera del carbón en el departamento de Boyacá; es más fuerte en algunas regiones, en las cuales por ejemplo, es evidente que las aguas son ácidas y llevan gran cantidad de sólidos disueltos. Este material disuelto es producto de la erosión en botaderos, aceites y grasas de lavados en las zonas de talleres y casas de máquinas y de los lodos en las vías de acceso. Algunas minas, como las de la región de Samacá, han instalado algunas obras para el control de sedimentación, neutralizando y clarificando las aguas provenientes de las minas.

Las aguas superficiales directamente afectadas por las descargas de las minas, presentan pH ácido entre 3.6 y 6.0; algunas se ven de color rojizo reflejando las altas concentraciones en Hierro.

A nivel social, se estima que son alrededor de 20.000 familias las que dependen de este oficio y toda una comunidad minera cercana a las 600.000 personas entre productores, exportadores e inversionistas mineros.

## **ANÁLISIS GENERALIZADO DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA PEQUEÑA MINERÍA DEL CARBÓN EN BOYACÁ.**

Para aplicar la metodología de indicadores de sustentabilidad planteada anteriormente, es necesario aclarar que no se cuenta con toda la información estadística necesaria; por tanto se hará un análisis de tipo cualitativo y semicuantitativo, que permita diagnosticar a grandes rasgos y basados en las características del carbón en Boyacá, el grado de sustentabilidad que esta importante región carbonífera de Colombia, viene manejando.

### ▪ Indicador de tipo técnico (ITT)

En el departamento de Boyacá, el grado de tecnificación y beneficio del carbón, se encuentran un poco limitados, a excepción de unas cuantas minas. No se cuenta con la inversión económica necesaria que permita crear un sistema de explotación organizado, además que en muchas ocasiones no se hace una clasificación del carbón de acuerdo a sus propiedades, para así optimizar sus futuras utilidades en el mercado.

De una manera general y basados en los parámetros establecidos para la determinación de este primer indicador, puede decirse que.

$$ITT = [ (IER / IET) + (IBR / IBO) ] / 2 * 100$$

$$ITT = [ (40/100) + (50/100) ] / 2 * 100$$

$$ITT = 45$$

En donde:

ITT: Indicador de tipo de tecnificación, valorado entre 0 y 100

IER: Adecuación real del método de extracción utilizado

IET: Parámetros teóricos preestablecidos para la extracción de minerales del yacimiento en cuestión

IBR: Indicador del sistema de beneficio utilizado en el momento

IBO: Indicador del sistema de beneficio óptimo, establecido teóricamente

▪ Indicador de tipo económico (ITE)

Para analizar este indicador de tipo económico, primero se puede establecer que el carbón posee una valiosa importancia estratégica para la región, a pesar de los periodos en los cuales el consumo baja; aun no se han encontrado un mineral o un elemento que pueda sustituir completamente la utilización del carbón. Sin embargo, los costos de producción son altos, comparados con los precios del carbón en el mercado; esto debido principalmente a la mala administración que se vive en las minas

$$ITE = [ (IDA/IVP) + (IVI/ICP) + (IS/IIE) ] / 3 * 100$$

$$ITE = [ (45/ 70) + (85/ 80) + (40/ 90) ] / 3 * 100$$

$$ITE = 69.5$$

En donde:

ITE: Indicador de tipo económico

IVP: Indicador de los volúmenes de producción actual

IDA: Indicador de la demanda actual en el mercado

ICP: Indicador de los costos de producción actuales del yacimiento en cuestión

IVI: Indicador del valor de ingresos o ganancias, por comercialización del mineral

IIE: Indicador de la importancia estratégica actual del mineral a nivel local y regional

IS : Indicador de las tendencias de sustitución del mineral

▪ Indicador de tipo ambiental (ITA)

La extracción del carbón en Boyacá, afecta considerablemente las aguas y los suelos en épocas de lluvia; pero actualmente se han establecido algunos programas de control, que mitigan estos impactos. En cuanto a la contaminación del aire, ésta se hace más severa en épocas secas, debido al aumento del polvo en las vías, además de algunas concentraciones de gases como el metano, en algunas galerías de las minas y que pueden afectar la salud e integridad física de los mineros. EL paisaje se ve afectado en algunos sectores, debido a la mala distribución del material estéril, pero también es un fenómeno controlable. En cuanto a la vegetación, se dice que la deforestación es notoria, debido a la gran demanda de utilización de la madera y la consecuente erosión que se genera.

$$ITA = [ (ICA/ INP) + (ICSS/ IES) + (ICFB/ IAFB) ] / 3 * 100$$

$$ITA = [ (70/ 100) + (70/ 100) + (40/ 100) ] / 3 * 100$$

$$ITA = 60$$

En donde:

ITA: Indicador de tipo ambiental

ICA: Indicador de calidad del agua

INP: Indicador de niveles permisibles para el agua

$$INP = (Iefq+ Ib + Imo+ Is + Inf + Il)$$

Iefq : Estandares fisico-químicos

Ib : Contenido de bacteriológico

Imo : Contenido de materia orgánica

Is : Sedimentación

Inf : variaciones del nivel freático

II : Aumento de aguas de lixiviación

ICSS: Indicador de la calidad física y química del suelo y subsuelo

IES : Indicador compuesto de estándares de calidad física y química del suelo

$$IES = (I_{pfq} + I_e + I_{co} + I_{cus} + I_{eg} )$$

$I_{pfq}$ : Parámetros físico-químicos para el suelo

$I_e$  : Aumento de la erosión

$I_{co}$  : Pérdida de la capa orgánica

$I_{cus}$  : Cambios en el uso del suelo

$I_{eg}$ : Estabilidad geotécnica del macizo rocoso

ICFB: Indicador del comportamiento físico – biótico

IAFB: Indicador compuesto de adecuación físico –biótica

$$IAFB = (I_{etP} + I_{cv} + I_{ah} + I_{me} + I_v + I_{de})$$

$I_{etP}$ : Número de especies taladas

$I_{cv}$ : Reducción de la cobertura vegetal

$I_{ah}$ : Alteración de hábitats

$I_{me}$ : Notoriedad de la migración de especies

$I_v$  : Cantidad de contrastes y cambios visuales (paisaje)

$I_{de}$  : Disposición de los estériles

▪ Indicador de tipo Social (ITS)

Socialmente el departamento de Boyacá presenta problemas de seguridad, pero que no están totalmente asociados a la problemática del carbón. Se conoce que las poblaciones relacionadas con las explotaciones de carbón y las personas que trabajan directamente en la minería, cuentan con los servicios básicos

necesarios. La generación de empleo es sostenible en algunas minas e intermitente en otras, dependiendo de la situación del mercado. EL nivel educativo es bajo, pero tendiendo cada día a notorias mejoras de capacitación básica.

$$ITS = [ (IABS/ IBS) + (ICE/ IEE) + (INE/ IPE) + (IMA / IEM) + (IU / ICU) + (IAM / ISP) ] / 6 * 100$$

$$ITS = [ (90/ 100) + (80/ 80) + (50/ 80) + (50 / 70) + (60 / 70) + (50 / 100) ] / 6 * 100$$

$$ITS = 76.4$$

En donde.

ITS : Indicador de tipo social

IABS: Demanda de bienes y servicios

IBS : Datos estadísticos de bienes y servicios

ICE : Crecimiento del empleo

IEE : Datos estadísticos de crecimiento del empleo pasado y tendencias futuristas

INE : Nivel educativo actual

IPE : Proyección educativa

IMA : Niveles de migración actuales

IEM : Estadísticas de migración

IU : Nivel de urbanización aledaña

ICU : Estadísticas de crecimiento urbanístico

IAM : Accidentalidad minera

ISP : Datos de salud en años pasados

Los indicadores permiten establecer que el estado actual de la pequeña Minería del carbón que se viene desarrollando en el Departamento de Boyacá, aún se encuentra dentro de los límites permisibles de sostenibilidad y desarrollo; mostrando las fuertes falencias que se tienen en todos los aspectos analizados y a su vez, permitiendo conocer las características más favorables para continuar con la explotación adecuada de las grandes reservas que posee la región.

Un promedio de la calificación, obtenida para los 4 grandes indicadores evaluados, presenta un valor de 62.7 sobre 100 como valor ideal.

Sumado a estos resultados, se establece el supuesto que ante una previsible demanda de coque por parte de USA, debida a restricciones ambientales por la quema, los depósitos de carbón de Boyacá podrían constituirse en una gran oportunidad para fomentar las explotaciones tecnificadas y una buena comercialización, mejorando notoriamente la sostenibilidad que el departamento maneja en la actualidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CARBOCOL, COLCIENCIAS, INGEOMINAS, UNIVERSIDAD NACIONAL 1993. Estudio sobre las características y usos tecnológicos de los carbones Colombianos. Zona Cundinamarca-Boyacá (Chequa – Lenguazaque).
- ECOCARBON 1995. Control de contaminación del agua en la pequeña Minería subterránea del carbón. Bogotá
- HUERTAS G 1995. Impacto Ambiental de la pequeña Minería carbonífera del sur-occidente del país.
- MINERCOL 2001. Guía Ambiental, carbón- Minería subterránea
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, UPME 1998. Plan Nacional de Desarrollo Minero

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE  
LIXIVIAÇÃO EM PILHA DE MINÉRIOS AURÍFEROS  
VOLTADOS AO DESENVOLVIMENTO DE CRITÉRIOS DE  
SUSTENTABILIDADE**

*Luiz Rogério Pinho de Andrade Lima<sup>1</sup>, Roberto C. Villas Bôas<sup>2</sup>,  
Hélio Marques Kohler<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Rua Aristides  
Novis 2, Federação, Salvador, Bahia, 40210-630.

<sup>2</sup>Centro de Tecnologia Mineral (CETEM-CNPq), Rua 4, Quadra D,  
Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, 21941-590

<sup>3</sup>Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Caixa Postal  
38008, Rio de Janeiro, RJ, 22453-900

---

**RESUMO**

Este artigo apresenta um algoritmo computacional desenvolvido com o objetivo de simular a evolução temporal do processo de lixiviação de minérios auríferos em pilha. Ele utiliza dados físico-químicos, geométricos e operacionais, tais como: composição dos metais lixiviáveis no minério, fluxo e concentração do lixivante, parâmetros de passivação, distribuição granulométrica do minério, porosidade e saturação na pilha (ou o tempo médio de residência do líquido no seu interior), massa, altura e área média da pilha. Este algoritmo envolve a divisão da pilha em segmentos horizontais e planares, de cujas interações os resultados de extração de ouro, consumo de lixivante e enriquecimento dos licores percolantes são calculados. O núcleo de cálculo do sistema é a equação que descreve a reação sólido-fluido sob controle difusivo (núcleo não reagido), a qual é resolvida para cada camada, em cada intervalo de tempo. No cálculo do progresso da extração, o escoamento na pilha é considerado como unidimensional com fluxo volumétrico constante, mas com a concentração das espécies

variáveis. Este algoritmo se revelou robusto e estável, com fraca dependência do número de subdivisões adotada para a pilha. O tempo médio de residência da solução no seio da pilha e a difusividade efetiva do cianeto no minério influenciam significativamente as evoluções temporais da extração do ouro e a sua concentração no licor de lixiviação. Os resultados obtidos com este algoritmo, quando aplicados a um caso industrial revelaram uma boa capacidade de representação, bem como adequados à formulação de critérios de sustentabilidade para a operação e/ou pilha.

Palavras chave: lixiviação em pilha, simulação, ouro, sustentabilidade

## **1. INTRODUÇÃO**

O processo de lixiviação em pilha vem sendo utilizado no Brasil, Estados Unidos, Austrália e Chile, dentre outros, como um eficiente método para o tratamento de minérios auríferos oriundos de depósitos de pequeno porte ou com baixos teores.

Neste processo, o minério grosseiro é empilhado sobre uma superfície previamente impermeabilizada e preparada para ficar com uma pequena inclinação, a qual permite a drenagem da solução resultante. No topo da pilha assim formada é borrifada ou gotejada uma solução de lixiviante que percola o seu leito e dissolve progressivamente alguns constituintes da rocha até atingir a sua base impermeabilizada, quando então, o licor de lixiviação é conduzido para a etapa de recuperação.

O desempenho de um certo minério a ser submetido ao processo de lixiviação em pilha pode ser avaliado através de testes em colunas e em pequenas pilhas. Estes testes dão o consumo de lixiviante e a sua concentração no licor de lixiviação, a máxima extração dos metais, a sua evolução temporal e as suas concentrações no licor de lixiviação. Existe, entretanto, uma dificuldade para o escalamento, devido a difícil reprodução das proporções geométricas das pilhas industriais e das suas

condições hidrodinâmicas, que associada ao custo e ao tempo dos ensaios, conduzem a utilização de modelos fenomenológicos para a análise e para o projeto destes circuitos.

Encontra-se na literatura, a partir do fim dos anos 60 diversos modelos matemáticos fenomenológicos que descrevem o processo de lixiviação em pilha [1]. A maior parte destes, entretanto, foi desenvolvida para a lixiviação de minérios oxidados e sulfetados de cobre, assim como para lixiviação de pirita, no caso da formação de drenagem ácida.

Estes modelos são baseados na realização de um balanço de massa das espécies envolvidas, tanto no leito da pilha quanto na partícula do minério e da utilização de relações cinéticas para a representação das reações minério-lixivante. Diversas hipóteses simplificadoras são consideradas para viabilizar a solução do sistema de equações diferenciais parciais assim obtido, sem uma apreciável perda na qualidade dos resultados.

Dentre estes modelos fenomenológicos pode-se destacar alguns como o modelo apresentado por Chae e Wadsworth [2], que utiliza a equação da continuidade para descrever o escoamento da solução no leito da pilha e um modelo cinético derivado do modelo de centro não reagido para descrever a reação minério-lixivante. Os seus resultados foram validados com testes de lixiviação ácida de um minério oxidado de cobre. Posteriormente, Dixon e Hendrix [3] apresentaram um modelo que utiliza um equacionamento rigoroso, resolução por diferenças finitas e validação com resultados de experimentos de cianetação de um minério sintético de prata. Sanchez-Chacon e Lapidus [4] apresentaram recentemente uma abordagem similar a anteriormente descrita, mas modificando o modelo cinético, uma das condições de contorno e o método de resolução numérica do problema.

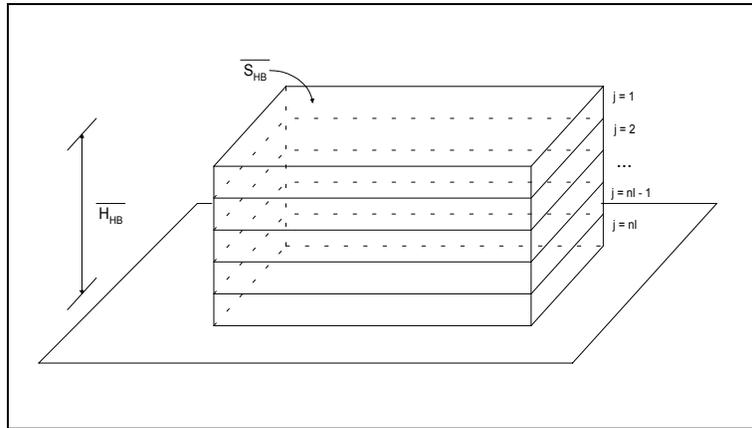
Dentre os modelos simplificados destaca-se o modelo de Roman [5], inicialmente proposto para descrever a lixiviação ácida de minérios oxidados de cobre, e que serviu de ponto de partida para alguns dos

outros trabalhos abaixo descritos. Neste modelo, um algoritmo, que permite contornar a resolução do sistema de equações diferenciais, foi utilizado para descrever o escoamento, livre de dispersão axial (pistom) da fase líquida no interior da pilha e o modelo de centro não reagido foi utilizado para representar a reação do minério com o lixivante.

O modelo proposto por Box e Prosser [6-7] é uma generalização do modelo de Roman. Ele leva em consideração a interação simultânea de diversos minerais e lixiviantes, além dos próprios produtos de lixiviação, que eventualmente podem participar deste sistema reagente. Neste caso, o modelo de centro não reagido foi utilizado para descrever as reações sólidos-reagentes e o algoritmo de Roman foi utilizado para descrever o escoamento pistom do líquido no leito da pilha. Além disto, foram acrescentadas correlações empíricas para estimar o volume de líquido retido na pilha [8]. Este modelo foi posteriormente particularizado para o caso da lixiviação cianídrica de minérios auríferos na qual podem participar outros metais lixiviáveis [9].

## **2. DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO**

No presente estudo, é proposto, para descrever a lixiviação cianídrica de minérios auríferos, um modelo matemático dinâmico baseado nas hipóteses de que a pilha pode ser aproximada por esta forma geométrica simplificada, que o escoamento do líquido no seu leito ocorre sem apreciável dispersão axial, que o tempo médio de residência da solução no seu interior não varia com o tempo ou com a posição vertical, que a pilha apresenta uma distribuição granulométrica e de teores dos metais lixiviáveis homogênea e que as reações metais-lixivante são controladas por difusão do lixivante no interior das partículas pouco porosas do minério.



**Figura 1 - Modelo geométrico da pilha**

A pilha de minérios, aproximada por um paralelepípedo, mostrado na Figura 1, é subdividida em  $n_l$  camadas de igual espessura, nas quais a solução, contendo o lixiviante e os produtos da lixiviação das camadas superiores, permanece retida por um tempo  $\Delta\tau = \tau/n_l$ . Como decorrência da hipótese de que o tempo de residência médio da solução em cada camada é constante, a fração de líquido retido na pilha relaciona-se com este através da Eq. (1).

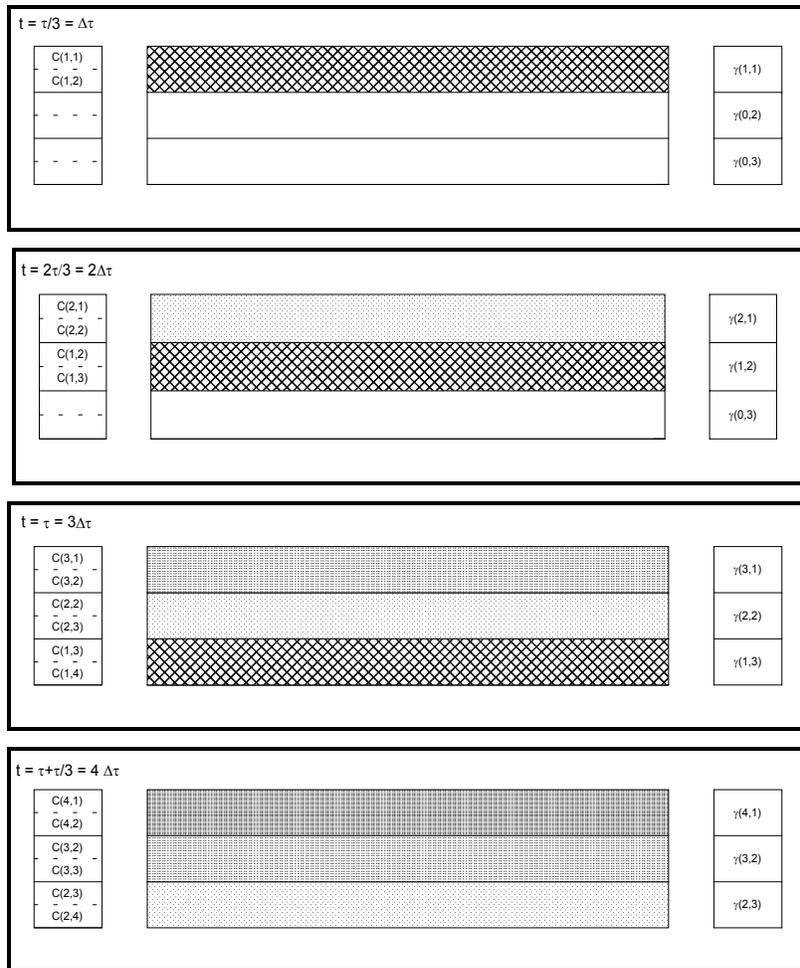
$$(\sigma_{HB} \varepsilon_{HB}) = \left[ \frac{\tau(Q/S_{HB})}{H_{HB}} \right] \quad (1)$$

O modelo de escoamento utilizado envolve o acompanhamento do líquido desde a sua entrada na primeira camada até a sua saída na base da pilha, que devido a hipótese de escoamento pistom, tarda um tempo igual ao tempo de residência médio da solução na pilha ( $\tau$ ). Isto é feito através do incremento do contador do tempo, em múltiplos ( $t$ ) do tempo de residência da solução nas camadas, do posterior incremento, em ordem inversa, do contador das camadas ( $j$ ) desde a última até a primeira (sempre que o tempo

transcorrido for maior que o tempo médio de residência da solução na pilha), do posterior incremento do indicador da classe granulométrica (i) e do posterior incremento do contador que indica o metal lixiviável (m). Desta forma, calcula-se a recuperação dos metais em cada classe granulométrica, em cada camada e em toda pilha, assim como, as concentrações, dos metais e do lixiviante, que entram  $C(t,j)$  e que saem  $C(t,j+1)$  de cada camada (j) e dos teores residuais dos metais  $\gamma(t,j)$ , que serão lixiviados nos instantes posteriores.

Na Figura 2 o esquema seqüencial de cálculo acima descrito é mostrado para o caso de uma pilha, subdividida em três camadas, que é lixiviada por um tempo igual a  $(nl+1)/nl$  do tempo médio de residência da solução na pilha. No instante  $t=1$  o líquido que entra na primeira camada, com uma concentração  $C(1,1)$ , encontra o metal com teor  $\gamma(0,1)$  e nela permanece por um tempo  $\Delta t$  saindo com uma concentração  $C(1,2)$  e deixando um teor residual de metal  $\gamma(1,1)$ . No instante  $t=2$  o líquido que entra na segunda camada, com uma concentração  $C(1,2)$ , encontra o metal com teor  $\gamma(0,2)$  e aí permanece por um tempo  $\Delta t$  saindo com uma concentração  $C(1,3)$  e deixando um teor residual de metal  $\gamma(1,2)$ , enquanto que o líquido que entra na primeira camada, com uma concentração  $C(2,1)$ , encontra o metal com teor  $\gamma(1,1)$  e aí permanece por um tempo  $\Delta t$ , saindo com uma concentração  $C(2,2)$  e deixando um teor residual de metal  $\gamma(2,1)$ . Proceder-se desta forma até que a solução que entrou no primeiro instante seja drenada (no tempo  $t=3$ ) e em seguida sejam drenadas as outras frações.

Devido ao grande tamanho das partículas de minério utilizadas nas pilhas, existe um predominante caráter difusivo nas reações metais-lixiviante que podem ser descritas por um modelo reativo simplificado como o modelo de centro não reagido mostrado na Eq. (2) e descrito no Apêndice 1.



**Figura 2 - Modelo do escoamento da solução e do cálculo das concentrações (C) e dos teores residuais ( $\gamma$ )**

$$\frac{d\alpha'_{tjim}}{dt} = \frac{K_{tjim}}{(1 - \alpha'_{tjim})^{-1/3} - 1} \quad (2)$$

Onde:

$$K_{tjim} = \frac{3CCN_{tj} D_{CN}}{\left[ \rho \sum_{m=1}^{nm} (lc_m \gamma_m \theta_m) \right] R_i^2} = \frac{3CCN_{tj} D_{CN}}{\rho lc_T R_i^2}$$

Diversos metais presentes no minério podem ser complexados pelo cianeto. O consumo de lixiviante individual para cada metal lixiviável pode ser estimado, a partir do consumo total, dos teores iniciais dos metais e dos fatores estequiométricos, através da Eq. (3).

$$lc_m = \frac{lc_T}{\theta_m \gamma_m} \left( \frac{F_m}{AW_m} / \sum_{m=1}^{nm} \frac{F_m}{AW_m} \right) \quad (3)$$

Manipulando-se algebricamente a Eq. (2), como é mostrado no Apêndice 2, chega-se a Eq. (4), que pode ser resolvida analiticamente e fornece as recuperações individuais, no tempo  $t \cdot \Delta t$  de cada metal lixiviável  $m$ , contido nas partículas da faixa granulométrica  $i$ , localizada na camada  $j$ , quando são conhecidos o valor da recuperação no tempo anterior  $(t-1 \cdot \Delta t)$ , o valor da concentração do lixiviante proveniente da camada anterior e os teores iniciais dos metais.

$$\alpha'^3_{tjim} + b_{tjim} \alpha'^2_{tjim} + c_{tjim} \alpha'_{tjim} + d_{tjim} = 0 \quad (4)$$

Devido a impossibilidade da solução lixiviante difundir-se completamente no interior das partículas do minério e assim dissolver completamente os metais lixiviáveis, utiliza-se para obter as recuperações possíveis dos metais ( $\alpha'_{tjim}$ ), fatores de passivação ( $\alpha_m$ ),

como indica a Eq. (5), que podem ser determinado experimentalmente.

$$\alpha_{t_{jim}} = \alpha'_{t_{jim}} \theta_m \quad (5)$$

Assumindo-se que a distribuição granulométrica de minério é conhecida e homogeneamente distribuídas em cada uma das **nl** camadas, que no incremento de tempo em que a Eq. (4) é resolvida não ocorre apreciável alteração no teor das partículas e que os teores dos metais lixiviáveis em cada faixa granulométrica são conhecidos, pode-se determinar para cada instante a recuperação global dos metais em cada camada, através da Eq. (6).

$$\alpha L_{t_{jm}} = \frac{\sum_{i=1}^{nf} (\alpha_{t_{jim}} w_{ji} \gamma_{jim})}{\sum_{i=1}^{nf} (w_{ji} \gamma_{jim})} = \sum_{i=1}^{nf} (\alpha_{t_{jim}} f_i) \quad (6)$$

Admitindo-se que as **nl** camadas da pilha tem a mesma massa, as recuperações globais dos metais lixiviáveis da pilha em cada instante podem ser calculadas pela Eq.(7).

$$\alpha H_{tm} = \frac{\sum_{j=1}^{nl} (\alpha L_{t_{jm}} w_j \gamma_{jm})}{\sum_{j=1}^{nl} (w_j \gamma_{jm})} = \frac{\sum_{j=1}^{nl} (\alpha L_{t_{jm}} \gamma_{jm})}{\sum_{j=1}^{nl} (\gamma_{jm})} \quad (7)$$

Os teores residuais dos metais em cada camada da pilha são atualizados em cada instante utilizando-se a Eq.(8).

$$\gamma r_{t_{jm}} = \gamma_{ojm} (1 - \alpha L_{t_{jm}}) \quad (8)$$

A concentração do lixiviante na solução que deixa a camada **j** da pilha é calculada usando-se a Eq. (9) enquanto que as

concentrações dos metais na solução que deixa a camada **j** da pilha são atualizadas utilizando-se a Eq. (10), que corresponde a um balanço de massa nas camadas.

$$CCN_{tj+1} = CCN_{tj} - \left( \frac{M_{HB} \gamma_m}{S_{HB} H_{HB}} \right) \sum_{m=1}^{nm} [lc_m (\alpha L_{tjm} - \alpha L_{t-1jm})] \quad (9)$$

$$CM_{tj+1m} = CM_{tjm} + \left( \frac{M_{HB} \gamma_m}{S_{HB} H_{HB}} \right) (\alpha L_{tjm} - \alpha L_{t-1jm}) \quad (10)$$

### 3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO MODELO

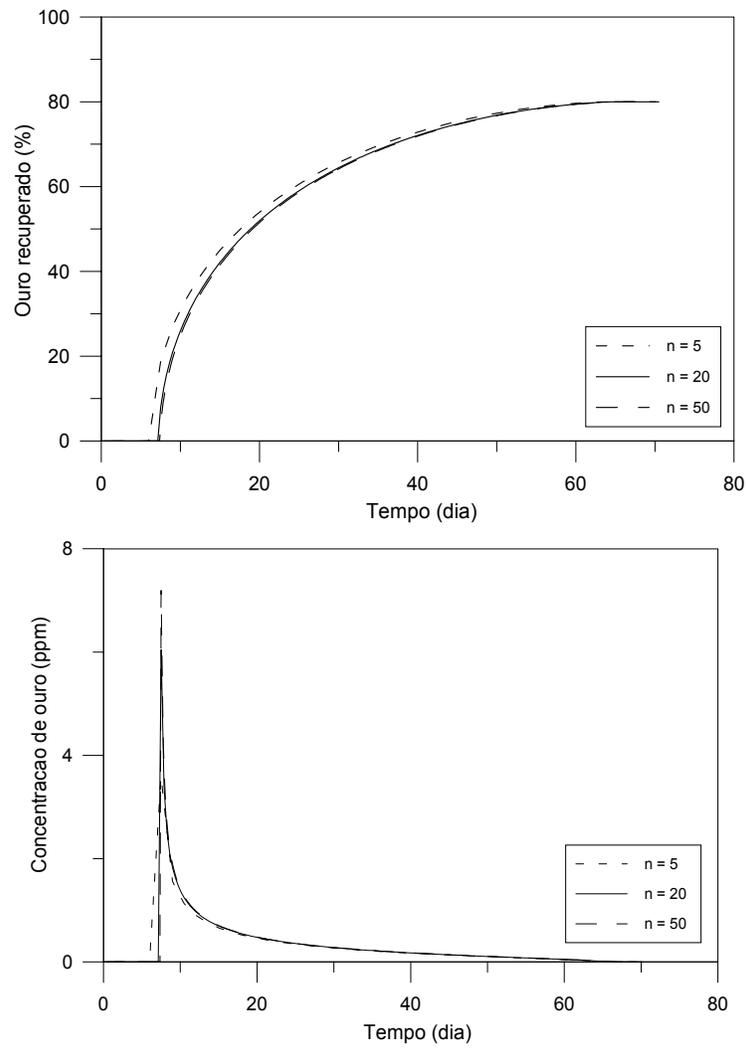
Aqui é mostrado apenas o efeito de algumas variáveis para uma visualização da sua ação sobre o desempenho do modelo. Tomou-se com base o Caso 1 da Tabela 2 e comparou-se os seus resultados com aqueles obtidos com outras situações simuladas alterando-se o número de subdivisões da pilha (Casos 2 e 3), a difusividade efetiva do cianeto (Casos 4 e 5) e o tempo médio de residência da solução (Casos 6 e 7). Os resultados destes testes são mostrados nas Figuras 3 à 5. Pode-se ver que o número de subdivisões da pilha não apresenta apreciável efeito sobre os resultados de recuperação e da concentração do ouro na solução, que a difusividade efetiva do lixiviante bem como o tempo médio de residência da solução na pilha modificam fortemente os resultados. O que confirma as análises de sensibilidade mais detalhadas feitas anteriormente para este modelo [1,10,11].

A difusividade efetiva do lixiviante e o tempo médio de residência da solução na pilha não podem ser obtidas diretamente, mas podem ser estimadas se utilizadas como parâmetros de calibração do modelo. Elas podem ser posteriormente associadas através de correlações empíricas com as condições operacionais do processo,

tais como: altura e massa da pilha, distribuição granulométrica do minério, vazão e concentração do lixiviante.

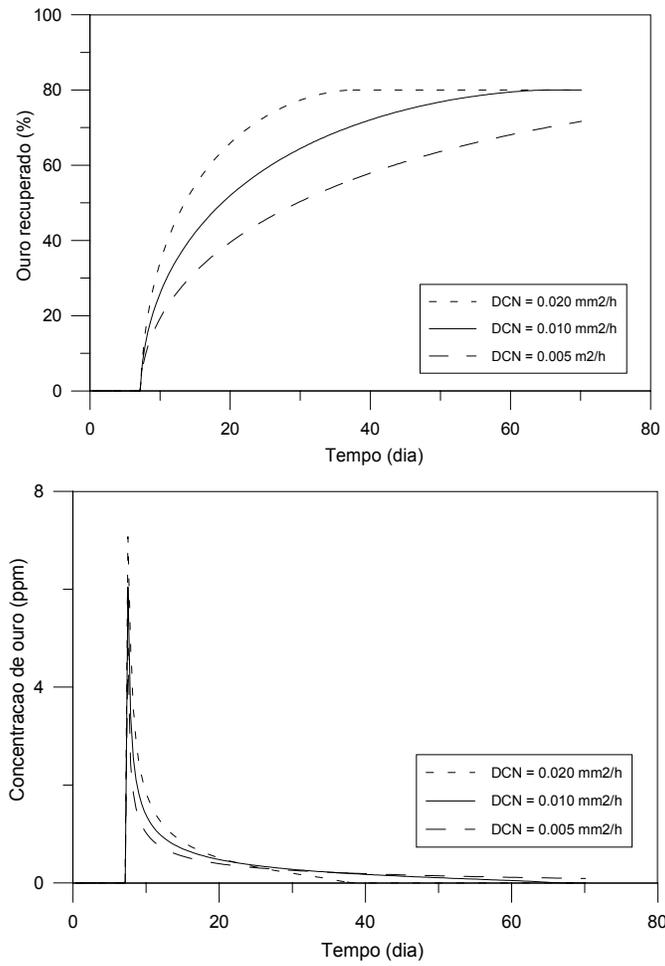
**Tabela 2: Dados usados para análise de sensibilidade do modelo**

		1	2	3	4	5	6	7
$D_{CN}$	$[mm^2 h^{-1}]$	0,010	0,010	0,010	<b>0,005</b>	<b>0,020</b>	0,010	0,010
$\rho$	$[g cm^{-3}]$	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
$lc_T$	$[g kg^{-1}]$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
$\gamma_{Au}$	$[g t^{-1}]$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
$\theta_{Au}$	$[\%]$	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
$H_{HB}$	$[m]$	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
$M_{HB}$	$[t]$	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
$S_{HB}$	$[m^2]$	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
$\tau$	$[dia]$	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	<b>5,0</b>	<b>10,0</b>
$C_{CN}$	$[g l^{-1}]$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$Q/S_{HB}$	$[l h^{-1} m^{-2}]$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>nl</b>		20	<b>5</b>	<b>50</b>	20	20	20	20
$R_1$	$[mm]$	9,525	9,525	9,525	9,525	9,525	9,525	9,525
$f_1$	$[\%]$	100	100	100	100	100	100	100

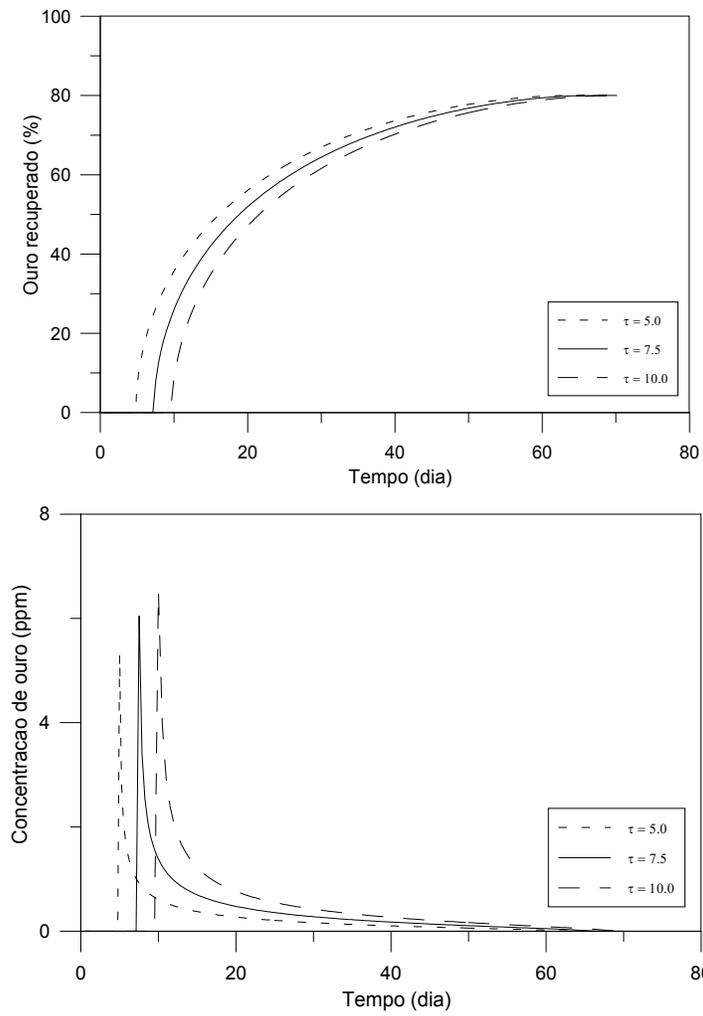


**Figura 3 - Efeito do número de subdivisões da pilha**

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*



**Figura 4 - Efeito da difusividade efetiva do cianeto**



**Figura 5 - Efeito do tempo de residência da solução na pilha**

#### 4. ESTUDO DE CASO

Utilizou-se a difusividade efetiva do cianeto no minério e o tempo de residência do líquido na pilha como os parâmetros de ajuste do modelo. O critério de minimização foi calculado através da Eq.(11), que descreve a soma ponderada do quadrado dos desvios associados a recuperação do ouro e a sua concentração no licor de lixiviação, levando em consideração o número de subdivisões da pilha.

$$Jc = \frac{\sum_{t=1}^{T_{\max}} \sum_{m=1}^{nm} \left[ \omega_{1m} (CMR_{tm} - CM_{t(nl+1)m})^2 + \omega_{2m} (\alpha R_{tm} - \alpha H_{tm})^2 \right]}{nl} \quad (11)$$

Para avaliar o modelo considerou-se uma das pilhas (RSM 42) da Rio Salitre Mineração (CBPM) que localizava-se na faixa Weber, pertencente a região do Greenstone belt do Rio Itapicuru (Bahia). O minério era composto pela parte oxidada do depósito e apresentava teores de sulfeto e de metais lixiviáveis desprezíveis.

A Tabela 3 apresenta os dados usados para a simulação. Devido a não disponibilidade da distribuição de tamanho das partículas, da altura e da área média da pilha, os valores nominais destes parâmetros foram utilizados.

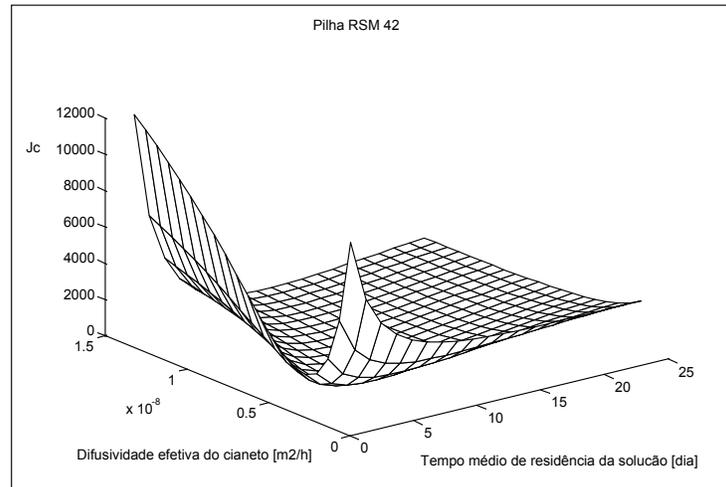
A Figura 6 mostra como o critério de minimização (Jc) varia com a difusividade efetiva e com o tempo médio de residência da solução para a pilha RSM 42. Nota-se a existência de uma região de mínimo, correspondente aos melhores valores dos parâmetros estimados. Os ponderadores  $\omega_1$  e  $\omega_2$  foram considerados unitários neste caso, pois desta forma garante-se que os desvios entre os valores simulados e experimentais para a curva de recuperação influenciam mais o critério Jc.

A utilização do método de otimização de Nelder e Mead [12] permitiu a calibração do modelo com a determinação da difusividade

efetiva do cianeto e do tempo médio de residência da solução para a pilha RSM 42, indicados com (\*) na Tabela 3. O valor da difusividade efetiva obtido é aceitável, podendo ser encontrado, por exemplo, em uma partícula de minério de porosidade 2% e tortuosidade 20.

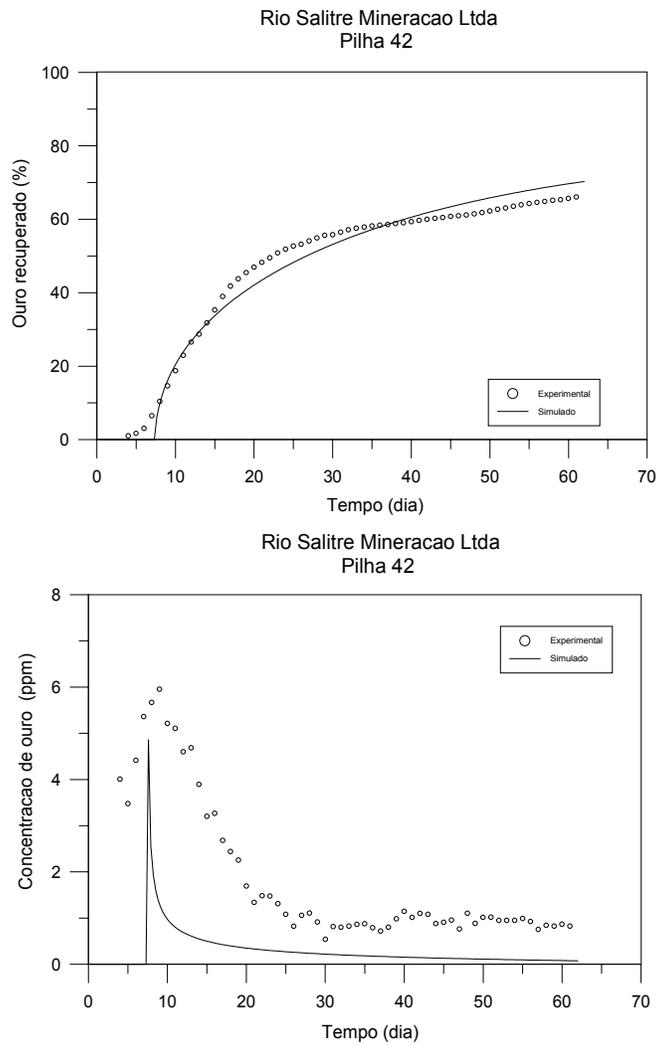
**Tabela 3: Dados para a simulação**

		RSM 42
$D_{CN}$	$[m^2 h^{-1}]$	$6,0 \times 10^{-9} *$
$\rho$	$[g cm^{-3}]$	2,7
$lc_T$	$[g kg^{-1}]$	0,292
$\gamma_{Au}$	$[g t^{-1}]$	2,60
$\theta_{Au}$	$[\%]$	75,1
$H_{HB}$	$[m]$	4,5
$M_{HB}$	$[t]$	14726
$S_{HB}$	$[m^2]$	2616
$\tau$	$[dia]$	7,60 *
$C_{CN}$	$[g l^{-1}]$	1,0
$Q/S_{HB}$	$[l h^{-1} m^{-2}]$	4,8
$R$	$[mm]$	9,525
$nl$		25



**Figura 6 - Variação do critério  $J_c$  com os parâmetros estimados ( $D_{CN}$  e  $\tau$ )**

Os resultados da calibração, apresentados na Figura 7, mostram a existência de alguns desvios entre os resultados experimentais e simulados, que podem ser creditados as descon siderações da distribuição granulométrica do minério, da área e da altura médias, do escoamento na base impermeabilizada da pilha, assim como, da limitação do modelo de escoamento adotado. Além disso, a concentração residual do ouro no licor de lixiviação e a sua recirculação explica as discrepâncias no final da curva de concentração. Nota-se, entretanto, que o comportamento das curvas simuladas são próximos das experimentais e que as suas tendências são bem seguidas.



**Figura 7 - Comparação entre os resultados simulados e experimentais**

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

## **5. CONCLUSÕES**

O processo de lixiviação em pilha de minérios auríferos pode ser descrito de forma aproximada por um modelo simples, no qual o escoamento da solução através do leito da pilha é livre de dispersão axial e a reação sólido-fluido tem um controle na etapa de difusão dos reagentes.

A solução analítica, para cada intervalo de tempo, do modelo de centro não reagido conferiu robustez ao algoritmo que mostrou fraca dependência do número de subdivisões utilizadas no método numérico, conforme foi indicado na análise de sensibilidade.

A difusividade efetiva do cianeto no minério e o tempo médio de residência da solução na pilha são parâmetros que se mostram adequados para a calibração do modelo.

Os resultados mostrados são bons indicadores para a representação dos desempenhos do processo e podem, então, ser utilizados como pontos de partida para processos de decisão que almejem a maximização do capital ambiental, neste caso representado pela própria pilha, suas espécies químicas presentes e seus fluxos de soluções.

É interessante observar que o consumo de cianeto, facilmente obténível, para cada espécie metálica de interesse, dentro de um tempo requerido, bem como a eventual inibição da difusão da solução de lixiviação, produzem excelentes perspectivas para a definição de critérios de sustentabilidade para a pilha em questão.

## **BIBLIOGRAFIA**

BOX, J.C. and YUSUF, R., 1984. Simulation of heap and dump leaching process. Proceedings of the Symposium on Extractive Metallurgy, Melbourne, Australia, p. 117-124

- BOX, J.C., and PROSSER, A.P., 1986. A general model for the reaction of several minerals and several reagents in heap and dump leaching. *Hydrometallurgy*, No.16, p.77-92.
- CASSA, J.C., and DE ANDRADE LIMA, L.R.P., 1997. Screening variables in complex systems: A comparative study, *Proceedings of the XX International Mineral Processing Congress*, Aachen, Germany, Vol. 1, p. 433-444.
- DE ANDRADE LIMA, L.R.P., 1992. Simulação da lixiviação em pilhas de minérios auríferos, M.Sc. Thesis, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil, 235pp.
- DE ANDRADE LIMA, L.R.P., VILLAS-BÔAS, R.C. E KOHLER, H.M., 1995, Análise de sensibilidade de modelos usando as técnicas de cluster analyses e Plackett-Burman, In: XVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Rio de Janeiro, Brazil
- DE ANDRADE LIMA, L.R., VILLAS BÔAS, R.C. and KOHLER, H.M., 1998, Mathematical Modeling of Gold Ore Heap Leaching, *International Symposium on Gold Recovery*, Montreal, Canada, CIM, (in press).
- DIXON, D.G. and HENDRIX, J.L., 1993. A mathematical model for heap leaching of one or more solid reactants from porous ore pellets, *Metallurgical Transactions*, No.24B, p.1087-1102.
- FROMENT, G.F. and BISCHOFF, K.B., 1979. *Chemical Reactor Analysis and Design*, John While and Sons, New York, 765pp.
- HAMMOND, A. Et al, 1995. *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*, World Resources Institute, may, p.11

- PROSSER, A.P., 1988. Simulation of gold heap leaching as an aid to ore-process development, Proceedings of the Precious Metals'89, p.121-135.
- ROMAN, R.J., BENNER, B.R., and BECKER, G.W., 1974. Diffusion model for heap leaching and its application to scale-up, Trans. AIME, No.256, p.247-256.
- SANCHEZ-CHACON and LAPIDUS ,1997. Model for heap leaching of gold ores by cyanidation, Hydrometallurgy, No. 44, p.1-20.
- SIQUEIRA, L.T., MADEIRA, R., FIUZA, M., NAKAMURA, S., REINHARDT, M.C. AND TRANCOSOS, I., 1985, Projeto Ouro Bahia - "Fazenda Brasileiro" (CVRD), In: I Simposio Internacional do Ouro, Rio de Janeiro, Brazil, p. 1-22.
- VILLAS-BÔAS,1994. Materials Production and the Environment. Hydrometallurgy '94 , Chapman & Hall, Suffolk, p.107-121.

Versão final 17:40 19.06.98

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA  
INDUSTRIA MINERA EXTRACTIVA. PROPUESTA PARA  
LA MINERÍA AURÍFERA DE COLOMBIA**

*José Hernán Valencia Valencia*

Ingeniero de Minas y Metalurgia  
Calle 28 No. 79 – 71 Apartamento 402. Medellín – Colombia  
[jvalencia52@hotmail.com](mailto:jvalencia52@hotmail.com)

---

**RESUMEN**

Aunque en Colombia la promulgación de la última Constitución Política se dio a principios de la década de los 90, en el siglo pasado, los esfuerzos del Gobierno Nacional y de los gremios económicos para ponerse a tono con la Constitución, en los campos de minería y del medio ambiente, solo han dado sus frutos en la presente década.

En materia ambiental, desde el año 1995 empezaron a tener vigencia los cambios propuestos por la Ley 99 de 1993, Ley Ambiental, la cual establece normas de gestión ambiental, de obligatorio cumplimiento para toda obra o actividad que se lleve a cabo en el país. La misma Ley da las pautas para que el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales – IDEAM – elabore los indicadores ambientales para Colombia.

En el campo de la actividad minera, solo en el año 2001 entró en vigencia la Ley de Minas como derrotero fundamental para orientar tan importante actividad económica definida por la Constitución como de utilidad pública e interés social. Dicha Ley deja en manos de la autoridad ambiental, el establecer los medios e instrumentos de vigilancia de las labores mineras en el aspecto ambiental, hecho que se refleja en la expedición de las “*Guías ambientales*” para la actividad minera, hoy en elaboración. En estas

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

guías se explica la metodología para la definición de los Indicadores de Gestión Ambiental – IGAs- para los diferentes tipos de industria minera extractiva, existentes en Colombia.

Como complemento a los IGAs e importante herramienta de planificación, se propone en el presente estudio la inclusión de indicadores técnicos y económicos que permitirán determinar el estado de la industria minera extractiva aurífera no solamente desde la óptica eminentemente ambiental. Se hace énfasis en la metodología para la determinación de los indicadores de impacto ambiental, tecnológicos y económicos de la minería aurífera, aplicables los mismos a un proyecto de minería social que se desarrolla en Colombia.

## **LOS INDICADORES AMBIENTALES DE CARÁCTER GLOBAL DE COLOMBIA**

Los indicadores ambientales de Colombia, elaborados en forma preliminar por el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales – IDEAM -, se sitúan dentro de la versión ampliada del modelo PER (presión-estado-respuesta), desarrollado por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) e implementados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para la Construcción de Indicadores Ambientales y de Sostenibilidad (1996). La adaptación de estos indicadores se realizó en 1998 a través del Convenio entre el Departamento Nacional de Planeación y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia y según modelos desarrollados por el IDEAM para el conocimiento de las relaciones Hombre – Naturaleza.

Se trata de indicadores de carácter muy global relacionados, entre otros factores con: El clima, el cambio global, el recurso hídrico

(aplicado a grandes cuencas hidrográficas), suelos, cobertura vegetal y calidad ambiental. Por esta razón, los mismos no hacen alusión a efectos ambientales tan concretos como el de la industria minera que, como se dijo, se encuentran en elaboración.

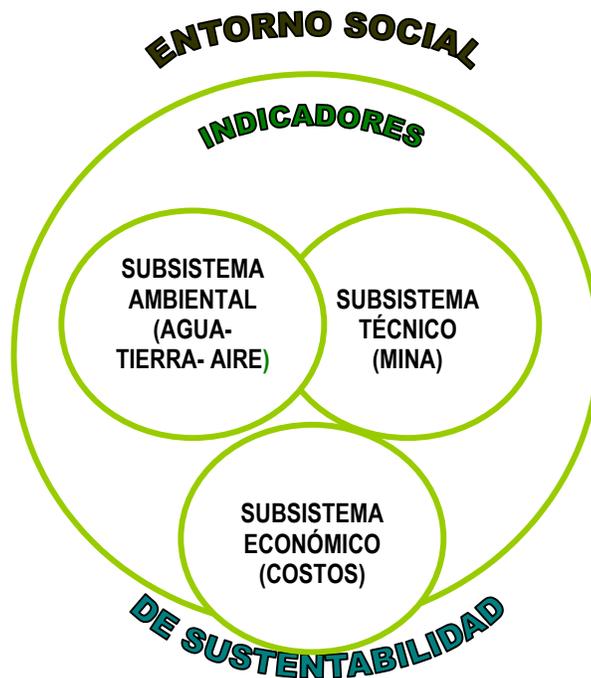
En el presente trabajo se pretende aportar algunas ideas para la construcción de los indicadores de sustentabilidad en minería aurífera subterránea, basándose en las guías ambientales arriba mencionadas.

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA MINERA AURÍFERA EN COLOMBIA**

El esquema propuesto para la formulación de indicadores de sustentabilidad aplicables a la industria minera extractiva del oro, como se dijo, incluye los componentes técnico, económico y ambiental, vistos los mismos como un sistema en el cual dichos componentes son interdependientes. El efecto negativo o positivo que uno de ellos ejerza, puede producir un efecto equivalente sobre el sistema general. Así, para el caso práctico de la actividad minera, no basta con determinar la benevolencia de esta industria únicamente desde el punto de vista técnico y económico, sin considerar la afectación de ella sobre el medio ambiente, porque si la evaluación ambiental resulta negativa, la ejecución de la actividad, de todas maneras, se considerará no viable.

De no tenerse en cuenta la integralidad de los componentes del sistema arriba mencionados, se producirá un sesgo en la decisión de emprender un proyecto minero o determinará la entrega de resultados negativos en el momento de controlarlo, si el proyecto se encuentra en operación. Desde el momento mismo de planear la ejecución de un proyecto minero, debe concebirse el enfoque sistémico para la elaboración de los indicadores de sustentabilidad.

El modelo propuesto, se presenta en la figura 1 del presente documento y es preciso anotar que el mismo consiste en una simple propuesta que debe ser detenidamente revisada y analizada, para poder ponerla en conocimiento de la autoridad minera y ambiental competente. En el marco de un proyecto social de explotación aurífera a desarrollarse en Colombia, en su debido momento, un grupo interdisciplinario de ingenieros y ecólogos evaluarán esta propuesta y presentarán los resultados de dicho proyecto en los términos así planteados.



**Figura 1 - Modelo del sistema de indicadores de sustentabilidad propuesto.**

Los indicadores de sustentabilidad se aplicarán a un proyecto eminentemente social, auspiciado por el gobierno colombiano, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 31 del Código de Minas (Ley 685), por lo cual el entorno social se considera aquí un sistema mayor, envolvente de los indicadores de sustentabilidad. Será necesario entonces definir mas adelante, la propuesta de indicadores sociales de sustentabilidad basados, esencialmente en la medición de la calidad de vida de las comunidades mineras.

### **SUBSISTEMA AMBIENTAL. INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)**

Tomando como base la guía ambiental para la minería subterránea del carbón, elaborada por las autoridades minera y ambiental de Colombia, se presenta aquí la propuesta para la creación de un sistema de indicadores de sustentabilidad para la minería subterránea del oro, aplicable a un proyecto social llevado a cabo por la alianza PNUD – MINERCOL en la región minera del Sur de Bolívar (Colombia).

El Indicador de Gestión Ambiental propuesto en la *Guía Ambiental*<sup>1</sup> es una expresión que permite integrar el nivel de desempeño de la empresa en relación con tres aspectos que se consideran vitales para determinar la respuesta de las organizaciones o entidades ante sus responsabilidades ambientales. Ellos son:

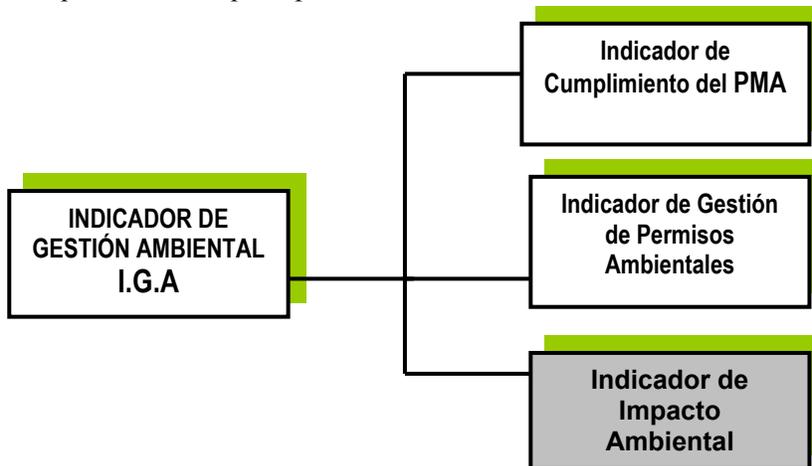
- El grado de desarrollo o ejecución y cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental que hace parte ya sea del proyecto o de actividades en ejecución.

---

<sup>1</sup> Ministerio del Medio Ambiente y Empresa Nacional Minera – MINERCOL. Guía Ambiental para Minería Subterránea de Carbón. Bogotá D.C., 2001. Pág. 92.

- El estado de legalidad ambiental de las actividades de la empresa, en términos de la obtención de los permisos y las autorizaciones requeridas para el desarrollo del proyecto.
- El nivel de control de los impactos ambientales derivados de sus actividades.

Para cada uno de los tres aspectos considerados se define un indicador y luego se integran los mismos en una sola expresión cuyo resultado debe reflejar el nivel de gestión ambiental de la empresa, actividad o proyecto. En la figura 2 del presente documento, se esquematiza lo aquí expuesto.



**Figura 2 - Componentes del Indicador de Gestión Ambiental (I.G.A), según el Ministerio del Medio Ambiente y MINERCOL de Colombia**

Para efectos de la presente ponencia solo se tendrá en cuenta el componente de impacto ambiental (cuadro sombreado de la figura 2) en la determinación de los indicadores de sustentabilidad para la minería extractiva del oro.

### **INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL EN MINERÍA AURÍFERA. CASO SUR DE BOLÍVAR**

El indicador de impacto ambiental es la expresión que recoge el efecto global que producen los cambios introducidos por la actividad generadora de impactos, sobre los diferentes componentes ambientales. Para este caso en particular, la actividad generadora de impactos es la pequeña minería aurífera de filón, que se desarrolla en un proyecto específico en Colombia. De otro lado siempre será necesario identificar y predecir los impactos que la actividad genera sobre los diferentes componentes y factores ambientales para de esta manera determinar los posibles indicadores de impacto y su unidad de medida. Las listas de chequeo y las matrices de doble entrada son una excelente herramienta que facilitan esta última tarea.

En la tabla 1 se muestra una relación de los diferentes componentes y factores ambientales, el impacto que producen y los indicadores de impacto determinados. En aras de la brevedad, solo se tendrán en cuenta los componentes ambientales que realmente se afectan el entorno, con impactos igualmente significativos.

**Tabla 1. Identificación de impactos generales y determinación de indicadores de impacto ambiental en minería aurífera de filón.**

COMPONENTE DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL
1. Tierra	1.1. Suelo	1.1.1. Destrucción directa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie afectada ponderada por su calidad</li> </ul>
		1.1.2. Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de metales y sales</li> </ul>
	1.2. Morfología	1.2.1. Alteración de la topografía 1.2.2. Emplazamiento de escombreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie total modificada ponderada por su interés actual</li> <li>• Superficie total modificada en relación con a superficie reforestada</li> </ul>
	1.3. Recursos minerales	1.3.1. Pérdida de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie ocupada ponderada por su interés económico</li> </ul>
2. Atmósfera	2.1. Composición de la atmósfera	2.1.1. Alteración de la composición del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de vapores de Hg.</li> <li>• Concentración de CO</li> </ul>
	2.2. Ruidos	2.2.1. Incremento de los niveles sonoros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie afectada por niveles sonoros superiores a los valores máximos permisibles</li> </ul>
	2.3. Olores	2.2.3. Introducción de olores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de materias olorosas</li> <li>• Superficie afectada por los olores</li> </ul>
3. Aguas superficiales	3.1. Alteración de la calidad	3.1.1. Aporte de contaminantes químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de compuestos químicos</li> </ul>
4. Aguas subterráneas	4.1. Nivel freático	4.1.1. Alteración del nivel freático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ascenso o descenso del nivel freático</li> </ul>
5. Procesos geofísicos	5.1. Alteración en la sedimentación	5.1.1. Sedimentación de los causes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos en suspensión en el agua</li> </ul>
6. Paisaje	6.1. Alteración del paisaje		6.1.1. Unidades de valor paisajístico 6.1.2. Cobertura o grado de cubierta vegetal 6.1.3. Contraste estructural

## CALCULO DE LOS INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL POR FENÓMENOS MAS NOTABLES

A manera de ejemplo ilustrativo y para efectos de la presente ponencia, se describirá la metodología de cálculo de los indicadores de impacto ambiental para los factores de mas peso, por su incidencia sobre el medio ambiente, en el desarrollo de la actividad extractiva del oro en el Sur de Bolívar.

Se ilustrará el cálculo del indicador de impacto ambiental de aguas residuales, basándose en los niveles de la calidad ambiental de dichas aguas por el aporte de sedimentos, sulfatos y otros componentes químicos los cuales mas adelante se indicarán. El ejemplo también incluirá el calculo del indicador de impacto por el manejo de escombreras, considerado un problema de alta incidencia ambiental en proyectos de pequeña minería aurífera de filón.

- **Indicador de Impacto Ambiental de aguas residuales. Minería aurífera de filón. ( $I_{\text{vertim}}$ )**

El indicador de aguas residuales o indicador de impacto ambiental de vertimientos ( $I_{\text{vertim}}$ ) se puede calcular empleando la siguiente expresión matemática:

$$I_{\text{vertim}} = [(\sum Ca)/n] * [1-(Q_{\text{vert}}/Q_{\text{ca}})] * 100$$

Donde los términos significan:

$I_{\text{vertim}}$ : Indicador de Impacto por vertimiento de aguas residuales

$\sum Ca / n$ : Promedio de la calidad ambiental (n: número de parámetros fisicoquímicos del indicador)

$Q_{vert.}$ : Promedio del caudal vertido (litros / segundo)

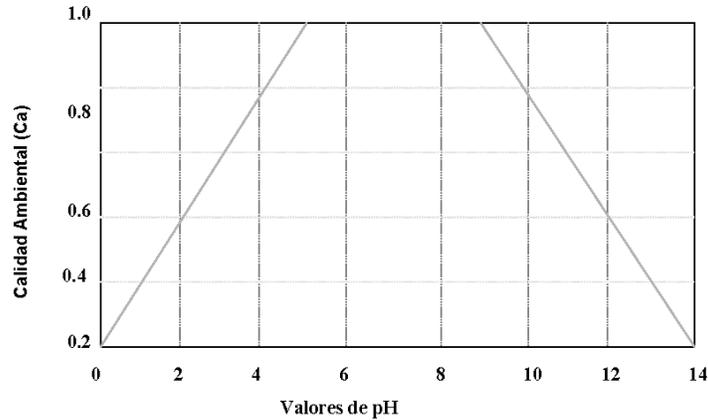
$Q_{ca.}$ : Caudal del cauce permanente donde se vierte (litros / segundo)

- **Parámetros fisicoquímicos considerados para el cálculo del  $I_{vert. (n)}$**

En la tabla 2 se relacionan los parámetros fisicoquímicos considerados para el cálculo del Indicador de Impacto Ambiental de aguas residuales ( $I_{vert.}$ ) y la fórmula recomendada para el cálculo de la calidad ambiental, inducida por dicho factor.

**Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos considerados para el cálculo del Indicador de Impacto Ambiental de aguas residuales vertidas a cauces permanentes en minería aurífera.**

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO	UNIDAD DE MEDIDA DEL PARAMETRO	EXPRESIÓN PARA EL CALCULO DE LA CALIDAD AMBIENTAL (Ca)
• pH		Ver figura 3
• Sólidos disueltos totales (SDT)	mg / l	Ca = Exp. [-0.009237*SDT]
• Sólidos Suspendidos totales (SST)	mg / l	Ca = Exp. [-0.009237*SST]
• Concentración de hierro [ Fe ]	mg / l	Ca = Exp. {-0.13863*[Fe]}
• Concentración de sulfatos [ SO <sub>4</sub> ]	mg / l	Ca = Exp. {-1.73287*[SO <sub>4</sub> ]/1000}



**Figura 3 - Gráfico para el cálculo de la calidad Ambiental basándose en el factor de pH.**

- **Indicador de Impacto Ambiental por manejo de escombreras. Minería aurífera de filón. ( $I_{\text{escomb.}}$ )**

El impacto ambiental producido por el manejo de escombreras en labores mineras subterráneas, es función de los siguientes parámetros: Distancia de la escombrera al cauce de agua, tipo de cauce de agua, la altura de la escombrera, el talud promedio de la escombrera, el área total de la escombrera y el área reforestada de la misma.

Para el cálculo de indicador de impacto ambiental producido por el emplazamiento de escombreras en minería subterránea, se emplea la siguiente expresión:

$$I_{\text{escomb.}} = [(Cadca + Cage + Caref) / 3] * 100$$

En la cual los significan:

**I<sub>escomb.</sub>**: Indicador de Impacto Ambiental por manejo de escombreras

**Cadca**: Calidad ambiental por distancia de la base de la escombrera al cauce de agua (m)

**Cage**: Calidad ambiental por la geometría de la escombrera

**Caref**: Calidad ambiental por reforestación

**El factor de calidad ambiental por distancia a los cauces de agua (Cadca)** se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Cadca} = K * X^{1/2}$$

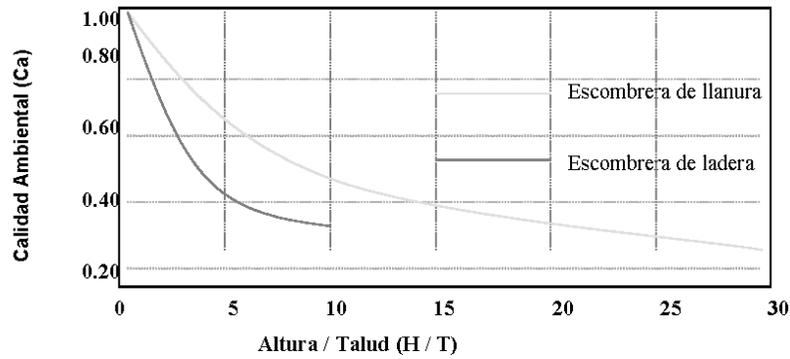
Donde:

**Cadca**: Es el factor de calidad, por distancia a los cauces de agua

**K**: Es una constante que depende del tipo de cauce intervenido. Así:  $K = 0.18257$  para cauces principales,  $K = 0.25820$  para cauces secundarios y  $K = 0.44721$  para cauces terciarios.

**X**: Distancia de la escombrera al cauce de agua dada en metros (m)

**El factor de calidad ambiental por la geometría de la escombrera (Cage)**, se calcula utilizando el gráfico de la figura 4.



**Figura 4 - Gráfico para el cálculo de la calidad ambiental por emplazamiento de escombreras**

Donde:

**H:** Es la altura de la escombrera, dada en metros (m)

**T:** Es el talud promedio de la escombrera dado en m/m

El **factor de calidad ambiental por reforestación (Caref)**, se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Caref} = 1 - \text{Exp} [-5.36929 * (\text{Aref} / \text{Atot})]$$

Expresión en la cual:

**Caref:** Es el factor de calidad ambiental por reforestación

**Aref:** Es el área del talud reforestada, dada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

**Atot:** Es el área total del talud, dada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

Finalmente, El Indicador de Impacto Ambiental se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$I_{IA} = [\sum I_i * U_i] / 100 * n$$

En esta expresión, se define:

**I<sub>IA</sub>**: Indicador de impacto ambiental total: valor entre 0 y 100

**I<sub>i</sub>**: Indicador del impacto ambiental generado por el impacto i:  
valor entre 0 y 100

**U<sub>i</sub>**: Unidad de importancia asignada al impacto i: valor entre 0 y  
1000

**n**: Numero de factores ambientales evaluados

Para el caso de la presente temática, el indicador de impacto ambiental total ( $I_{IA}$ ) se compone únicamente de dos factores ambientales, el de vertimiento de aguas residuales y el de emplazamiento de escombreras que llevan al calculo de los respectivos indicadores de impacto ambiental,  $I_{vert}$  e  $I_{escomb}$ . Naturalmente, existen otros factores ambientales susceptibles de ser afectados por la actividad minera y que no son considerados aquí: atmósfera, medio sociocultural, vegetación, fauna, paisaje, etc.

La unidades de importancia de impacto ( $U_i$ ) son asignadas a criterio del evaluador. La sumatoria de dichas unidades no puede pasar de 1000 y debe asignarse un valor de dicha unidad a cada factor considerado. Para nuestro caso particular, la expresión última para el cálculo del indicador de impacto ambiental en explotaciones de oro, en las cuales solo se consideran los vertimientos de aguas residuales y el emplazamiento de escombreras como factores de impacto ambiental, quedaría de la siguiente forma:

$$I_{IA} = [(I_{vert} * U_{vert}) + (I_{escomb} * U_{escomb})] / 100 * n$$

## **SUBSISTEMA TÉCNICO. INDICADORES TÉCNICOS DE LA EXPLOTACIÓN MINERA.**

Un indicador es una medida de evaluación (comparación) de algo, en un proceso en el cual normalmente se utiliza alguna base de comparación o referencia para tal evaluación. El indicador como factor de medición, si se le entiende como la relación entre dos elementos, se convierte en un índice, que igualmente nos da una idea de la evolución positiva o negativa del proceso. En este orden de ideas, los indicadores aquí propuestos se basan en el rendimiento de la labor productiva de las pequeñas unidades de explotación minera que se pretenden evaluar. Para el cálculo de estos indicadores, es fundamental el uso de la información estadística relacionada con dicho proceso productivo.

Lo mas importante del uso de este tipo de indicadores es la utilización de términos comunes en su definición para un grupo de minas, una región o el país si es el caso, a fin de establecer una unidad de criterios que permita de manera fácil, la comparación de los mismos con los estándares existentes en el medio.

Los indicadores técnicos de la explotación minera se clasifican en dos grupos: De producción y rendimiento y de consumos unitarios. En las tablas 2 y 3 se presentan los indicadores propuestos para estos dos grupos respectivamente, su definición y unidades de medida.

**Tabla 2.** Indicadores de producción y rendimiento para una explotación minera. Caso minería aurífera de veta.

INDICADOR	DEFINICION	UNIDADES DE MEDIDA
1. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN MINA	Producción diaria de la operación minera en toneladas métricas secas. Se considera la operación de la mina en 300 días al año	t/d
2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN PLANTA	Cantidad de mineral en toneladas métricas secas que la planta de beneficio puede procesar diariamente. Se asume una operación anual de 300 días	t/d
3. PERSONAL EMPLEADO	Comprende todo el personal de la nómina incluyendo el personal ausente mas el personal de contratista	H
4. RENDIMIENTO DE PERSONAL EN MINA	Relación existente entre la capacidad de producción en mina, el personal empleado y el número de turnos de ocho (8) horas que la operación minera exige para cumplir las metas de producción	t/HT
5. RENDIMIENTO DE PERSONAL EN PLANTA DE BENEFICIO	Relación existente entre la capacidad de producción en planta, el personal empleado en planta y el número de turnos de ocho (8) horas que la operación minera exige para cumplir las metas de producción	t/HT
6. AVANCE REQUERIDO DE GALERIAS	Indica el avance necesario para la extracción de 1000 toneladas de mena. Incluye todo el avance de cruzadas, guías, inclinados (clavadas), etc. de exploración, desarrollo y preparación	m/1000t
7. RENDIMIENTO DE PERSONAL EN PERFORACION	Cantidad de metros perforados por trabajador durante un turno. Un turno comprende ocho (8) horas de trabajo.	m/HT
8. METROS DE PERFORACIÓN REQUERIDOS	Cantidad de metros perforados para dar a la planta una (1) tonelada de mineral	m/t
9. RENDIMIENTO DE AVANCE DE GALERIAS	Relación existente entre la avance de galerías, el personal empleado y el número de turnos de ocho (8) horas al mes, que la operación minera exige para cumplir las metas de producción	m/HT
10. AVANCE DE GALERIAS	Longitud de galerías avanzado en un mes de operación de la mina	m/mes
11. DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA	Relación entre el tiempo real de operación de la planta y el tiempo teórico (planeado) de la misma	%
CONVENCIONES		
t: Toneladas	H: Hombre	T: Turno
d: Día	m: Metros	

**Tabla 3. Indicadores de consumos unitarios para una explotación minera. Caso minería aurífera de veta.**

INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO DEL SECTOR <sup>1</sup>
1. CONSUMO UNITARIO DE ENERGIA ELECTRICA EN MINA	kWh/t	18.3
2. CONSUMO UNITARIO DE ENERGIA ELECTRICA EN PLANTA DE BENEFICIO		33.85
3. CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN SERVICIOS AUXILIARES		11.20
4. CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO	m <sup>3</sup> /t	245
5. CONSUMO DE EXLOSIVOS	g/t	480
6. CONSUMO DE ACERO EN PLANTA DE BENEFICIO	Kg/t	2.5
7. CONSUMO DE VARILLAS DE PERFORACION	Piezas/1000m	N.D
8. CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN GENERACIÓN DE ENERGIA	g/kWh	274
CONVENCIONES		
KWh: Kilovatio-hora	m <sup>3</sup> : Metros cúbicos	Kg: Kilogramos
t: Tonelada	g: Gramos	N.D: No disponible

### **SUBSISTEMA ECONÓMICO. ALGUNOS INDICADORES DE COSTOS UNITARIOS**

Aunque los aspectos económicos en una explotación minera tienen un alcance mucho mas profundo, si se mira desde el punto de vista financiero para determinar su factibilidad y no tratándose de realizar una propuesta metodológica de evaluación técnica y económica de la explotación, como proyecto, se pretende en este punto dar a conocer algunos indicadores de costos para el sector de la pequeña minería aurífera, los mismos que han de servir para establecer las comparaciones pertinentes.

Los indicadores de costos unitarios a diferencia de los indicadores de consumos unitario suelen a veces ser mas ilustrativos si se tiene en cuenta que las características de calidad de los insumos mineros pueden diferir de una región a otra. Por esta razón, cuando se usan indicadores de consumos unitarios se debe tener cuidado de comparar materiales y productos no equivalentes.

Se clasifican los indicadores de costos en dos categorías: clases de costos y centros de costos. En la tabla 4 se presenta un resumen de los indicadores de costos de acuerdo con esta clasificación.

CENTROS DE COSTOS		CLASES DE COSTOS	
INDICADOR (Unidad: US\$ / t )	PROMEDIO DEL SECTOR	INDICADOR (Unidad: US\$ / t )	PROMEDIO DEL SECTOR
1. Exploración, desarrollo y preparación		1. Mano de Obra	
2. Explotación		2. Materiales e insumos	
3. Transporte mina-planta		3. Energía eléctrica	
4. Transporte planta – centro de consumo		4. Capital	
5. Costos generales en mina		5. Impuestos	
6. Costos generales en planta		6. Otros	
7. Costos de venta		7. Relación mano de obra / insumos / capital	
8. Costos de administración		8. Relación mano de obra / insumos	
9. Costos de regalías e impuestos		9. Costo básico por tarea trabajada	
10. Costos de capital		10. Cargas sociales por tarea trabajada	
11. Otros Costos			

## CONCLUSIONES

- E Colombia, la elaboración de indicadores de sustentabilidad se encuentra en proceso y no existe una reglamentación precisa en este sentido. El Estado no ha propuesto el empleo de indicadores por cada sector, correspondiendo a las diferentes

industrias establecer sus propios indicadores a base de esfuerzos aislados.

- Es factible establecer un sistema de indicadores de sustentabilidad para la minería extractiva empleando criterios ambientales, técnicos, sociales y económicos, bajo un enfoque sistémico.
- Los indicadores de sustentabilidad son una herramienta fundamental de evaluación de los procesos productivos de la industria minera extractiva que permiten establecer estándares de calidad para explotaciones mineras de rangos de producción similares.
- Se debe propender por el establecimiento de un sistema unificado de indicadores de sustentabilidad de carácter regional, que recojan las normas que en este sentido se establecen independientemente en cada país

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Ministerio del Medio Ambiente y Empresa Nacional Minera – MINERCOL. **Guía Ambiental para Minería Subterránea de Carbón.** Bogotá D.C., 2001. Pág. 92.
- GTZ. **La Pequeña Minería en la Región de los Andes. Experiencia de un Decenio.** Eschborn, 1983. P17
- Instituto Tecnológico Geominero de España. **Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales.** Madrid, 1992. 301 pp.
- Johansen Bertoglio. **Introducción a la Teoría General de Sistemas.** Ed. Limusa. México D.F. S.F. 164 pp

## **ESTUDO DO PARQUE PRODUTOR DE BRITA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: ALGUNS ÍNDICES PRELIMINARES DE SUSTENTABILIDADE**

*Gildo de A. Sá C. de Albuquerque<sup>1</sup> e Gilberto Dias Calaes<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Centro de Tecnologia Mineral, Av. Ipê, 900, Ilha da Cidade Universitária, [gildosa@cetem.gov.br](mailto:gildosa@cetem.gov.br)

<sup>2</sup>CONDET, [condet@vento.com.br](mailto:condet@vento.com.br)

---

### **INTRODUÇÃO**

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro - RMRJ constitui-se no segundo maior pólo brasileiro de produção e consumo de agregados de emprego na construção civil. O mercado produtor de brita, na região, é formado por pequenas e médias minerações, que apresentaram uma evolução peculiar, ao longo das últimas décadas, com sensível contração do número de unidades produtoras.

Na realidade, o que se verifica é que devido à abundância de rocha dura na região, as unidades produtoras procuraram sempre se localizar o mais próximo ao mercado. No entanto, problemas relacionados às políticas de uso e ocupação do solo vêm provocando sucessivos conflitos de localização, à medida em que ocorre o “sufocamento” das unidades produtoras, pelo avanço desordenado da urbanização.

Neste contexto, o setor convive com uma série de impasses de ordem locacional e ambiental, com decorrentes impactos negativos, quer seja sob o âmbito privado quer sob a ótica social. Sob o ponto de vista privado, a questão requer a racionalização de métodos de trabalho, desenvolvimento de processos produtivos e aperfeiçoamento de produtos, de tal forma a atenuar as deseconomias ambientais, econômicas e sociais, associadas à atividade produtiva. Por outro lado, sob o ponto de vista social, faz-se necessário estabelecer uma ação

institucional de maior eficácia, através de um Plano de Ação fundamentado numa visão atualizada, conforme o presente trabalho desenvolvido pelo DG/UFRJ.

Verifica-se, portanto, a ocorrência de um círculo vicioso em que a instabilidade institucional, ocasionada pelos conflitos ambientais e de uso e ocupação do solo, desestimula investimentos e conseqüentemente inibe a incorporação de tecnologias de maior eficácia para o desenvolvimento sustentável, determinando, desta forma, a ampliação dos próprios conflitos.

Neste contexto, o *Estudo Atualizado do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*, está orientado no sentido de encaminhar as soluções requeridas para definitiva superação do atual círculo vicioso. Conseqüentemente, o mencionado Plano deverá responder às seguintes indagações específicas:

Quais são os principais indicadores quantitativos e qualitativos de desempenho e perspectivas de evolução das atuais empresas produtoras ?

Quais são as principais tendências de evolução do mercado ?

Quais são os principais padrões de referência (*benchmarking*) nacionais e internacionais ?

Como as empresas devem se estruturar técnica e gerencialmente de forma a melhor contribuir para a mitigação dos atuais impactos e harmonização dos conflitos existentes e previsíveis ?

Que medidas de Política Pública devem ser adotadas: i) para orientar o desenvolvimento do mercado de brita na RMRJ ?; e ii) para estimular o desenvolvimento tecnológico e gerencial das empresas ?

## **PANORAMA INTERNACIONAL**

Uma breve análise do panorama mundial da indústria de brita, permite evidenciar as seguintes tendências e perspectivas dominantes:

- Concentração em grandes grupos verticalizados;
- “Super-pedreiras”; Intensiva automação; Gestão avançada
- Britagem móvel, reduzindo o tráfego de caminhões
- Aproveitamento de cavas de pedreiras,
- Tecnologia de pavimentação impulsionando o mercado
- Participação de Universidades
- Reciclagem de entulho de construção e demolição.

Com relação a este último item, cabe destacar os esforços de países como Alemanha, Dinamarca e, sobretudo, Holanda, onde já se verifica a reciclagem dos mencionados entulhos, com índices superiores a 70%.

Pelo lado da demanda, assinala-se que, nos países industrializados, o consumo per capita anual de agregados para a construção civil, i.é, pedra britada e areia é de 8 t. Nos EUA, o consumo per capita de agregados é da ordem de 7,5 t/habitante/ano e na Europa Ocidental varia na faixa de 5 a 8 t/habitante/ano.

## **PANORAMA DO MERCADO NACIONAL**

### **a) Oferta**

- Produção de Agregados (milhões m<sup>3</sup>/ano)
- 1990: 53
- 2000: 238
- Crescimento (% a.a.): 1988-2000: 4,4; 1995-2000: 6,5

- Projeção (4% a.a ): 290 M m<sup>3</sup> (2005); 350 M m<sup>3</sup> (2010)
- Estrutura da Oferta de Brita: 250 empresas; 15 mil empregos (60 empregos / empresa)

#### **b) Demanda**

- Demanda de Brita
- Consumo per capita (t/hab/a): Brasil: 0,9; Região Metropolitana de São Paulo: 1,1; Região Metropolitana do Rio de Janeiro: 0,7; Região Metropolitana de Salvador: 0,7; Região Metropolitana de Vitória: 1,6
- Consumo Regional: Anos 70, 80 e 90: N, NE, CO expandem participação no PIB
- Condicionamento: Fluxos de investimentos em infra-estrutura e edificações residenciais, industriais e de serviços
- Déficit Habitacional: 96% na faixa de até 5 Salários Mínimos; 67% na de até 3 Salários Mínimos

#### **c) Tendências**

- Demanda Reprimida
- Alargamento da base de demanda / Redistribuição da Renda
- Meta de 650 mil Moradias / ano (Previsão de estudo do Economista Luciano Coutinho)
- Investimentos: R\$ 6 B/ano / Eliminação de impostos sobre a cesta básica da construção
- Pavimentação de Concreto
- Reciclagem de Entulhos de Demolição / Construção

#### **PERFIL DO SETOR NA RMRJ**

As 31 unidades de produção de brita atualmente em operação na RMRJ, perfazem uma capacidade instalada da ordem de 700 mil m<sup>3</sup> de brita/mês (considerando-se o atual regime de um único turno de trabalho a que estão condicionadas) e operam com um índice médio de ocupação inferior a 60%, o que resulta numa produção de aproximadamente 400 mil m<sup>3</sup>/mês de brita na RMRJ.

Com relação ao mercado consumidor, cabe assinalar que cerca de 40% da produção de brita da RMRJ se destina ao segmento de consumo intermediário, constituído por aproximadamente 1000 unidades de artefatos de concreto, 32 unidades de concreto asfáltico e 31 unidades de concreto usinado. Por outro lado, o segmento de consumo final de brita na RMRJ é constituído por um amplo contingente de construtoras de diferenciados portes e nichos de atuação.

Cabe ressaltar que o segmento produtor de brita da RMRJ reúne um contingente de mão-de-obra direta constituído por 1.264 postos de trabalho. Por outro lado, ao se incorporar os segmentos de consumo intermediário, verifica-se que a cadeia da indústria de brita na RMRJ evidencia um número de postos de trabalho superior a 30 mil.

**a) Oferta:**

**Composição Quanto ao Porte:**

- 6 maiores produtoras, 51% do volume ofertado.
- 10 menores produtoras, 10% do volume produzido.

### Composição Quanto ao Produto

<b>Produtos</b>	<b>1973</b>	<b>1980</b>	<b>2000</b>
Pó	20%	21%	27%
Brita 0	9%	17%	13%
Brita 1	24%	38%	43%
Brita 2	30%	18%	4%
Brita 3/Bica Corr./Restolho	17%	6%	13%

Fonte: DRM/RJ (1973 e 1980); Pesquisa de Campo UFRJ/DG – *ConDet* (2000)

Verifica-se uma tendência ao uso mais intensivo das frações mais finas, devido principalmente a mudanças de técnicas construtivas. A difusão do concreto usinado e bombeado - que utiliza cerca de 0,7 m<sup>3</sup> de Brita # 0 e # 1 / m<sup>3</sup> de concreto - constitui um exemplo característico de tal tendência de mercado.

#### **b) Consumo Estadual**

**Consumo Aparente:** 98% da produção consolidada

### **A CADEIA PRODUTIVA DA BRITA NA RMRJ**

#### **a) Concreto Asfáltico:**

- Perfil: 32 usinas; 21 de empresas privadas e 11 administradas pelo governo.
- Capacidade: média de 60 t/h; Produção: 100 mil t/usina/ano.
- Pólo: 12 empresas (9 privadas), localizadas no Distrito Industrial da CODIN
- Consumo: 0,5 m<sup>3</sup>/t de concreto asfáltico.(Pó de Brita: 65%)

**b) Concreto Usinado:**

- Capacidades: média de 1.000 a 1.200 m<sup>3</sup>/dia; Total: 300 mil m<sup>3</sup>/mês; Ocupação: 25 a 30%
- Produção: Cerca de 75 mil m<sup>3</sup>/mês (900 mil m<sup>3</sup>/ano)
- Pólos (5): 3 no *Município. do Rio de Janeiro*, 1 a *Leste da RMRJ* e outro a *Oeste da RMRJ*.
- Consumo: 0,70 e 0,80 m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup> de concreto (prevalência da Brita 1)

**c) Artefatos de Concreto**

- Perfil: 12 unidades de porte e cerca de 1.000 de pequeno e médio portes.
- Distribuição: Pequenas e médias unidades se concentram na *Baixada (Oeste da RMRJ)*.
- Agregados: 60 a 70 mil m<sup>3</sup>/mês: Areia industrial: 60%; Brita 1: 8%; Brita 0: 32%.

**PROJEÇÃO DA OFERTA NA RMRJ: CURSOS ALTERNATIVOS**

**Empresas em Conflito com a Expansão Urbana**

- Baixa propensão à Reconversão ⇨ Tendência à Extinção
- Boa propensão à Reconversão ⇨ Fortalecimento de Posição Competitiva
  - com mudança de localização
  - sem mudança de localização

**Empresas sem Conflitos com a Expansão Urbana**

- Soluções isoladas não asseguram a superação dos impasses existentes

- Política de Zoneamento → Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano

### **PROBLEMAS, EFEITOS E SOLUÇÕES**

- o déficit habitacional na baixa renda, necessita de soluções construtivas compatíveis com a disponibilidade financeira existente;
- o equacionamento da produção de novos agregados e a reciclagem de entulhos devem estar inseridos no que se pode chamar de tecnologia mineral social, voltada ao atendimento de demandas prementes da população;
- a solução dos múltiplos problemas existentes no setor pode e deve ser dada com a participação de diversos atores: autoridades governamentais, empresários, pesquisadores e usuários.

#### **a) Principais Problemas**

- Conflitos Ambientais e de Uso e Ocupação do Solo
- Baixa Difusão de Informação, Conhecimento e Aprendizado
- Articulação Institucional Deficiente

#### **b) Efeitos**

- Prejuízo à Qualidade e Produtividade
- Elevados Custos Privados e Sociais

#### **c) Soluções**

- Plano Estratégico de Uso e Ocupação do Solo: baseado em Análise Ambiental Estratégica
- Programa Integrado de Desenvolvimento: Técnico, Gerencial e Financeiro

- Novo Perfil Estratégico Empresarial: Supridor de Agregados X Produtor de Brita
- Sistema de Logística
- Reciclagem de Entulho de Construção e Demolição
- Evento Regular: Promoção da Cadeia de Agregados e sua maior Integração à Construção Civil
- Estrutura Institucional Integrada: Fórum Permanente de Desenvolvimento Setorial

### **ALGUNS ÍNDICES PRELIMINARES DE SUSTENTABILIDADE**

Muito embora o estudo em andamento vá propiciar dados de grande amplitude, para análises mais exaustivas sobre a sustentabilidade, os levantamentos já obtidos permitem a definição de alguns índices preliminares, que auxiliam na compreensão do importante papel econômico e social desempenhado pela produção de agregados para a construção civil.

Computando-se a área das diversas pedreiras existentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, chega-se a um valor total de 3.000 ha. O valor anual da produção atinge cerca de R\$ 80 milhões de receita, com um contingente de mão-de-obra direta superior a 1.200 empregos, sem contar os demais segmentos da cadeia produtiva da brita.

É óbvio que a área acima citada, por suas próprias características fisiográficas, pouco se presta para práticas agrícolas. No entanto, apenas para efeito comparativo, pode-se considerar uma área de igual extensão (3.000 ha), plantada com soja, grão altamente valorizado no mercado.

Nessa última hipótese, a mão-de-obra absorvida dificilmente atingiria o número de 300 e o valor anual de geração de receita estaria

no entorno de R\$ 5 milhões, ou seja, 16 (dezesseis) vezes menos que o valor obtido com a produção de brita. Em outras palavras: para a mesma geração de receita, em ambos os casos, o impacto agrícola, em termos de área comprometida, seria 16 vezes maior.

Tal comparação não objetiva subestimar a agricultura; demonstra tão somente que o impacto do setor mineral é mais pontual e, portanto, deve merecer tratamento diferenciado em regulamentações fiscais e ambientais, até por conta da rigidez locacional da mineração, característica não extensível a outros setores produtivos.

Além disso, a mineração, quando comparada a outras atividades produtivas, possibilita uma maior inserção social, não só pela acentuada oferta de empregos por unidade de investimento fixo, como, ainda, pela fixação do homem em condições mais dignas de trabalho e geração de emprego e renda em vazios geográficos e/ou econômicos, possuidores de difíceis alternativas de desenvolvimento.

### **AGRADECIMENTOS**

MCT, DNPM, DG/UFRJ e à equipe do Projeto Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

## BIBLIOGRAFIA

- Estudo de Avaliação Técnico-Econômica do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, 1981, DRM/RJ – Geomitec, mim.
- Estudo do Parque Produtor de Brita da RMRJ, DG/IGEO/UFRJ – ConDet, 2002, minuta.
- CALAES, G. D., Mineração – *Cenário Mundial e o Panorama Nacional*, Revista Econômica do Nordeste, BNB, Fortaleza, vol. 14, jan-mar/83, 23 p.
- CALAES, G.D., *Panorama de la Pequeña Minería em America del Sur*, Taller Panamericano Organización de la Pequeña Minería como um Medio para Combatir la Pobreza y la Marginalidad, Caracas, Venezuela, jul/00, 22 p.
- Revista Areia e Brita, ANEPAC
- SINDUSCON – Sindicato da Indústria de Construção do Estado do Rio de Janeiro, *Informativo Estatístico*
- SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, *Anuário 2001*.
- SUMÁRIO Mineral, DNPM.

III. Países:

Estudios de caso

## **HACIA INDICADORES DE DESARROLLO SUSTENTABLE PARA EL SECTOR MINERO (1° Etapa)**

*Verónica Álvarez Campillay*

Comisión Chilena del Cobre Unidad de Asuntos Internacionales y  
Medio Ambiente (UAIMA)- Registro de Propiedad Intelectual  
© N° 124.849

---

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El **objetivo** de este estudio es desarrollar criterios para generar un debate con las partes interesadas (empresas mineras, Gobierno, ONG's y comunidad) del que surjan indicadores que permitan medir la contribución del sector minero al Desarrollo Sustentable en el mediano y largo plazo.

Un diagnóstico preliminar de las empresas mineras asociadas al Consejo Minero arrojó por resultado que éstas tienen capacidad y voluntad para implementar el concepto e iniciativas del Desarrollo Sustentable, por ende, restaría determinar como medir su real contribución en términos económicos, social y medioambientales, generar e implementar los mecanismos que permitan la operacionalización de este concepto.

Por lo tanto, el aporte de este documento es propiciar la elaboración y aplicación de un nuevo instrumento, denominado Informe de Sustentabilidad, al que adhieran en forma voluntaria las grandes empresas mineras en Chile, y que a través del consenso, entre las partes interesadas, se construya una **línea base**, de la que fluyan los indicadores más representativos para medir los avances del sector en Desarrollo Sustentable. Para estos efectos, se proponen 19 indicadores que cubren las dimensiones económica, social, de medio ambiente e institucional del desarrollo sustentable y que constituirán la base del debate, el que será objeto del proceso de una segunda

etapa de este estudio, en la que se medirá el aporte efectivo del sector minero al Desarrollo Sustentable.

## **I. INTRODUCCION**

El **objetivo** de este estudio es desarrollar criterios para generar un debate con las partes interesadas (empresas mineras, Gobierno, ONG's y Comunidad) que permita construir la línea base de indicadores, con los cuales medir la contribución del sector minero al Desarrollo Sustentable (DS) en el mediano y largo plazo. El debate será más enriquecedor si entrega los elementos requeridos para el diseño de políticas públicas orientadas a neutralizar potenciales amenazas a la comercialización de productos minerales, especialmente cobre, que constituye el principal recurso para el crecimiento económico del país y por ende, para su sustentabilidad en el largo plazo.

En términos metodológicos, este trabajo se basa en los lineamientos de las Naciones Unidas y la Global Reporting Initiative para el diseño de indicadores de sustentabilidad.

## **II. LA MINERIA Y EL DS EN CHILE**

El sector minero en Chile está compuesto por los segmentos de la gran minería y las pymes<sup>1</sup> mineras (pequeña y mediana), las que presentan distintas características y maneras de abordar el DS.

No obstante, este documento hará referencia sólo al segmento de la Gran Minería, específicamente porque concentran el 95% de la producción de cobre del país, asociadas al Consejo Minero, el que

---

<sup>1</sup> Documento Técnico del Banco Mundial N° 429 denominado "An Environmental Study of Artisanal, Small, and Medium Mining in Bolivia, Chile and Peru", Gary MacMahon, José Luis Evia, Alberto Pascó Font y José Miguel Sanchez (Mayo 1999).

dispone de los elementos necesarios para enfrentar y asumir los desafíos de operar en forma sustentable en el sentido Brundtland. En efecto, posee niveles de reservas demostradas que le permite proyectarse en el largo plazo; niveles de costos de producción competitivos a nivel internacional; gran capacidad de gestión; acceso a múltiples fuentes de financiamiento y disponibilidad de información; características que no están presentes en la pequeña y mediana minería, hay brechas financieras, tecnológicas y de gestión que dificultan la sustentabilidad.

## **2.1. Elementos de DS en el Sector de las Grandes Empresas**

Hay posturas que argumentan que el sector minero es intrínsecamente no sustentable al explotar un recurso no renovable como los minerales, que están en la naturaleza en un stock limitado, susceptible de agotarse en el tiempo.

Sin embargo, mientras la explotación de los recursos minerales genere un stock de capital humano, social y manufacturado agregado en el tiempo, y permita la interrelación sistémica e integral de las dimensiones económica, social, ambiental e institucional, el sector podrá ser considerado sustentable en el sentido de la visión que plantea la teoría de la economía ambiental.

Existe evidencia empírica que el sector minero, especialmente la gran minería del cobre, contribuye al crecimiento económico del país, por efecto tanto de sus propias operaciones como por los encadenamientos productivos de los sectores ligados a él. Igualmente, en el ámbito social, el sector minero produce beneficios hacia la comunidad, tales como: mayor infraestructura hospitalaria, comunitaria y educativa a nivel regional.

Sin embargo, en el ámbito ambiental y en las relaciones de las empresas mineras con la comunidad, particularmente en las áreas donde se sitúan las etnias indígenas, la contribución del sector minero

tiene una percepción<sup>2</sup> más bien pesimista, vinculando a la minería con los siguientes impactos:

- Interfiere en el medio ambiente por emisiones contaminantes en tierra, aire y agua.
- Interfiere en las organizaciones sociales y sus valores culturales.
- No contribuye a una distribución equitativa del ingreso.
- Genera problemas de acceso a la tierra sin las compensaciones sociales respectivas.
- Incrementa los costos del gobierno en el otorgamiento de los servicios públicos al inducir en la demanda de éstos.

Estos factores son los que justifican diseñar indicadores de sustentabilidad para el sector minero y dimensionar la magnitud de esas percepciones negativas, así como los beneficios sociales que las empresas pueden generar en la comunidad.

En el ámbito internacional, para los organismos dedicados a la protección del medio ambiente y salud humana, este sector continúa

- 
- 2 Las percepciones pesimistas sobre el sector minero en los aspectos ambientales y comunicación con las organizaciones sociales fueron complementadas por los siguientes documentos:
- “Sistematización de Información y Creación de Catastro de las Organizaciones Sociales Vinculadas con la Temática del Desarrollo Sustentable en la Región de Antofagasta”, elaborado para Cochilco por el CIMM Educación & Gestión Tecnológica S.A. en el año 2001.
  - “Emerging Environmental Issues for Mining in the PECC Región”, elaborado por Fritz Balkau y Andrew Parson, Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas.
  - MMSD, Proyecto Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable, BOLETINES INFORMATIVOS N° 11 de Marzo 2001, N° 13 de Mayo 2001, N° 17 de Octubre 2001 y N° 18 de Noviembre 2001.
  - Phillip Crowson, ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND MINING, 1997

siendo foco de su atención al momento de definir nuevas regulaciones ambientales, las que sin duda, producen impactos significativos en el comercio de países como Chile, que basa su crecimiento económico principalmente en la exportación de productos minerales, tales como el cobre y sus derivados.

### **III. PROPOSICION DE INDICADORES DE DS PARA LA MINERIA**

#### **3.1. Marco Teorico**

En general, cualquier indicador debería cumplir con las siguientes características: a) relevantes y sensibles a los cambios, b) comprensibles, comparables y útiles, c) confiables y d) Accesibles, disponibles y oportunos.

No obstante, los indicadores de sustentabilidad además de satisfacer estas condiciones, tienen que ser capaces de identificar debilidades y reflejar la realidad de la interrelación de las dimensiones del DS, generando una integración y equilibrio entre las dimensiones económicas, sociales, ambientes e institucionales.

#### **3.2. Metodologia**

La metodología aplicada es la diseñada por el Departamento de Coordinación de Políticas y Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (NU), basada en las premisas contenida en la Agenda 21<sup>3</sup>, y es complementada con la guía metodológica para la

---

<sup>3</sup> La Agenda 21 insta el diseño, aplicación y evaluación de indicadores de DS con el fin de construir bases sólidas para el proceso de toma de decisiones de los países que permitan monitorear su progreso hacia esa dirección.

elaboración de Reportes de Sustentabilidad<sup>4</sup> que diseñó la Global Reporting Initiative (GRI).

El objetivo de la GRI es medir las actuaciones económicas, medioambientales y sociales de las empresas, en este caso específico del sector minero y desarrollar en el largo plazo “principios contables de sustentabilidad globalmente aceptados”, de manera de crear lazos de confianza y credibilidad entre las empresas -proveedoras de información- y las partes interesadas –usuarios de la información– que serían: Gobierno, Comunidades, Organizaciones No Gubernamentales y otras organizaciones vinculadas al DS.

### **3.3. Diagnóstico de las Empresas Mineras sobre DS**

En los últimos años, el concepto de DS ha surgido con gran fuerza, generando pautas de acción en todos los sectores productivos, en especial, en aquellos que basan sus negocios en recursos naturales, renovables y no renovables. En este contexto, la globalización no tan sólo se basa en la competitividad económica de las distintas industrias, sino también incorpora y equilibra la sustentabilidad económica, social y ambiental, ampliando así la gestión a estas nuevas dimensiones.

En el ámbito minero nacional, el DS las regulaciones vinculadas más bien a la sustentabilidad débil que a la fuerte (Ley de Bases de Medio Ambiente y la Política Ambiental Minera), instan a que el sector actúe en forma responsable, social y ambientalmente, incorporando en su gestión los principios del DS.

Para comprobar la forma en que las empresas mineras de la Gran Minería, asociadas al Consejo Minero, aplican los principios de DS, se efectuó un diagnóstico de ellas en función de los antecedentes que constan en sus memorias anuales y/o reportes específicos

---

<sup>4</sup> El documento metodológico se denomina “Guía para la Elaboración de Memorias de Sostenibilidad sobre Actuaciones Económicas, Medioambientales y Sociales de la Empresa”, editado por la GRI en junio del 2000.

vinculados a la sustentabilidad y al medio ambiente. Dicho diagnóstico aborda el DS a través de criterios como: Gestión Ambiental, Beneficios Sociales y Comunitarios, Salud y Seguridad, y Temas Operacionales del Medio Ambiente.

**Cuadro 1 - Diagnostico de empresas mineras sobre sustentabilidad**

<b>Criterios</b>	<b>% Cumplimiento</b>
Gestión Ambiental	58%
Beneficios Sociales y Comunitarios	62%
Salud y Seguridad	97%
Temas Operacionales del Medio Ambiente	73%
<b>Resultado Final (% cumplimiento promedio)</b>	<b>72%</b>

Notas: Detalle en Anexo 1

Fuente: Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre.

Tal como se muestra en el Cuadro 1, las empresas de la Gran Minería aparecen logrando un cumplimiento promedio de 72% en aspectos de Sustentabilidad, nivel más que aceptable para cualquier país minero con las características que posee Chile. Más relevante aún, si se considera que la actividad minera es percibida por los agentes como una operación que perturba intrínsecamente el medio ambiente. En los criterios económicos se le reconoce su aporte al crecimiento del país en forma indiscutible. La mayoría de las empresas tienen declarada una política ambiental para su gestión operacional. Entre sus actividades a la comunidad se encuentra el otorgar mayores beneficios económicos y sociales a sus trabajadores que otras actividades productivas y además, patrocinar iniciativas sociales en la comunidad.

El camino hacia el DS, al menos en las empresas de la Gran Minería, se encontraría perfilado, su desafío entonces, es consensuar entre ellas los indicadores que permitan medir los avances del sector hacia el DS, adoptando una línea base sobre la cual evaluar su desempeño en el mediano y largo plazo, materializándola en un informe de Sustentabilidad para el Sector Minero.

#### **IV. INDICADORES E INFORME DE DS PARA LA MINERIA**

El informe debería cumplir con las siguientes características:

- Estandarizado, común a todas las empresas para permitir su comparación.
- Contener pocos indicadores de fuentes de información oficiales para garantizar la confiabilidad de los datos.
- Permitir su evaluación por parte de organismos independientes para garantizar la validez y transparencia de la información contenida.

El informe aplicable a las empresas mineras asociadas al Consejo Minero debería contener además, una breve descripción del perfil de la empresa minera (localización, patrimonio, tipos de productos, nivel de producción y ventas), los resultados de los indicadores y un acápite con las acciones concretas a las que se compromete la empresa para dar solución a los problemas detectados.

Los indicadores propuestos deben ser de tipo general, es decir, aplicables en cualquier otro sector productivo, cuantitativos, salvo que midan percepciones u opiniones, deben también contar con una base metodológica conocida y aceptada como la que proponen las Naciones Unidas y la Global Reporting Initiative.

El set de indicadores propuestos debe cumplir además con los siguientes criterios:

**Cuadro 2 - Criterios para la selección de los indicadores propuestos**

CRITERIOS DE SELECCIÓN	CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES PROPUESTOS
FUENTE DE INFORMACION	Los datos provienen de fuentes información conocidas y confiables, en general, corresponden a estadísticas gubernamentales que entregan información sobre el comportamiento de dichos indicadores, entre las que se destaca el Banco Central de Chile, el INE, Ministerio de Salud, CONADI, SERNAGEOMIN, Ministerio del Trabajo, INN y otras instituciones. Ello permite garantizar que no se producirían sesgos en la interpretación de la información y daría independencia respecto de las mediciones que puedan efectuar las empresas mineras.
METODOLOGIA PARA MEDIR DS	Cumplen con los criterios definidos en metodologías ampliamente aceptadas por la comunidad mundial, diseñadas por organismos internacionales para medir el Desarrollo Sustentable, por ejemplo las Naciones Unidas, Agenda 21 y la Global Reporting Initiative. DE este modo cada uno de los indicadores refleja un efecto directo e indirecto sobre la sustentabilidad en el sentido Brundtland.
PATRON DE REFERENCIA	Cuentan con un patrón de comparación definido que permite su comparación sectorial, nacional e internacional. A nivel nacional con las reglamentaciones del Servicio de Salud del Medio Ambiente (SESMA), Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Por su parte, a nivel internacional, los patrones de referencia provendrían de instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) por citar algunas más relevantes.

Fuente: Comisión Chilena del Cobre.

Específicamente, los indicadores propuestos para medir la sustentabilidad del sector minero y conformar el Informe de Sustentabilidad del sector minero son:

- a) **Dimensión Económica:** Miden la forma que la empresa minera influye en la economía, regional o nacional. Mide como los recursos mineros contribuyen al crecimiento del país creando riqueza, donde las investigación y desarrollo de nuevas tecnologías son cruciales para la equidad intrageneracional y para un uso eficiente de los recursos, agua y energía. También dan una magnitud del grado de utilización del recurso minero en el más puro sentido de Brundtland.

**Cuadro 3 - Indicadores economicos**

INDICADORES PROPUESTOS	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE
1. PIB Minero/PIB País	Porcentaje	Banco Central
2. Gasto en I&D del sector minero/Gasto en I&D país	Millones de US\$	CONICYT
3. Importaciones Bienes de Capital Minería/Import. Bienes de Capital País	Porcentaje	Banco Central
4. Reservas Probadas/Reservas Evidenciadas	TMF	Banco Central, CRU, COCHILCO

Fuente: Comisión Chilena del Cobre.

- b) **Dimensión Social:** Miden el impacto de las empresas mineras en los aspectos sociales atingentes tanto a los trabajadores de la empresa como a la comunidad, mediante la contribución a la formación de capital humano y social, la seguridad social y la calidad de vida.

**Cuadro 4 - Indicadores sociales**

INDICADORES PROPUESTOS	UNIDAD DE MEDIDA	ESTANDAR	FUENTE
5. Remuneración promedio trabajadores sector minero	US\$*trabajador/año	Promedio País*	AFP, Ministerio del Trabajo
6. Tasa de Frecuencia <sup>5</sup> de accidentes	Número/horas-hombre	Promedio País	Ministerio del Trabajo, Sernageomin
7. Tasa de Gravedad <sup>6</sup> (días de incapacidad por accidentes)	Días/horas-trabajadas	Promedio País	Ministerio del Trabajo, Sernageomin
8. Tasa de Sindicalización	Porcentaje	Promedio País	Ministerio del Trabajo
9. Número Conflicto con las Comunidades Indígenas	Número	Promedio País	CONADI

Nota (\*): Si el objetivo es compararse con otras industrias, el promedio país puede reemplazarse por el promedio de otro sector productivo.

Fuente: Comisión Chilena del Cobre.

- c) **Dimensión Ambiental:** Miden los impactos de las operaciones sobre el aire, agua, tierra y biodiversidad. La gestión ambiental de la empresa podría ser medida, casi en su totalidad, por la certificación de las normas ISO 14.000<sup>7</sup> o por certificaciones

<sup>5</sup> Tasa de Frecuencia = cantidad de accidentes incapacitantes por cada millón de horas - hombres trabajadas

<sup>6</sup> Tasa de Gravedad = número de días perdidos más los días de cargo, a causa de accidentes con incapacidad temporal más los días cargo por accidentes, con incapacidad permanente y/o fatal, por cada millón de horas - hombre trabajadas.

<sup>7</sup> Las normas ISO 14.000 apoyan a las empresas certificadas a garantizar los bienes y servicios que producen en términos de los impactos ambientales que generan, reduciendo los costos de producción, mejoran la imagen corporativa y aplicando una estructura de mejoramiento continuo para el desempeño ambiental de las empresas. En Chile, sólo tres empresas mineras se encuentran certificadas

equivalentes, como la certificación de sus Sistemas de Gestión a nivel corporativo. Estas normas pueden ser aplicadas a cualquier empresa e industria, y constituyen estándares voluntarios que agregan valor a las operaciones de negocios, garantizando un comercio de bienes y servicios eficiente, seguro y limpio en términos ambientales, y un mejoramiento continuo de los procesos y un eficiente desempeño ambiental.

**Cuadro 5 - Indicadores de medio ambiente**

INDICADORES PROPUESTOS	UNIDAD DE MEDIDA	ESTANDAR	FUENTE
10. Certificación ISO 14.000	--	100%	INN
11. Uso Eficiente de Energía	KWH/TMF	Internacional	SEC
12. Episodios Críticos por calidad SO2 al aire	Número/año	Nacional	CONAMA SESMA
13. Episodios Críticos por calidad de As al aire	Número/año	Nacional	CONAMA SESMA

Fuente: Comisión Chilena del Cobre.

- d) **Dimensión Institucional:** Miden por una parte, si el Gobierno ha creado y propiciado las condiciones legales y regulatorias que garanticen que el sector minero avance a la senda de la sustentabilidad, y por otra, la adhesión de las empresas mineras para dar cumplimiento a los estándares fijados por el Gobierno.

---

por ISO 14.000, ellas son Collahuasi, Escondida y Candelaria y en proceso de certificación estaría la División Radomiro Tomic de Codelco-Chile.

**Cuadro 6 - Indicadores institucionales**

INDICADORES PROPUESTOS	ESTANDAR INTERNACIONAL O ESTANDAR DE LA EMPRESA	GOBIERNO
14. Norma de Calidad del Aire por SO <sub>2</sub> (diaria)	125 (OMS)	265
15. Norma de Calidad del Aire por As	1,5 X 10 <sup>-3</sup> (ug/m <sup>3m</sup> ) <sup>-1</sup> Norma OMS	NO DICTADA <sup>8</sup>
16. Reglamentación sobre Política Ambiental	SI	NO
17. Reglamentación de Cierre y Abandono de Faenas	NO	NO
18. Normativa de Sindicalización	SI	Si
19. Normativa de Trabajo Seguro	SI	SI

Fuente: Comisión Chilena del Cobre.

## V. CONCLUSIONES

En los últimos años, el DS ha surgido con gran fuerza, generando pautas de acción en todos los sectores productivos, en especial, en aquellos que basan sus negocios en recursos naturales, renovables y no renovables. En efecto, en Chile ello es aun más

<sup>8</sup> En Chile, sólo existe la norma de emisión de Arsénico al aire. Sin embargo, para los organismos internacionales la norma que exigen es la Norma de Calidad del Aire por Arsénico, cuyo límite, según la OMS, es de 1,5 X 10<sup>-3</sup> (ug/m<sup>3m</sup>)<sup>-1</sup>. Un valor superior podría, a juicio de la OMS, provocar cáncer al pulmón en los humanos expuestos.

gravitante, considerando que su economía depende significativamente de los recursos mineros.

En este contexto, el presente documento ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ◆ Estudios de organismos internacionales, revelan que Chile se sitúa en un rango intermedio en materia de medio ambiente y sustentabilidad. Existen tareas pendientes en especial en la protección del medio ambiente y en la aplicación de normas ambientales más restrictivas por parte de los organismos internacionales.
- ◆ Dado que los recursos minerales corresponden a un stock limitado, susceptible de agotarse en el tiempo, el sector minero ha tomado conciencia de ello y ha internalizar en su gestión los principios del DS.
- ◆ Existe evidencia empírica que el sector minero genera beneficios económicos y sociales al país y a las regiones donde se insertan sus faenas mineras. Sin embargo, en lo que respecta a sus relaciones con la comunidad y el impacto ambiental de sus operaciones se mantiene una percepción negativa de las partes interesadas.
- ◆ Del diagnóstico preliminar de las empresas asociadas al Consejo Minero es posible inferir que ellas han asumido, en forma mayoritaria (72% de cumplimiento), con responsabilidad y voluntariamente, la protección del medio ambiente y la generación de canales de comunicación más fluidos con las partes interesadas (Gobierno, Comunidades y OGN's). También se han preocupado de mostrar una mejor imagen ante la comunidad sobre los efectos que sus actividades generan en términos sociales y ambientales. Sin embargo, ello no sería suficiente mientras no sea validado por organismos independientes, que en función de una línea base de indicadores, evalúen en el tiempo el desempeño

del sector respecto del DS. Propiciar un debate que recoja estos elementos constituye el real aporte de este documento.

- ◆ A lo largo de todo el ciclo del negocio minero, desde la etapa de exploración hasta el cierre de la mina, el sector minero ha demostrado preocupación por el medio ambiente y por el desarrollo económico y social de los individuos, prueba de ello es que el 72% de las empresas asociadas al Consejo Minero incorporan a sus gestión los principios del DS y tienen como objetivo contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los individuos.
- ◆ Para el sector minero, la política de sustentabilidad debe comprender un manejo responsable de los recursos, promover la educación, el desarrollo social y la ciencia y tecnología, contribuir al desarrollo económico sostenible y generar canales de comunicación fluidos con la comunidad.

En consideración a lo anteriormente expuesto, el aporte de este documento es propiciar la elaboración y aplicación de un nuevo instrumento, denominado Informe de Sustentabilidad, al que adhieran en forma voluntaria las empresas asociadas al Consejo Minero, con el objeto de conformar una línea base para evaluar, en términos cuantitativos, la contribución del sector al desarrollo sustentable en el mediano y largo plazo.

Para ello se propone un total de 19 indicadores que cubren las dimensiones económica, social, de medio ambiente e institucional. Estos indicadores serían debatidos con las partes interesadas (empresas mineras, Gobierno, comunidades y ONG's) en una segunda etapa, que correspondería al proceso de medición de los avances del sector materias de DS, es fundamental todos los agentes perciban que esta próxima etapa contribuye efectivamente a la sustentabilidad del sector.

ANEXO

DIAGNOSTICO DE LAS EMPRESAS MINERAS SOBRE SUSTENTABILIDAD

EMPRESAS MINERAS	I										% aplicación	
	Colchagua	Concepción	Quilicura	Biobío	Valparaíso	Magallanes	Antofagasta	Atacama	Los Ríos	Coquimbo		
<b>REGIONES</b>	<b>GESTION AMBIENTAL (porcentaje de cumplimiento promedio)</b>										<b>68%</b>	
Estructura	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	62%
Política Ambiental	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100%
Auditorías	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	62%
Cumplimiento de Legislación y Normativa	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	92%
Principios de Desarrollo Sustentable	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	54%
Indicadores de Desempeño Ambiental												69%
Indicadores de Desarrollo Sustentable												8%
Reportes de Sustentabilidad												8%
Comunicaciones Internas	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	88%
Manejo y Entrenamiento del Riesgo Ambiental	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	89%
Gastos y/o Inversiones en Medio Ambiente	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	77%
Temas de Biodiversidad	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	46%
Programas de Actividades Internacionales	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	46%
Certificación ISO 14000	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	23%
<b>BENEFICIOS SOCIALES Y COMUNITARIOS (porcentaje de cumplimiento promedio)</b>	<b>62%</b>											
Programas hacia la Comunidad	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	69%
Consultas a Partes Interesadas	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	54%
Programas Educativos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	77%
Programas de Salud	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	69%
Programas Étnicos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	23%
Programas Capacitación	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	77%
<b>SALUD Y SEGURIDAD (porcentaje de cumplimiento promedio)</b>	<b>91%</b>											
Programas de Salud y Seguridad	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100%
Accidentalidad	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100%
Planes de Emergencia	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	92%
<b>TEMAS OPERACIONALES DEL MEDIO AMBIENTE (porcentaje de cumplimiento promedio)</b>	<b>73%</b>											
Consumo de Energía	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100%
Consumo de Agua	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100%
Uso de Tierra	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	62%
Emissiones al Aire	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	77%
Agua Eficientes	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	62%
Manejo de Residuos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	69%
Reportes Ambientales	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	38%

Fuente: Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre.

Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores

## SUSTENTABILIDAD MINERA EN BOLIVIA

Ana María Aranibar Jimenez

Bolivia

---

Los conceptos de desarrollo aplicados a la calidad de vida son muy variados, una visión completa y bastante operativa es la empleada por el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo que define al desarrollo humano como el proceso de ampliación de las opciones de la gente para lograr su bienestar. Toma como componentes fundamentales del desarrollo humano tener acceso a una vida prolongada y disfrutar de salud y educación como requisitos indispensables.

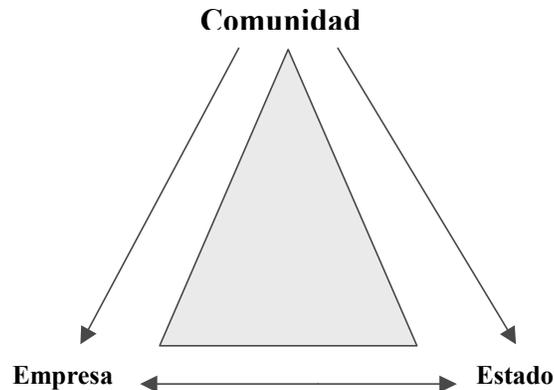
El concepto de desarrollo sustentable surgió en este nuevo milenio y se ha convertido en uno de los principales desafíos que deben enfrentar las naciones como un serio compromiso con las generaciones futuras.

De la misma forma que los criterios sobre desarrollo humano, existen numerosos conceptos sobre sustentabilidad. Para la presente investigación tomamos como referencia el que nos pareció más apropiado y que encaja dentro los criterios de “sustentabilidad minera” como *la realización de actividades de desarrollo sin la generación de deudas económicas, sociales o ambientales para el futuro*. Es decir es la capacidad de actuar sin hipotecar el destino de las siguientes generaciones. En este contexto asumimos, además la idea que sustentabilidad significa también la capacidad que tiene la comunidad local para autogestionar un proyecto.

Un proyecto de desarrollo sustentable o sostenible es aquel que no depende de la existencia de un ente externo de la comunidad sino que es producto de un consenso local para efectuar una serie de

transformaciones en la economía y sociedad que permitan resolver determinados problemas.

En este marco para desarrollar una minería sustentable debe existir un triángulo de interacción entre **estado - empresa - comunidad minera**



## **ROL DE LOS ACTORES DENTRO EL TRIÁNGULO PROPUESTO**

### **Rol de estado**

La función del Estado deberá ser impulsar programas de apoyo al desarrollo local a través de diversas instancias, se involucran diversos organismos como parte de las actividades que tiene que cumplir el estado y que son puntuales en términos de conceptos casi tradicionales del estado como ser:

- Apoyo a programas de salud, educación, transportes, agricultura, industria, desarrollo humano, son programas de infraestructura y servicios que el estado otorga a las comunidades urbanas y rurales. En el caso de Bolivia se da una mayor importancia a las áreas con mayores índices de pobreza.

## **Rol de la Empresa**

La presencia de la empresa minera genera una serie de impactos en el lugar de trabajo, principalmente desarrollo de empleo, generación de infraestructura vial, eléctrica. Todos estos impactos generan un impulso al desarrollo local y pueden ser complementados por una política explícita de lo que se viene a llamar “ Responsabilidad Social “.

Pero aquí podremos dejar un interrogante que será objeto de posterior análisis.

Hasta donde la empresa es responsable por el desarrollo local? ¿cual su función real?.

Las empresas pueden administrar sus recursos para generar un mayor impacto positivo en el desarrollo de una localidad , pero no pueden reemplazar ni a la comunidad ni al estado en esta responsabilidad social

## **Responsabilidad Social de la Empresa**

La Responsabilidad Social es un compromiso que las empresas asumen por el bienestar del entorno social que las rodea. Bajo este compromiso las empresas evitan o mitigan cualquier impacto negativo que sus empresas puedan ocasionar sobre las personas y potencian todos los impactos positivos que una inversión trae a las áreas en que se desarrollan las operaciones.

Es cierto que las función principal y condición de existencia de una empresa es la generación de utilidades.

La responsabilidad social asume que las entidades privadas tienen un compromiso con el entorno en que se desenvuelven. Este compromiso tienen un origen más bien ético, pero también práctico. Un entorno estable y abierto a la inversión favorece al desarrollo de un proyecto.

## **Rol de la Comunidad**

En Bolivia podemos diferenciar tres tipos de comunidades:

### **La Comunidad Campesina**

Quienes han adquirido el derecho propietario de su tierra ya sea a través de secuencia hereditaria o mediante la adquisición propiamente de la tierra.

Para la comunidad campesina el derecho a la tierra no solo significa un derecho económico sino también le da prestigio y poder.

### **La Comunidad Originaria**

Cuya tenencia de la tierra está basada en su derecho propietario originario del subsuelo y suelo.

### **La Comunidad Minera**

Se desarrolla alrededor de un proyecto minero como es el caso de Llallagua, Catavi, Huanuni que son minas de propiedad del estado y donde hace años se desarrollaron varios proyectos mineros

### **El Código Minero Boliviano con relación a los derechos mineros**

El artículo 1ro. del Código Minero establece que “pertenecen al dominio originario” del estado todas las sustancias minerales en estado natural cualesquiera sea su procedencia y forma de presentación, hállese en el interior o en la superficie de la tierra. Su concesión se sujeta a las normas del Código.

El Artículo 4 del Código minero señala que la concesión minera constituye un derecho real distinto al de la propiedad del predio en que se encuentra.

Esto quiere decir que los derechos mineros son otorgados como “concesiones”.

Existe entonces una coexistencia entre dos derechos diferentes, el derecho al suelo y subsuelo y el derecho minero.

Bolivia ha rubricado el artículo 169 de la OIT donde se “reconoce los derechos de los pueblos originarios con relación a la tenencia de la tierra” .

Bajo este paraguas se desarrolla entonces el triángulo que se había mencionado. La participación de estado – empresa – comunidad, los tres actores con responsabilidades compartidas es lo que hará sustentable una economía con extracción minera.

Aquí tomamos un ejemplo en Bolivia **Caso Empresa Minera Inti Raymi** (ver presentación en Power Point)

La Empresa Inti Raymi uno de los proyectos más importantes en Bolivia con producción de oro en minería a cielo abierto.

### **Las Responsabilidades en el marco de un impulso al desarrollo**

El desarrollo de una localidad es responsabilidad de la misma comunidad, la comunidad es la que conoce sus problemas, define sus propios objetivos y moviliza sus recursos materiales y humanos.

El estado impulsa programas de apoyo a través de sus diferentes instancias. A través de sus Ministerios debería desarrollar diferentes programas de infraestructura y servicios en las comunidades.

La empresa genera una serie de impactos sobre todo en el nivel de ejemplo, genera infraestructura vial, eléctrica y algunos servicios.

### **Cómo asegurar la sostenibilidad del proyecto**

Cualquier proyecto minero debe buscar su sostenibilidad en el tiempo, es decir la capacidad de funcionar con el concurso de la comunidad y el estado, respetando el medio ambiente

El proyecto debería funcionar con el apoyo de la comunidad, de los municipios de las organizaciones comunitarias y de la iglesia

Se debe evitar la duplicidad de esfuerzos y no competir con instituciones establecidas.

Se debe fortalecer a las organizaciones locales, capacitación a los miembros y líderes de la comunidad.

Los proyectos de apoyo deben ejecutarse a partir de un análisis del mercado con y sin la presencia de la empresa.

Las acciones de apoyo a los servicios deben ser coordinadas con el estado

Un factor importante para que un proyecto sea sostenible en el tiempo es establecer un límite máximo de aportes de la empresa. Muchas empresas comienzan buenas relaciones comunitarias con grandes inversiones y terminan en graves conflictos.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Código de Minería – La Paz, Bolivia – 2000 Gaceta Oficial de Bolivia

Guía de Relaciones Comunitarias – República del Perú –Ministerio de Energía y Minas. Enero 2001

Ensayos – Sobre a Sustentabilidade da Mineracao no Brasil. Maria Laura Barreto

Datos obtenidos de la Empresa Minera Inti Raymi

**LOS IMPACTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DEL  
PROYECTO BAJO LA ALUMBRERA Y UNA  
APROXIMACIÓN A LOS INDICADORES ECONÓMICOS DE  
SUSTENTABILIDAD**

*Luis Manuel Alvarez*  
Consultor Minero  
Catamarca - Argentina

---

**INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo analiza el comportamiento económico y social del proyecto minero más importante de Argentina como es *Bajo la Alumbreira*, desde la óptica de las comunidades aledañas a la mina y de la provincia de Catamarca.

Por lo tanto, se hace una breve descripción del proyecto, se analizan los principales impactos económicos, la relación de la empresa con las comunidades y el gobierno, las expectativas que generaron la empresa y el proyecto minero, la percepción de las comunidades aledañas a la mina respecto a los beneficios mineros, las causas por las cuales las comunidades dicen no percibir los impactos del proyecto y finalmente la selección de un número de variables económicas que nos permiten cuantificar dichos efectos a escala local y analizar la sustentabilidad del proyecto.

**BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La mina de cobre y oro Bajo la Alumbreira se encuentra ubicada en el departamento Belén de la provincia de Catamarca, en el noroeste de la República Argentina.

Los derechos de exploración y explotación pertenecen a Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio (YMAD), una sociedad integrada por la provincia de Catamarca, la Universidad Nacional de Tucumán y el Estado Nacional.

YMAD constituyó una Unión Transitoria de Empresas (UTE) con Minera Alumbreira Ltd para la explotación de la mina.

Minera Alumbreira Ltd está constituida actualmente por tres grandes empresas mineras internacionales: M.I.M de Australia con el 50%, Río Tinto de Inglaterra con el 25% y Billiton de Inglaterra con el 25% restante.

Bajo la Alumbreira es uno de los principales yacimientos de cobre y oro del mundo que se explota a cielo abierto, habiéndose invertido u\$s 1200 millones para su puesta en marcha.

Utiliza procesos de trituración, molienda y flotación, para producir un promedio de 600.000 Ton de concentrado por año, que contienen aproximadamente 180.000 Tn de cobre y 20 Tn de oro.

El valor promedio de la producción-exportación es de unos u\$s 460 millones al año.

La electricidad se provee desde El Bracho (provincia de Tucumán) a través de una línea de alta tensión de 220 Kw y de 200 Km de longitud que construyó la empresa.

Al concentrado producido que contiene cobre y oro, se les agrega agua para ser bombeado a través de un mineraloducto de 316 Km de extensión (el más largo del mundo) desde la mina, pasando por los Nevados de Aconquija hasta la provincia de Tucumán, donde se construyó una planta de secado del mineral que extrae el agua del concentrado, hasta obtener un producto más seco con 8% de humedad.

Desde Tucumán, se lo transporta por el ferrocarril Nuevo Central Argentino en trenes de propiedad de Minera Alumbreira, hasta las instalaciones portuarias propias ubicadas en General San Martín (provincia de Santa Fe) recorriendo 830 Km. De allí, el concentrado es cargado en buques para ser transportado hacia los mercados internacionales.

La construcción del proyecto se inició en el año 1995 y la puesta en marcha en 1997.

Ocupa en la actualidad unas 800 personas que dependen de la mina y otras 500 de las empresas contratistas ubicadas en las proximidades del proyecto.

Según las últimas estimaciones de reservas, a la mina le quedaría una vida útil de 15 años.

## **PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO PARA LA PROVINCIA DE CATAMARCA**

**Incidencia en el PBI provincial:** Alumbarrera genera aprox. el 20 % del PBI provincial, que alcanzaba los \$1800 millones en el año 2000.

**Interconexión de la localidad de Santa María a la línea eléctrica construida por Minera Alumbarrera:** Esta importante localidad del oeste provincial ubicada a unos 100 Km de la mina, técnicamente no podía ser abastecida a través de las obras energéticas realizadas para interconectar al oeste provincial (Tinogasta, Belén, Andalgalá y Pomán) con la red nacional. A partir de la interconexión a la línea minera que se concretó en octubre del 2001, se espera que Santa María tenga un mayor y mejor servicio eléctrico y la posibilidad de radicar otros proyectos productivos.

**Modificación de la Quebrada de Belén sobre la ruta 40:** La obra consistió en la reconstrucción y asfaltado de 14 Km de ruta sobre una quebrada montañosa.

Antes de la realización de esta obra, reclamada durante muchos años por la comunidad de Belén, dicha quebrada actuaba como un tapón ya que el camino era angosto y sin asfaltar. A partir de su concreción, se espera una mayor y mejor transitabilidad de personas y productos a través de la misma.

**Empleos creados por la minera:** El proyecto Alumbraera ocupa unas 800 personas, de las cuales solamente 260 (32%) corresponden a la provincia de Catamarca. El monto de los salarios pagados por año a los empleados catamarqueños es de unos \$ 4.400.000. (información suministrada por la empresa). Si consideramos a las comunidades de influencia del proyecto como Andalgalá, Belén y Santa María, la ocupación es de unas 200 personas y los salarios pagados de \$3.200.000.

**Empleos creados por las contratistas:** Las empresas proveedoras de insumos y servicios a Alumbraera y que están localizadas cerca de la mina, ocupan unas 490 personas de las cuales solamente 160 (32%) corresponden a la provincia de Catamarca. El monto de los salarios pagados por año a los empleados catamarqueños es de aprox. \$1.000.000. (dato estimado tomando una remuneración promedio de \$500/mes). Si consideramos a las localidades de influencia del proyecto, la ocupación es de unas 150 personas y los salarios pagados de \$ 970.000.

**Compras a proveedores locales (minera y contratistas):** En el año 2000 fue de \$2.800.000, contabilizando las compras de Alumbraera e Integralco, que brinda el servicio de comida y limpieza en la mina (información suministrada por Minera Alumbraera).

**Regalías mineras:** Los pagos realizados por la empresa en concepto de regalías mineras (3% del valor del mineral en boca mina) son aprox. \$7.000.000 por año (dependiendo básicamente de los niveles de producción y de los precios del cobre y el oro).

**Impuestos provinciales:** aprox. \$ 7.000.000 por año.

**Canon de agua:** aprox. \$ 700.000 por año.

**Utilidades del proyecto que le corresponden a la empresa YMAD y a la provincia de Catamarca:** Según el contrato de UTE firmado entre YMAD y Minera Alumbraera Ltd, a la empresa estatal le corresponde el 20% de las utilidades del proyecto y de acuerdo a la

ley de creación de la misma, la provincia de Catamarca es dueña del 60% por lo tanto le corresponde el 12% de las utilidades del proyecto.

Cuando se distribuyan las utilidades (una vez recuperada la inversión), se estima que dichos ingresos superarán a las regalías mineras.

### **PERCEPCIÓN DE LAS COMUNIDADES ALEDAÑAS AL PROYECTO Y DE LA PROVINCIA, RESPECTO A LOS BENEFICIOS QUE DEJA EL EMPRENDIMIENTO MINERO**

La opinión generaliza en la provincia de Catamarca, de acuerdo a la numerosa información periodística y a las encuestas de opinión realizadas, es que los beneficios que deja el proyecto Alumbreira en Catamarca no son significativos y que la provincia más beneficiada es Tucumán.

Esta última percepción se relaciona con el hecho de que la empresa minera y las contratistas ocupan una mayor cantidad de mano de obra de dicha provincia, por estar mejor pagos que los trabajadores catamarqueños y por realizar importantes compras de insumos y servicios a empresas tucumanas.

Unas 380 personas provenientes de Tucumán (47% del total) trabajan en el proyecto Alumbreira, con una remuneración anual de \$ 8.800.000. Un porcentaje similar, con unos 230 empleados se da con las empresas contratistas y con una retribución anual de \$1.800.000 (dato estimado tomando una remuneración promedio de \$ 600/mes).

Con respecto a la contratación de empresas proveedoras de insumos y servicios de la provincia de Tucumán, son considerablemente superiores a la provincia de Catamarca y llega a los \$ 40 millones por año.

Veamos gráficamente estas comparaciones, donde se percibe con claridad la diferente magnitud de los impactos en las provincias mencionadas.

CONCEPTO	CATAMARCA		TUCUMÁN	
Ocupación minera	260 (32%)	\$ 4.400.000	380 (47%)	\$ 8.800.000
Ocupación contratistas	160 (32%)	\$ 1.000.000	230 (47%)	\$ 1.800.000
Compras minera y contratistas	60 empresas	\$ 2.800.000	180 empresas	\$40.000.000
Regalías		\$ 7.000.000		–
Impuestos provinciales		\$ 7.000.000		–
Canon de agua		\$ 700.000		–
<b>TOTAL</b>		<b>\$22.900.000</b>		<b>\$50.600.000</b>

### **PORQUÉ SE PRODUJO LA SITUACIÓN DESCRIPTA Y PORQUÉ LAS COMUNIDADES ENTIENDEN QUE LOS BENEFICIOS SON MENORES A LOS ESPERADOS?**

En primer lugar, se produjo un *problema de expectativas* con la comunidad de Andalgalá, originado por deficiencias comunicacionales por parte de la empresa minera.

Según el estudio de factibilidad del proyecto y a lo que informaba la empresa canadiense Musto en el año 1994 (1 año antes del inicio de la construcción), el concentrado de cobre y oro saldría de la mina hacia Andalgalá a través de un mineraloducto de corta extensión. Esto significaba que en dicha localidad se *construiría la planta de secado del mineral y se reactivaría el ferrocarril Belgrano en el tramo Andalgalá-Serrezuela* para transportar el concentrado hacia el puerto de Santa Fé.

Este hecho había generado una enorme expectativa en la provincia y principalmente en la comunidad de Andalgalá ya que significaba una inversión considerable en la zona, la ocupación de

mano de obra local, la recuperación de una vía de transporte de importancia para la región y como consecuencia, los principales impactos del proyecto se volcarían hacia Catamarca y no hacia Tucumán como ocurrió finalmente.

Cuando en el año 1994 Musto vende el 50% de sus acciones a la empresa australiana MIM y esta se hace cargo del desarrollo y gerenciamiento del proyecto, se producen modificaciones en la ingeniería del mismo y se decide sacar el concentrado del mineral por la provincia de Tucumán, aduciendo que el ferrocarril Belgrano en el tramo indicado no era operativo y que se tenían que realizar inversiones significativas para reactivarlo. Esto significó que se dejaran de lado las inversiones previstas originalmente para Andalgalá, construyéndose un extenso, costoso y complicado mineraloducto desde la mina hacia Tucumán (316 Km de extensión) y que se utilizara el ferrocarril Nuevo Central Argentino desde Tucumán hacia Rosario para transportar el concentrado.

Estas modificaciones sustanciales respecto al proyecto original, hicieron que la provincia de Tucumán se viera beneficiada en detrimento de la comunidad de Andalgalá y de la provincia de Catamarca, generándose de esta manera la primera frustración de la población respecto a los impactos económicos del proyecto minero y deteriorándose la relación de la empresa con la comunidad y el gobierno.

La comunicación entre la empresa y la comunidad tiene que ser fluida y veraz, teniendo sumo cuidado en no generar expectativas desmedidas o falsas. Si ocurren problemas comunicacionales, se pueden dar situaciones de difícil solución como es el hecho de que las comunidades se muestren indiferentes al desarrollo minero o que se opongan al mismo, como es la situación que se está produciendo en este momento en la provincia de Catamarca.

## **OCUPACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL Y COMPRAS A PROVEEDORES**

Como se apuntara anteriormente, la ocupación de mano de obra local en la empresa minera y en las contratistas es baja.

Minera Alumbreira ocupa unos 260 trabajadores catamarqueños sobre un total de 800 (32%). En el caso de las contratistas se da casualmente el mismo porcentaje, con una ocupación de 160 trabajadores de la provincia sobre un total de 490.

Esta situación atenúa sin duda el efecto multiplicador del proyecto en las comunidades, ya que el aporte salarial de \$ 5.400.000 por año no es significativo y por lo tanto no se refleja con fuerza en las compras locales.

Como apuntáramos, la absorción de mano de obra local es baja, incluso si lo comparamos con proyectos mineros de similares características societarias (UTE pública-privada) como es el caso de Cerro Vanguardia S.A., empresa que explota oro en la provincia de Santa Cruz desde el año 1998 y que está integrada por Anglo Gold (46,25%), Grupo Pérez Companc (46,25%) y Fomicruz S.E (Sociedad del Estado de Santa Cruz) con el 7,5% restante. En este proyecto, la ocupación de mano de obra local alcanza al 90% (413 santacruceños sobre un total de 460 trabajadores) considerando la empresa minera y las contratistas.

En el caso de Alumbreira, el mayor porcentaje de trabajadores ocupados en el proyecto corresponde a la provincia de Tucumán de donde provienen unos 380 (47%), registrándose un porcentaje similar en las empresas contratistas que ocupan 230 personas.

El problema se acentúa porque los trabajadores tucumanos perciben en promedio, salarios superiores a los catamarqueños.

Con los *proveedores* locales, se produce una situación similar a la analizada.

Más allá del escaso desarrollo del sector industrial y de servicios de la provincia de Catamarca y del hecho de que las autoridades provinciales no advirtieron a tiempo el potencial negocio que se estaba generando y por lo tanto no prepararon al sector, persiste la sensación de que la empresa minera no hizo los esfuerzos necesarios para contratar a firmas locales.

Estas situaciones se producen a pesar de que el artículo 12 del contrato de UTE firmado entre YMAD y Minera Alumbraera Ltd, dice claramente que la empresa deberá priorizar la ocupación de mano de obra local y la contratación de empresas proveedoras de la provincia de Catamarca.

Los aspectos analizados, restringen sin duda los impactos del proyecto en la economía local y constituyen los motivos principales por los cuales las comunidades no perciben nítidamente sus beneficios.

### **PORQUÉ SE PRODUJO ESTA SITUACIÓN?**

Arribamos de esta manera a uno de los puntos centrales del presente trabajo.

Más allá de un aspecto que efectivamente ocurrió en la provincia, como es el hecho de que las autoridades de entonces y la comunidad en general fueron incrédulos respecto a la evolución y desarrollo del proyecto Alumbraera y por lo tanto no se prepararon para aprovechar sus impactos, el hecho principal que produjo la realidad descrita tiene que ver con las falencias comunicacionales y de inserción en la comunidad por parte de la empresa, y en la conflictiva relación empresa- gobierno ocasionada por el problema de las regalías mineras que derivó en la falta de diálogo y acuerdos entre las partes.

Profundicemos este aspecto. Los diversos actores que participan en el sector minero reconocen ampliamente que la relación entre las empresas mineras internacionales y los gobiernos y comunidades donde se radican, se sostiene en un compromiso de partes que puede sintetizarse de la siguiente manera:

*“Las empresas mineras internacionales deben comprometerse con el desarrollo económico y social de las comunidades y regiones donde se radican, y los gobiernos que receptan dichas inversiones deben brindar seguridad jurídica”.*

Estos principios elementales que hoy rigen dichas relaciones y que están fuera de toda discusión, son los que no funcionaron en la provincia de Catamarca.

Por un lado, en el año 1993 se presenta en la legislatura provincial una ley de Regalías Mineras distinta a la nacional (a la que el gobierno local había adherido) y cuya metodología de cálculo no contemplaba el descuento de ningún costo con lo cual su incidencia era mayor.

Este hecho, resuelto 8 años más tarde (en junio del año 2001 se aprueba la ley de adhesión al artículo 22bis de regalías mineras) a pesar de las promesas gubernamentales de resolver el problema rápidamente, hizo que las relaciones entre las partes se resintieran considerablemente.

Por otro lado, el desempeño institucional de la empresa no fue el esperado y derivó en una deficiente inserción en la comunidad local y en un escaso compromiso con el desarrollo económico y social de la misma, canalizado en gran medida hacia la provincia de Tucumán, con lo cual se potenció el conflicto.

Minera Alumbreira Ltd. no supo priorizar las relaciones con las autoridades y comunidades de la provincia de Catamarca a pesar de la ubicación geográfica del yacimiento, de compartir la

concreción y el gerenciamiento del proyecto con la empresa YMAD de mayoría catamarqueña y de los compromisos contractuales establecidos en el contrato de UTE.

A pesar de que la empresa minera paga en Catamarca las regalías mineras, que del 20% de los beneficios netos del proyecto que le corresponden a YMAD, el 60% es de propiedad provincial (12%), de pagar en la provincia canon de agua e impuestos, de que el poder de policía minera y el control del impacto ambiental del proyecto le corresponden a Catamarca que además deberá estar atenta y monitorear la actitud de los municipios que se encuentran cerca de la mina ante la posibilidad de que se vean tentados a cobrar nuevos impuestos que alteren la estabilidad fiscal del proyecto; la empresa no supo priorizar las relaciones con la provincia de Catamarca y si lo hizo con Tucumán.

Esto se visualiza claramente a través de los aspectos ya analizados como son la escasa ocupación de mano de obra local y compra de insumos y servicios a empresas catamarqueñas y en el escaso compromiso por parte de la empresa respecto al mejoramiento de la infraestructura básica en las comunidades aledañas al proyecto, de apoyo a proyectos comunitarios y productivos alternativos a la actividad minera, y a la falta de iniciativa para la construcción de viviendas para los trabajadores de la mina.

Podemos deducir entonces que *“Cuando el gobierno y las comunidades no perciben los impactos positivos de la actividad minera, pueden tomar actitudes que alteren la seguridad jurídica.”*

Razonamiento que lo podríamos aplicar para el caso analizado, ya que las comunidades y el gobierno dicen no percibir los impactos económicos del proyecto y esto puede haber sido la causa por la cual el gobierno de Catamarca tomó una actitud conflictiva respecto al cobro de las regalías mineras, demorando 8 años en solucionar el problema.

Podemos deducir entonces que: “*El mantenimiento de la seguridad jurídica involucra también a las empresas mineras, ya que tendrían que preocuparse para que los impactos económicos y sociales positivos sean percibidos por las comunidades locales*”.

## **CONSIDERACIONES**

Si se realiza un análisis de los impactos económicos y sociales del proyecto Bajo la Alumbraera a *escala provincial*, se observa que los mismos no son significativos y que de esa manera es percibido por las comunidades de Belén, Andalgalá y Santa María y por la provincia en general.

Esto se percibe con claridad cuando se analiza la ocupación de mano de obra local, la compra a proveedores y el mejoramiento de la infraestructura en la zona de influencia del proyecto.

Dicha percepción se vería atenuada, si las comunidades aledañas al proyecto recibieran las regalías mineras que la empresa paga trimestralmente, hecho que hasta el momento las autoridades provinciales no concretaron.

La causa principal que hizo que los impactos económicos del proyecto no fueran mayores y que no sean percibidos en la provincia, tiene que ver con las deficientes relaciones entre la empresa y el gobierno, lo que derivó en la falta de diálogo y acuerdos fructíferos para ambas partes.

La empresa tuvo errores comunicacionales en la etapa de exploración avanzada del proyecto y no tuvo una eficaz inserción en las comunidades, lo que derivó en un escaso compromiso con el desarrollo económico y social de las mismas.

Por otra parte, el gobierno provincial introduce el conflicto de las regalías mineras, alterando la seguridad jurídica de las empresas.

Estos hechos objetivos, pero difícil de determinar cual de ellos actuó como detonante y dio origen al deterioro de las relaciones entre empresa, gobierno y comunidad, se fueron retroalimentando y afectaron aún más las relaciones entre las partes.

A casi cinco años de la puesta en marcha de este gran proyecto minero, se hace imperioso recomponer la relación empresa, gobierno y comunidad teniendo en cuenta la siguiente premisa.

*“Las empresas mineras internacionales deben comprometerse con el desarrollo económico y social de las comunidades y regiones donde se radican, y los gobiernos que receptan dichas inversiones deben brindar seguridad jurídica”.*

Si ello ocurriera, se podrían corregir errores y con el tiempo las comunidades locales y la provincia en general, percibirían con mayor nitidez los impactos positivos de la minería.

Y lo que es más importante aún, es que se debe capitalizar esta gran experiencia para encarar con mayor firmeza y claridad el desarrollo de los próximos proyectos mineros.

## **INDICADORES ECONÓMICOS DE SUSTENTABILIDAD PARA EL PROYECTO BAJO LA ALUMBRERA**

Realicemos a continuación, algunas consideraciones respecto a la metodología para la medición de los impactos económicos directos e indirectos del proyecto minero y veamos cuales son las variables que nos permiten analizar la sustentabilidad del mismo desde el punto de vista económico.

Se sugiere utilizar la metodología de insumo–producto para estimar el impacto que tendría el proyecto minero en la zona primaria (Andalgalá, Belén y Santa María), aclarando que para los niveles locales y departamentales existen dificultades para contar con

datos suficientes para la determinación de los requerimientos que conforman la matriz.

Por otra parte, la relación económica entre una compañía minera de gran envergadura, como es el caso del proyecto Bajo la Alumbreira y las comunidades que la rodean es muy compleja, con lo cual es necesario definir con certeza las variables que mejor expresan esa relación.

El tamaño de la mina, el de las localidades afectadas (en el sentido poblacional, de urbanización, diversificación, distancia a los centros industriales, etc.), el origen del capital y la distinción precisa de las distintas etapas del proyecto, configuran el elemento base a tener en cuenta.

Como el objetivo es encontrar indicadores de actualización periódica que puedan brindar información sobre el impacto económico del proyecto minero, es necesario la identificación de variables relevantes para las cuales exista información con anterioridad a la puesta en marcha del proyecto, durante la ejecución del mismo y hasta la fecha de elaboración del trabajo de medición de los impactos.

Se recomienda además, trabajar en la determinación de procedimientos de cálculo de otras variables relevantes para las cuales no haya información directa para el período establecido, como por ejemplo a través de encuestas, entrevistas y trabajo con grupos representativos de la comunidad.

La idea es visualizar el impacto de la forma más precisa posible, en un contexto de poca y a veces dudosa información disponible.

Las variables consideradas relevantes para el caso de estudio, con las salvedades apuntadas son las siguientes:

**Población – Migraciones:** Las variables que intentan medir las modificaciones producidas en la población y los saldos migratorios

de las comunidades y departamentos que están afectados por el proyecto minero, constituyen fuertes indicadores para la medición de los efectos económicos y sociales y deben tenerse en cuenta a la hora de la elaboración de la matriz de datos que se utilizará como herramienta de seguimiento del impacto producido por el proyecto.

**PEA (población económicamente activa), nivel de actividad, ocupación, desocupación y subocupación:** A estos indicadores también se los considera relevantes para la elaboración de la matriz que nos permitirá medir los impactos, aunque a veces esta información no está disponible al nivel de comunidades y departamentos.

**Sector industrial, comercial, de servicios:** Constituyen indicadores importantes y las mediciones para dichos sectores se realizará analizando las respectivas altas y bajas.

**Sector público municipal:** ídem anterior.

**P.B.G (producto bruto geográfico):** Se recomienda realizar consideraciones respecto del Producto Neto Provincial (una suerte de homónimo del Producto Neto Nacional) para determinar los reales beneficios en términos del ingreso personal que recibe Catamarca, después de la transferencia de ganancias y la aplicación de las depreciaciones. Con esta salvedad el PBG es un buen indicador para ser incluido en la base de datos.

**Recaudación impositiva municipal y provincial:** Con ciertos recaudos es un indicador a tener en cuenta en la elaboración de la matriz de medición de los impactos.

**Variables de impacto directo.**

Empleos generados por la empresa minera y las contratistas, salarios pagados por la empresa minera y las contratistas y compra de insumos y servicios por parte de la empresa minera y las contratistas a los proveedores locales: Constituyen variables

importantes que deben tenerse en cuenta para la medición de los impactos del proyecto.

**Variables de impacto indirecto.**

**Multiplicador del empleo:** Si bien los grandes proyectos mineros son de capital intensivo con una altísima productividad, son importantes creadores de mano de obra indirecta en la medida que los potenciales proveedores de insumos y prestadores de servicio mejoren su adaptación a las demandas originadas. El multiplicador del empleo depende además del grado de desarrollo que tiene la región.

Según estimaciones realizadas por la Subsecretaría de Minería de la Nación, el multiplicador del empleo del proyecto Alumbreira para la zona de impacto primario es igual a 3, es decir que por cada empleo directo se crean 2 en forma indirecta.

**Externalidades:** Están relacionadas con las grandes obras de infraestructura que realizan los megaproyectos y que suelen ejecutarse en zonas inhóspitas y de poco desarrollo.

El aprovechamiento de estas obras de infraestructura por parte de las comunidades aledañas al proyecto minero, permiten generar externalidades que potencian las actividades ya existentes y crear otras nuevas. Las principales externalidades generadas por el proyecto Bajo la Alumbreira en la zona primaria de impacto están dadas por la modificación de la Quebrada de Belén sobre la ruta 40 y la línea eléctrica de alta tensión de 220 Kw.

Con la información disponible y para las características del proyecto Alumbreira, se podría construir entonces la siguiente **matriz de Costo-Beneficio**.

Tipo de empresa	Tipo de comunidad			
	Pequeña/Remota/ No diversificada		Grande / diversificada	
	Beneficios	Costos	Beneficios	Costos
Nueva				
Pequeña				
Grande				
Antigua				
Pequeña				
grande				
<b>Resultado</b>				

Para cada comunidad se podría construir la siguiente matriz.

Variable	Exploración	Construcción	Explotación	Cierre
Movimientos Migratorios				
PEA				
Ocupación				
Empleos en la Minera				
Empleos en las Contratistas				
Salarios pagados por la Minera				
Salarios pagados por las Contratistas				
Recaudación Impositiva Municipal				
Recaudación Impositiva Provincial				
Altas y bajas comerciales, Industriales, etc				
Consumo de energía por sectores				
Producto Bruto Geográfico				
Externalidades				

## **BIBLIOGRAFIA**

El análisis y las conclusiones del presente trabajo se basan en la experiencia acumulada entre los años 1992-1996 como presidente de la empresa YMAD en cuyo período se concretó el proyecto Alumbreira y en los trabajos de campo realizados en el año 2001.

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN LA MINERIA.  
SU MATERIALIZACION EN CUBA**

*Lic. Mercedes M. Valdés Mesa*

Dirección de Asesoría y Registro  
Oficina Nacional de Recursos Minerales  
Dirección: Aven. S. Allende No.666 e/c Oquendo y Soledad, Centro  
Habana, Ciudad Habana, Cuba Código Postal: 10300  
[mercedes@onrm.minbas.cu](mailto:mercedes@onrm.minbas.cu)

---



*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

## **INTRODUCCION**

La importancia de los minerales para el desarrollo e industrialización de cualquier país, aún con la depresión de los precios de mercado de los metales y las características geológicas e incluso geográficas y económicas en Cuba justifican la defensa del patrimonio geológico y minero del país.

El movimiento legislativo ocurrido en Cuba en la década anterior, fundamentalmente en materia medioambiental, minera y fiscal, visto como sistema y bajo la pauta de garantizar la protección, desarrollo y aprovechamiento racional de los recursos naturales, permite en nuestra consideración y polemizando con otros criterios una minería sustentable.

La explotación incluso de recursos minerales no renovables puede ser sustentable si en primera instancia el país es capaz de adoptar una política que garantice el uso y el aprovechamiento racional de los recursos y su férreo control, si reporta beneficios económicos no solo para el ente explotador sino para el país, para la sociedad en su conjunto, si no compromete la protección del medio ambiente, siendo compatible con los intereses ambientales e incluso con otras actividades priorizadas e igualmente necesarias e imprescindible para la economía nacional y si garantiza el desarrollo social y cultural de la comunidad.

En el presente trabajo se aborda, ilustrando con un ejemplo práctico de la pequeña minería, los indicadores de sustentabilidad tenidos en cuenta para autorizar su explotación, pretendiendo llegar a la consideración de que la relatividad de estos indicadores presupone su utilización en dependencia del tipo de minería a realizar, de las características económicas, medioambientales y sociales del territorio donde se va a desarrollar, de si se trata de un país desarrollado o en vías de desarrollo e incluso del sistema político social implantado.

Es una responsabilidad de todos adoptar las medidas, proponer y aprobar las normativas e implementar los procedimientos que permitan el desarrollo y avance de la minería de manera que contribuya al desarrollo actual de la sociedad y preserve el bienestar de las generaciones futuras.

## **1. POLITICA MINERA NACIONAL**

Los Estados para garantizar una minería sustentable tienen la responsabilidad de adoptar políticas mineras que garanticen la explotación, el aprovechamiento y el uso racional de los recursos minerales en función de los intereses de la Nación, de manera que posibilite:

- Se adopten procedimientos ágiles para el otorgamiento de los derechos mineros, pero que permitan la compatibilización, rectoreada por el Estado, de todos los intereses existentes en el área y con independencia de que se declare la utilidad pública de la minería y su derecho preferencial pueda coexistir, en tanto y hasta que no la afecte, con otras actividades.
- El otorgamiento de las concesiones mineras sea acotado en tiempo y condicionado al cumplimiento de obligaciones encaminadas a una minería planificada atendiendo a las reservas de minerales existentes en el país y a las necesidades y proyecciones presentes y futuras, a la utilización de tecnologías y métodos e introducción de innovaciones que garanticen no solo el aprovechamiento de los minerales principales y acompañantes, si no a la evaluación de los mismos, al cumplimiento del principio de trabajo ininterrumpido que impida la existencia de áreas improductivas por intereses sectoriales y en detrimento de lo más conveniente para la sociedad.
- La adopción de sistemas fiscales que si bien puedan ser atractivos para la inversión por los beneficios de todo tipo que

pueden traer para la comunidad preserven los intereses nacionales y territoriales y se reviertan en beneficios de toda la sociedad.

- La aprobación de normativas administrativas en materia de exportación – importación, arancelaria, etc, que protejan el país.
- Se institucionalicen órganos fiscalizadores que garanticen el cumplimiento de las normativas y ejerzan un férreo control en representación del Estado como propietario de los recursos minerales.

## **2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD**

Partiendo de que la sustentabilidad diseñada por y para el hombre se traduce en el aprovechamiento racional de los recursos naturales para lograr un bienestar superior y mayor calidad de vida sin comprometer el desempeño de las generaciones futuras, es menester dejar sentado la relatividad de los indicadores de sustentabilidad.

No es posible aplicar los mismos indicadores económicos de sustentabilidad en un país en desarrollo en el que la mayor cantidad de los recursos minerales que explota, fundamentalmente los metálicos, no los consume, los exporta y siendo en algunos de estos países uno de los principales rubros de ingreso, que en un país desarrollado alto consumidor de materias primas, que en su mayoría importa, para satisfacer su industria de alta tecnología y con una marcada tendencia al reciclaje.

No pueden aplicarse los mismos indicadores ambientales en países en vía de desarrollo donde se encuentran la mayor cantidad de yacimientos y la industria extractiva con mayor impacto ambiental que en los países desarrollados con menor actividad extractiva y aplicación de tecnologías más limpias.

No es posible aplicar los mismos indicadores sociales donde la mayoría de la población está sumida en la pobreza o por debajo de ésta, donde los porcentos de analfabetismo son altísimos, donde las alternativas laborales son limitadas, donde se elevan los índices de mortalidad y un gran sector de la población no tiene acceso a la infraestructura de agua potable, alcantarillado, etc., que en países con un alto nivel de vida.

La aplicación igualitaria de los indicadores de sustentabilidad discrimina a los países en vías de desarrollo y los condena a la reducción de su actividad minera.

## **2.1 Indicadores Económicos**

Uno de los indicadores económicos fundamentales aplicables a todo tipo de minería es la cuantía y el uso de las reservas del recurso mineral que se va a explotar a partir de su condición de no renovable. En la medida en que el aprovechamiento sea integral, minimizando los rechazos, ampliándose la gama de usos y garantizándose para un período racional acorde con las proyecciones de desarrollo y represente un beneficio económico que se revierta en avances tecnológicos que permita incluso que se disminuyan los consumos futuros, será un indicador positivo de sustentabilidad.

Para que el desarrollo sea sustentable los beneficios deben superar los costos bajo el enunciado de hacer mínimo el costo, pero logrando cierto nivel de rendimiento y conseguir el máximo de eficacia dentro de una limitación de presupuesto, obteniendo el máximo bienestar no solo del ente explotador, si no de la colectividad con una relativa escasez de los fondos presupuestados. Los términos económicos: inversiones, costos de operación, etc. tienen que ser transformados en empleo, seguridad de suministro, infraestructura de uso público, etc., traducidos en efectos de bienestar social.

Entre los indicadores económicos que se emplean en la minería están los costos de producción, la rentabilidad, los impuestos

a favor del Estado que se revierten en beneficio para toda la sociedad, la distribución de trabajos y salarios, el porcentaje de salarios, la proporción de la nómina de pago que se dedica a la capacitación y el entrenamiento, los consumos de energía, agua y otros recursos, etc.

En Cuba hay algunos de estos indicadores económicos que en un momento dado y bajo circunstancias específicas se subordinan a indicadores sociales, como puede ser la rentabilidad que aunque sea mínima por estar casi en el punto de equilibrio o en su influencia mínima en los parámetros macro - económicos representa un beneficio social para la comunidad.

## **2.2 Indicadores Ambientales**

Aunque la actividad extractiva minera impacta fuertemente el medio ambiente, al ser limitada en el tiempo permite la rehabilitación parcial del área afectada, sin embargo el cambio del uso del suelo es un indicador ambiental de trascendencia al menos en Cuba, por su tamaño, forma y condiciones geográficas, debido a que la rehabilitación en muchos casos no permite la recuperación total de la fisonomía del entorno ni la conservación de otros recursos naturales; de ahí la importancia de que la extensión de las áreas para la actividad extractiva se limite estrictamente y desde una posición racional a los niveles necesarios de producción y vida útil del proyecto, lo que permite la ampliación de otras actividades económicas importantes como la Agricultura.

Otro indicador ambiental de suma importancia para nuestro país es el nivel de erosión, en nuestro caso por ser una isla, de ahí la especial atención que hay que prestar a la rehabilitación en tiempo, al menos temporal, de las áreas explotadas.

La disposición del drenaje de las aguas durante la extracción influye significativamente en la contaminación y la conservación de la calidad del agua, por lo que es un parámetro a tener en cuenta en la

actividad extractiva y también por las características en Cuba de importancia fundamental.

Otros indicadores como emisión de contaminantes depende del tipo de minería que se realiza ya que no es similar el impacto que representa la emisión de dióxido de azufre en el procesamiento, digamos del níquel a la emisión del polvo en la explotación de áridos.

Los indicadores de salud relacionados con enfermedades a causa de actividades mineras, los niveles de ruido, vibraciones, las altas temperaturas y el cumplimiento de las medidas de protección e higiene del trabajo y seguridad minera son parámetros que deben ser exhaustivamente revisados para su aplicación.

Otros de los indicadores medioambientales que se utilizan en Cuba y que son medibles son los volúmenes de estéril extraídos y los gastos en su disposición y posible aprovechamiento, afectación a las especies y los gastos para su protección y tipo de rehabilitación según el planeamiento del país y su costo.

Es imprescindible que las leyes ambientales protejan el medio ambiente bajo el principio de que el elemento máspreciado a proteger es el ser humano y que el fin principal es garantizar la supervivencia y el creciente bienestar y seguridad de las generaciones actuales y futuras, por lo que es vital el establecimiento de un ordenamiento territorial y una planificación adecuada sobre bases reales y objetivas a fin de que las actividades mineras se correspondan con las condiciones económicas y ecológicas del área y que incluso en las áreas protegidas se brinden oportunidades de realizar otras actividades de forma controlada, acorde con su categoría de manejo y objetivos específicos.

Por su parte las regulaciones mineras tienen que partir del principio de la obligatoriedad de la preservación del medio ambiente, la aplicación de medidas para mitigar el impacto ambiental y la

obligación inexcusable de reparar los daños causados e indemnizar por los perjuicios ocasionados.

### **2.3 Indicadores Sociales**

La actividad extractiva minera no debe ser vista solamente como productora de bienes materiales, sino como fuente de empleo, como formadora y continuadora de tradiciones, como parte de la cultura y la idiosincracia de una localidad y desde ese punto de vista y partiendo del ordenamiento territorial debe garantizar el auge económico de un territorio, la formación de personal calificado capaz de desarrollar la industria con el menor personal foráneo posible y contribuir a la formación de valores y mantenimiento de tradiciones culturales que se hereden de generaciones a generaciones e incluso prever el reperfilamiento profesional a otras actividades cuando no sea posible continuar la actividad minera.

Los indicadores sociales no deben ser discriminados en ningún caso y deben ser medibles en cuanto representen a partir de la actividad minera beneficios en los niveles de ingresos de la población, aumento de la recreación y el esparcimiento y el acceso a las mismas, elevación de la educación, capacitación, disminución de la mortalidad, etc., con la inversión en la comunidad en infraestructura y servicios para disfrute de sus pobladores.

En países como Cuba la actividad participativa de los miembros de la comunidad, la ausencia de conflictos sociales por los niveles de seguridad y la priorización de los indicadores sociales son de suma importancia, de tal forma que aún en inversiones con mínimas ganancias si representa beneficios para la comunidad son considerables viables.

### **3. MATERIALIZACION DE LOS PRINCIPIOS DE SUSTENTABILIDAD DE LA MINERIA EN CUBA.**

Hemos tomado un ejemplo de pequeña minería a fin de ilustrar los indicadores de sustentabilidad que se tuvieron en cuenta para autorizar la explotación.

Uno de los territorios con mayor desarrollo minero por los recursos que contaba se ubicó en la provincia más occidental, Pinar del Río, lo que conllevó al desarrollo de toda una infraestructura dedicada a esos fines, incluyendo una facultad de minería y geología, con predominio de formación de profesionales de la zona. Esta provincia tiene una extensión de 10 925 km cuadrados y una población de 737 342 habitantes, territorio también con significativa importancia nacional para los intereses medioambientales por sus valores únicos en sus paisajes y su vegetación, por lo que han sido declaradas 30 áreas protegidas de distintos manejos con una extensión total de aproximadamente 2094 kilómetros cuadrados, y que ha prestado una atención especial a la reforestación que en los últimos dos años experimentó un crecimiento de un 11,6% y en lo que se invirtió en el último año un aproximado de 2,8 millones de pesos.

La tradición minera ya existente, en esta provincia, por la apertura a inicios del siglo XX de la mina de cobre de Matahambre se reforzó con la apertura de una mina de oro, seguida por otra de cobre y oro, explotaciones de arena de óptima calidad y la expectativa de explotar otros polimetálicos, deprimiéndose la actividad en la última década del siglo pasado por el agotamiento de los recursos minerales de Matahambre, la baja experimentada de los precios de los metálicos en el mercado internacional, la reducción de la demanda de materias primas para la industria, entre otras, lo que significó un decrecimiento de los trabajadores dedicados al sector minero entre el 96 y el 2000 de un -3,8% no obstante a la adopción de medidas sociales que garantizaran la continuación de la tradición minera y la creación de

nuevas fuentes de empleo en actividades agrícolas y de servicios, por lo que era menester buscar alternativas para la minería.

Anteriormente, en la década del 80 y ante la existencia de reservas de arena cuarzosa de altísima calidad el Estado decidió declarar como áreas mineras reservadas varias áreas perspectivas ubicadas en Pinar del Río: entre ellas Bailén, Santa Teresa y San Ubaldo. De ellas a mediados del 80 solo se inició la explotación en un área muy limitada y con usos muy restringidos, solo para la industria del vidrio.

Las ya referidas áreas se ubican en el municipio pinareño de Guanés, el que cuenta con una población de 37 281 habitantes, de ellos solo el 35,4% en edad laboral, las actividades económicas fundamentales a que se dedica son la Agricultura, principalmente dedicado a los recursos forestales, la Minería y la Pesca, y si bien en el territorio se apreció el crecimiento de varios indicadores económicos y sociales, como fueron que las inversiones generales aumentaron en un 18,2%, la población experimentó un crecimiento en un 3,1%, los gastos en educación también aumentaron en un 15%, los dedicados a la salud pública en un 8%, con un aproximado de un médico por 190 habitantes y el 58,4% dedicados a la medicina comunitaria, y la asistencia social con un aumento de un 12%, la minería decreció sin embargo en un 9% en el período comprendido entre el 1995 y el 1999, lo que implicó una reducción de un aproximado del 5% del personal dedicado a la minería que de por sí era bajo al representar un 1,1% de la población laboral.

A partir de estas valoraciones y de perspectivas de nuevos mercados se decidió entre otras acciones concluir el estudio y ampliar en extensión las explotaciones de estas áreas y el abanico de usos, no solo a la producción de vidrio, que era el consumo nacional tradicional, si no también a la producción de cemento, a la construcción, a la cerámica y a la exportación. Es menester señalar

que la producción de arena sílice había experimentado una reducción del Año 96 al 2000 en un 57,4%

Existían varios escollos, entre ellos, los intereses ambientales que se podían oponer ya que existe un endemismo total de 229 unidades y un endemismo estricto de 50 unidades en el área, su cercanía al río Cuyaguaje, ubicado en su punto más cercano a 2 kilómetros, cuenca hidrogáfica de interés nacional y con una carga de contaminante sostenida de 2,56 toneladas DBO/día; así como los nuevos usos a que se pretendía destinar, no previstos inicialmente, debe significarse que constituyen los únicos yacimientos en el país con más del 99,5% de sílice y un contenido de hierro que fluctúa entre 0,010 y 0,17%, lo que determinó, en aquella fecha, que se protegieran solo para la producción de vidrio, la óptica y la industria química.

Realizado el estudio de factibilidad económica en todas estas áreas el proyecto era viable:

- Su morfología llana de sedimentos cuaternario de origen aluvial marino, donde el corte geológico está representado por arenas blancas, pardas y amarillas con una potencia de hasta 4 metros desde su superficie, la posibilidad de utilizar una planta ya existente con una capacidad de producción de 180 000 toneladas al año, de la cual se estaba explotando solo el 10% de su capacidad, los gastos por el cambio de uso del suelo se minimizaban pues al estar la mayor parte dentro de áreas mineras protegidas, dadas en administración al Ministerio de la Industria Básica y a la prohibición de realizar actividades agrícolas, la existencia muy próxima a la planta de instalaciones ferroviarias y viales, fijaban los costos de producción en un promedio de 2,15 por toneladas métricas en la destinada a la construcción hasta 14 para los otros usos más especiales, al inicio de la inversión, y utilidades anuales también al inicio de la inversión de aproximadamente 455,19 MUSD. Además del incremento de la

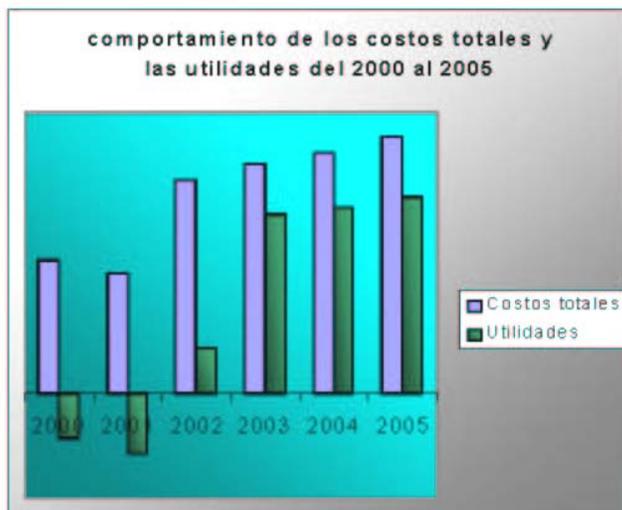
actividad económica en otros sectores, fundamentalmente el del transporte.

- abastecimiento de materia prima para dos plantas de cemento, destinada su producción final una parte a la exportación con cuya ganancia se financiaba otra parte para la construcción de obras sociales, abastecimiento de arena para la construcción y la cerámica para las obras constructivas de la capital y las demás provincias occidentales. La demanda existente para los usos tradicionales era de 43 000 toneladas anuales, con una perspectiva de demanda para usarlo en la cerámica y la construcción de hasta 157 435 toneladas al año
- Incremento de 66 trabajadores que representa un crecimiento del índice laboral de 0,5% de la población en edad laboral destinada a la minería, y el empleo del 4% de las utilidades en capacitación del personal.
- Aunque por mandato legal se forma un fondo para rehabilitación ambiental de un 5% del total de la inversión, las áreas que no presentan especies endémicas se rehabilitan naturalmente y en parte del área esta rehabilitación se obtiene con la profundización de la cota de explotación para lagunas de alevinaje para destinarlas a la alimentación de cocodrilos existentes en la zona y la garantía de conservación del endemismo del área que hasta el momento era de un 95% gracias a su doble protección .

Presentadas las correspondientes solicitudes a la Autoridad Minera se inició un proceso de compatibilización con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, a la par que con los otros órganos dispuestos, llegándose a acuerdos en los que se excluyeron áreas que ambientalmente no era posible explotar y limitándose estrictamente a las reservas que se correspondían con los volúmenes de producción que se prevenen, además de otras medidas de protección relacionadas con el equipamiento a utilizar, los caminos a emplear, la

obligación del reciclado del agua, etc. De igual modo se definió desde un inicio como y de que modo rehabilitar.

Por su parte la Autoridad Minera y desde su función de velar por el aprovechamiento racional de los recursos minerales realizó un análisis del volumen de las reservas existentes, ascendentes en su totalidad a 17 168 800 toneladas, de sus niveles de calidad por la existencia no solo de arena blanca, por corresponder las pardas y las amarillas al 50% del total de la reserva de los niveles actuales de producción de la industria que demanda de esta materia prima y las proyecciones futuras, tuvo en cuenta la disminución cada vez mayor de la demanda de la industria del vidrio a partir de entre otras causas el reciclado de la producción; el aprovechamiento integral de todo el recursos con un mínimo de estéril; la emisión como contaminante a la atmósfera prácticamente solo de polvo en cantidades inferiores a las establecidas; así como la no afectación al nivel freático, y decidió los bloques que podían destinarse para la construcción y la cerámica y los que tenían que ser reservados estrictamente para la metalurgia, el vidrio, etc., condicionado a que una parte de la ganancia fijada entre un 8 y un 10% se invirtiera en la modernización de la planta que permitiera un mejor tamizaje para la obtención de una mayor diversidad de granulometrias destinadas a diferentes usos, y la introducción de hidrociclones para la obtención de mayor pureza del mineral para usos más exigentes, todo lo que garantizaba un uso más racional del recurso.



#### **4. CONCLUSIONES**

- Es posible una minería sustentable si se cumplen los indicadores de que sea económicamente factible por su rentabilidad, si reporta beneficios económicos para toda la sociedad, si no compromete la protección del medio ambiente y es compatible con otras actividades priorizadas para la economía nacional y si garantiza el desarrollo social y cultural de la comunidad.
- Los indicadores de sustentabilidad son relativos y su aplicación depende del tipo de minería a realizar y de las características del territorio en que se desarrolla.
- Es imprescindible el papel del Estado en tanto apruebe políticas mineras que tracen estrategias para el cumplimiento preceptivo de estos indicadores y cree órganos y mecanismos de control para su materialización y fiscalización.
- Se impone la adopción de estrategias globales para la aplicación de los indicadores de sustentabilidad en los países en desarrollo.

## **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](mailto: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 tratan 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 institucionalizados 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 (escombros 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 (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>,...)
- 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,

## **MINERÍA SUSTENTABLE? EL ORO EN EL NORTE PERUANO**

*Ivan Merino Aguirre*  
Peru

---

### **RESUMEN**

La minería de oro en el Perú ha tenido un desarrollo relevante en los últimos 10 años; convirtiendo a este país en uno de los principales productores del mundo; sin embargo, este boom minero no se ha trasladado a otros sectores de la economía nacional y en cambio ha generado importantes restricciones para un adecuado desarrollo integral de la población residente en las áreas de explotación. Este documento trata de explicar los criterios de operación de las empresas mineras en un país como el Perú, y muestra un caso típico: Minera Yanacocha. Al final, propone algunas líneas de trabajo para lograr que la minería sea sustentable o tienda a ello, aprovechando los cambios en la gestión gubernamental y el restablecimiento de la democracia en el país.

### **INTRODUCCIÓN**

El Perú posee una amplia experiencia minera que se inicia hace 40 siglos; cuando se tallaban sílex en la zona de Ayacucho, parte de la sierra central del Perú. La cultura Chavin comienza a procesar el oro nativo y la aleación Electrum entre los 1200 a 1000 a.c. En la cultura Chimú, ubicada en la costa norte, (1200 - 1400 d.c.), los antiguos peruanos practicaron la fundición de oro, plata y aleaciones diversas de cobre, en crisoles; y desarrollaron una industria ligada a esta actividad donde eran comunes los laminados, repujados, soldaduras, etc.

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

En la actualidad, el Perú se ha convertido en el séptimo productor de oro del mundo (3.4 millones de onzas aproximadamente), el segundo de plata (68 millones de onzas), el tercero en Estaño y Zinc (22 mil toneladas y 900 mil toneladas respectivamente), el cuarto de plomo (200 mil toneladas), y el séptimo en cobre (500 mil toneladas). Y las inversiones programadas al 2005, pueden convertir al Perú en el primer productor de Plata y Estaño, el segundo en Zinc, el cuarto en cobre y quinto en Oro; convirtiéndose así en el principal productor minero de las Américas. Todo ello considerando: La atractiva legislación, el hecho que todo el territorio tiene levantamientos geológicos y cartas geográficas detalladas; la existencia de un Registro minero completamente automatizado, y la garantía total para la inversión en el sector.

En cuanto a la biodiversidad, El Perú está considerado como uno de los 10 países con mayor biodiversidad: La superficie de Bosques en el Perú es la cuarta en el ámbito mundial, y en Latinoamérica sólo es superada por el Brasil. A pesar de no disponer de registros adecuados, en flora posee 25,000 especies (10% del total mundial, de ellas un 30% son endémicas); es el primer país en número de plantas con propiedades conocidas y utilizados por la población: 4,400 especies; y también el primero en especies domesticadas nativas (128). En Fauna es el primero en peces (2,000 especies, 10% del total mundial); segundo en aves (1730 especies); tercero en anfibios (330 especies) y tercero también en mamíferos (462 especies). En cuanto a diversidad genética, el país es uno de los centros mundiales de origen de agricultura. Es el primero en variedades de maíz, papa (150 especies silvestres de papa), granos andinos, tubérculos y otros (15 especies silvestres de tomate por ejemplo). 5 formas de animales domésticos. De los cuatro cultivos de importancia mundial, el Perú posee la más alta diversidad genética en dos de ellos: Patata y maíz. El país es, además, conocido como uno de los "centros de Vavilov", por el alto número de especies domesticadas

originarias. De igual manera, la población en el Perú muestra múltiples tradiciones, organizaciones y expresiones culturales: Como ejemplo se puede señalar que sólo en el aspecto lingüístico, si bien el español es la lengua oficial, comparten dicho espacio el Aymará y el Quechua en sierra, y más de 120 variedades lingüísticas en la amazonía.

Toda esta diversidad peruana se encuentra en la actualidad amenazada, y ante el dilema: Medio ambiente y ampliación de capacidades humanas o Minería<sup>1</sup>; es necesario estudiar la factibilidad de una Minería sustentable. Para ello es necesario analizar los criterios que definen la inversión y conducta de las operaciones de las empresas mineras, el rol del estado y de la sociedad civil organizada.

---

<sup>1</sup> Agricultores de Tambogrande y San Lorenzo, valle de la costa del departamento de Piura, en el extremo norte del país, eminentemente agrícola con 4 millones de árboles frutales, 8 mil hectáreas de arroz y 5 mil de limón, así como de otros 50 cultivos, cuya producción se exporta a Ecuador, Colombia, Estados Unidos y Europa; están protestando, de manera intransigente, por la instalación de una empresa minera aurífera de matriz canadiense: Manhattan. Lo que ha provocado el incendio de las instalaciones de dicha empresa en la zona y el asesinato del líder de los campesinos, hasta la fecha no resuelto. A fines de mayo del 2002, se realizó una consulta popular, (financiada por OXFAM y con observadores de diversas ONGs) donde el 98% de los pobladores se pronunció en contra de la explotación minera. Consulta fue solicitada hace dos años al Jurado Nacional de Elecciones (JNE) y a la Oficina Nacional de Procesos Electorales (ONPE), este último organismo se retiró unos días antes de ejecutarse la consulta por presiones del Gobierno Central, a pesar que el actual Presidente, en su campaña, se pronunció agresivamente en contra de la instalación de la minera.

En el II Congreso Internacional de Comunidades y Poblaciones del Perú Afectadas por la minería, organizado por CONACAMI PERU realizado en Pasco, sierra central, en noviembre del 2001, demandaron que se declare en estado de emergencia ambiental las comunidades en las que la actividad minera pone en grave riesgo la salud humana, contamina sus tierras de pastoreo, a animales, cultivos, lagos, ríos y lagunas, así como contra el despojo de tierras, lo que deja en el más completo empobrecimiento a las comunidades vecinas de los asentamientos mineros.

## **LA INVERSIÓN EXTRANJERA EN MINERÍA**

Las empresas mineras deciden operar en un escenario determinado sobre la base de criterios ya bien definidos:

El recurso minero.- Dado que sólo hay interés si existe o hay evidencias de la existencia del recurso.

La disponibilidad de información tanto para la exploración como para la explotación.- El acceso a la información de calidad es necesario para la toma de decisiones, y mejor aun si esta información ya fue financiada por otros (Estado).

La disponibilidad de recursos humanos capacitados según la tecnología a utilizar.- El costo de operación con personal nativo capacitado, en por lo menos algunas áreas, reduce ampliamente los costos.

Estabilidad relativa de las normas jurídicas, contables y financieras.- Las normas estables para la actividad, posibilitan una planificación adecuada y la vigencia de los estimados en el "cash flow" del proyecto.

Los criterios anteriores se pueden dar en cualquier escenario. Entonces, ¿porqué se prefiere invertir en países como el Perú y no en el país donde la empresa o sus propietarios residen?. Dado el supuesto básico que el Perú, sus empresas y el estado, no tienen la suficiente capacidad para invertir autónomamente en ese sector. La posible respuesta debe considerar lo siguiente:

### **- La necesidad de control de insumos para la industria local**

Puede ser política de la empresa o del Estado (en el caso de ser una compañía pública), disponer del control permanente de los insumos para la industria donde están reflejados sus intereses. En el caso del Perú, este criterio se cumple con la empresa Shougang, cuyo propietario es el Estado de la República Popular China. Es la única

productora de hierro del Perú y también el único yacimiento relevante en la costa del pacífico americano.

**- La disponibilidad de Mano de obra calificada a precios baratos**

La legislación laboral peruana es sumamente permisiva a los requerimientos de las empresas, y ante una crisis económica permanente, posibilita que exista una amplia oferta de profesionales y técnicos capacitados y con experiencia a costos "módicos".

**- Diversas reducciones de costos**

Derivadas entre otras cosas del poder de negociación que una gran empresa obtiene al operar en mercados pequeños y la posibilidad de instalar lobbys en los órganos del poder central para modificar o crear leyes favorables. La participación en el mercado de bienes finales e insumos, como principal, único o relevante comprador, permite obtener ofertas y financiamiento que no serían posibles en mercados amplios y desarrollados como podría ser en su país de origen. La década del 90, representa un cambio relevante en el escenario peruano. En una coincidencia con el golpe de estado de 1992; El lobby minero peruano consigue a partir de esa fecha, que el ejecutivo priorice la actividad sobre el resto de los otros sectores. Se generan, entonces, normas especiales, donde lo ambiental queda subordinado a la necesidad de captar inversiones. Sin embargo, dada esta necesidad, es el sector de minería donde se establecen los mayores avances en cuanto a legislación ambiental: Límites permisibles, Estudios de Impacto Ambiental, y procesos de consulta pública ( bastante limitados). El mercado laboral también permite el uso de contratistas y subcontratistas para casi todas las operaciones. En tanto, la responsabilidad legal por accidentes y acciones se diluye en el camino.

**- Política ambiental permeable**

En el Perú no existe un ministerio del Medio Ambiente. Las instituciones vigentes respecto al medio ambiente, están repartidas

entre las diferentes unidades especializadas de cada sector; siendo comunes los problemas de superposición y no existe un criterio común aplicable a todos los sectores en caso de dudas y conflictos. El 22 de diciembre de 1994 (Ley No. 26410) es creado el Consejo Nacional del Medio ambiente (CONAM). Su Directorio conformado por tres representantes "aleatorios" del sector público, dos del sector empresarial, uno de los gobiernos regionales (los gobiernos regionales fueron desarticulados en 1998 y comienzan de nuevo el 1 de enero del 2003) y uno de los gobiernos locales (Dichos gobiernos carecen de facultades ambientales expresamente delegadas); el presidente del CONAM es designado por el Presidente de la República; pero no se le ha asignado nivel alguno en el sistema de administración pública. El CONAM coordina con y entre las unidades ambientales de cada sector, carece de capacidad efectiva de supervisión o sanción. Estar en "limbo" del aparato estatal, provocado por interés explícitos, impide la promoción de Política ambiental coherente y estable.

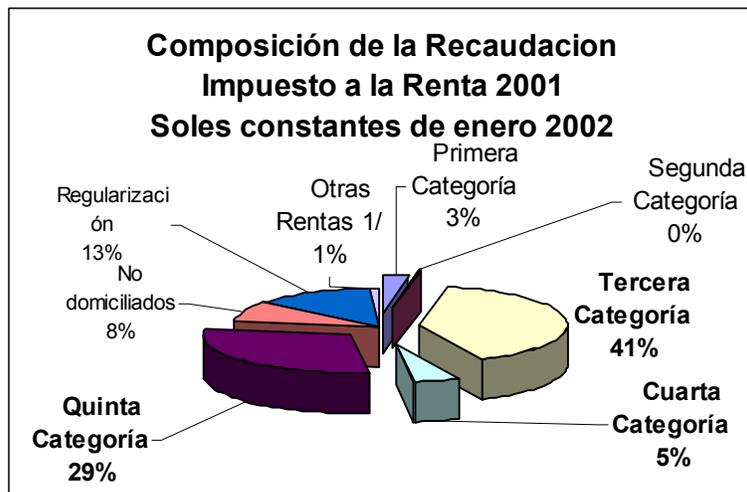
**- Legislación favorable**

El empresario extranjero que invierte en minería puede acceder a diversas ventajas en materia tributaria, de manejo contable y financiero; y de operación tales como:

- a. Repatriar el total de capital y las utilidades generadas, incluyendo derechos de royalties y pagos por el uso de transferencia tecnológica. En Chile se tiene que esperar un año para repatriar el capital.
- b. La libre remesa de capital, dividendos y recursos financieros
- c. Libre comercialización de productos tanto en el país como en el exterior.
- d. Estabilidad del régimen del tipo de cambio: Se utiliza la tasa más baja o la más alta según se quiera vender o comprar.

- e. Estabilidad Tributaria; la empresa solo paga los impuestos y las tasas vigentes al momento del contrato.
- f. Derecho de no-discriminación; cualquier beneficio para el nacional lo beneficia de inmediato.
- g. Contabilidad en dólares
- h. Depreciación del 20% anual, lo que genera rentas adicionales y una reducción de las utilidades formales y por ello, una reducción del pago efectivo por impuesto a la renta.

Es necesario indicar que la recaudación por impuestos a la Renta en el País para el año 2001 tuvo la siguiente distribución, que muestra el cuadro siguiente elaborado con datos provenientes de la Superintendencia Nacional Tributaria (SUNAT).



Fuente: SUNAT abril 2002

Donde la quinta categoría corresponde lo recaudado principalmente a empleados y asalariados; el de cuarta categoría principalmente a profesionales independientes y el de tercera

categoría principalmente a las empresas. Es decir, sólo existe una diferencia de 7 puntos porcentuales entre la contribución del conjunto de empresas que controlan el 90% de los activos del país, y el conjunto de empleados y profesionales independientes que sólo controlan el 4% de los activos aproximadamente.

En comparación, el empresario peruano, dedicado a otros sectores, sólo tiene, de manera relevante, la Ley General de Sociedades. Y esta sujeto a una presión tributaria y normas de manejo contable relativamente severas.

Además, en diferentes países se está aplicando análisis tributarios corporativos, que incluyen al conjunto de compañías de determinado grupo empresarial, impidiendo así esquivar el pago de impuestos; sin embargo, en el Perú la acotación se hace por cada Razón Social, lo cual facilita las cosas para las empresas, con el agregado de una posible mayor utilidad total generado por el "efecto tributario" (Tanto en el Perú, como el obtenido en el país de origen).

El Brasil, por ejemplo, también tiene incentivos especiales a la inversión extranjera, mas no los dirige a la exclusivamente a la minería<sup>2</sup>: Depreciación acelerada para equipos y maquinaria nueva para producción industrial. Reducción del impuesto de renta por subsidios de transporte y alimentos de trabajadores. Reducción del impuesto de renta por donaciones. Reducción en el IVA por gastos en investigación y desarrollo.

---

<sup>2</sup> Sectores prohibidos a la inversión extranjera en 6 países de América Latina

Brasil.- Operación directa del sector minero, Salud

Colombia.- Defensa y seguridad nacional, Desechos tóxicos

Costa Rica.- Servicios públicos; Seguros; Hidrocarburos y minería; Destilación alcohol; Salud pública; Defensa y seguridad nacional

Chile.- Tierras

Mejico.- Petróleo, Hidrocarburos Petroquímicos básicos. Telegrafía, Radio y TV local. Materiales radiactivos y Generación de energía nuclear. Venta de electricidad al público. Emisión de dinero. Correo. Control y supervisión de puertos.

Perú.- Radio y TV

**- Ventajas de financiamiento**

Por el acceso a financiamiento (en el Perú, en el país de origen, y en la banca internacional). Este acceso no sólo entendido por la cantidad de lo que es posible obtener sino por las tasas de interés efectivo a los que el crédito esta sujeto. Es curioso indicar que la gran parte del crédito disponible en el Perú es absorbido por empresas o "joint venture" de empresas de gran magnitud, que son pocas y muchas de ellas se dedican a la minería.

**- Altos riesgos en el país donde se reside**

Entendida por las fuertes normas establecidas que se ha de cumplir en aspectos tributarios, contables, ambientales, laborales; que hace que una inversión tenga limitados grados de libertad para modificaciones trascendentales, ya que serian sujeto de sanciones y una reducción en las utilidades o el cierre del proyecto.

**LAS OPERACIONES MINERAS EN EL PERÚ A PARTIR DE  
ABRIL DE 1992 - YANACOCCHA S.R.L, EL CASO TÍPICO**

**Antecedentes**

Las actividades extractivas, principalmente la minería, el petróleo y la pesca han provocado en el Perú graves problemas ambientales: El más grande valle andino del país, tiene al río de su nombre, el Mantaro, totalmente contaminado.

Los importantes puertos de Ilo y Chimbote, ligados a la pesca y Minería presentan los peores índices de salubridad. Valles en el norte como en el sur, se encuentran amenazados por desbordamientos de las canchas de desechos, en una región donde los terremotos son cotidianos.

Los esquemas de algunos empresarios del sector, quienes afirman: "La minería es la única actividad económica que se desarrolla por encima de los 3500 metros sobre el nivel del mar"

(Charles Preble, Presidente de la Southern Perú, sep. 99), desconoce los 18 millones de hectáreas de pastos naturales aptos para la ganadería de camélidos andinos, y las industrias relacionadas con ellos: Por ejemplo, Textiles de fibra de Alpaca; y puede provocar normas y acciones que finalmente logren que la minería tradicional sea la única que trabaje en dicha zona. Sus conductas, incentivadas por la falta de negociadores adecuados por parte del estado o los gobiernos locales o agentes de la sociedad civil, y de una adecuada información, provocan que los grupos empresariales ligados a la minería actúen con criterios de "hacer lo más fácil y barato posible". Lo que es generador de conflictos que a su vez provoquen onerosos gastos en la resolución de los mismos.

### **Yanacocha, el caso típico.**

La Newmont en alianza con el grupo peruano Buenaventura, y la BRGM de Francia, creó la empresa Yanacocha, la que se instaló (1993) en la zona de Cajamarca. El proyecto es mostrado como un récord mundial: Hay sólo un lapso de 9 meses desde la junta de decisión para invertir a la obtención de la primera barra de oro y plata (Doré). La Corporación Financiera Internacional es propietaria del 5%.

La ciudad de Cajamarca, capital de la provincia y del departamento del mismo nombre, se ubica en la sierra norte del país, con experiencia minera mínima. Ocupa parte de un valle dedicado especialmente a la ganadería y dominado por pequeños empresarios que proveían leche a una subsidiaria de la Nestlé.

Esta era la primera inversión relevante para el gobierno de Fujimori, ya como gobierno dictatorial. Es en la actualidad la primera productora de Oro, y la que instaló la "jurisprudencia" minera actual en el país. Su costo neto promedio por onza para el año 2000 estuvo en 95.8 US\$, y 125 US\$ en el 2001, rango en el que se ha mantenido desde inicios de sus operaciones; producto del marco institucional peruano y de la riqueza del yacimiento. Lo que permite

ser muy competitiva, y mejorar las cuentas corporativas dada la baja "performance" de otras unidades de la Newmont tanto en los EUA como en otros países<sup>3</sup>.

Ante la privatización en Francia de la BRGM, la Newmont y el grupo peruano, hicieron los tramites necesarios para obtener la parte de la BRGM, que no estuvo fuera de escándalos<sup>4</sup>. El caso se

---

<sup>3</sup> Yanacocha es solo un ejemplo. En enero 2001 Barrick Gold Corporation obtuvo en opción la transferencia del proyecto Alto Chicama (1 200 Km<sup>2</sup> ) al ofrecer en la subasta una regalía equivalente al 2.51% de las ventas netas anuales. Barrick fue el único postor. El 23 de abril del 2002, Barrick dio a conocer el descubrimiento de alrededor de 3.5 millones de onzas de oro en Alto Chicama, calculado a partir de 61 millones de TM de mineral estimado, con una ley de 0.057 onzas por tonelada. Barrick Misquichilca, subsidiaria de Barrick Gold Corporation, es también dueña de Pierina. En el 2001, Pierina produjo más de 900 mil onzas con un "cash cost" de US\$ 90 por onza. Diversos medios y autoridades locales critican el manejo ambiental de esta mina, el impacto de su operación en la población. Pierina es la mina más rentable de Barrick Gold ( y una de las minas más rentables del mundo).

<sup>4</sup> En 1998 la Corte Suprema de Perú dictó sentencia a favor de Newmont en una votación de cuatro contra tres. La sentencia obligó a BRGM a vender a Newmont sus acciones de la mina. El año pasado, después de la divulgación de un vídeo del ex asesor de Fujimori; la Newmont admitió haber mantenido conversaciones con el Departamento de Estado estadounidense sobre el caso, pero negó haber violado leyes. El Consejo Nacional de la Magistratura acordó el 1 de febrero del 2002 acusar constitucionalmente al ex vocal supremo provisional, Jaime Beltrán Quiroga por el delito de infracción a la Constitución. El informe concluye que Beltrán, a pedido de Vladimiro Montesinos, emitió su voto decisivo a favor de la Newmont. Organizaciones civiles presentaron quejas ante la Unidad de Investigaciones de Corrupción y Fraude del Banco Mundial, para que dicha unidad investigara las acusaciones, pero la Unidad la remitió a la CFI. La negativa de la CFI a iniciar una investigación llamó la atención de algunos legisladores estadounidenses. Dennis Jett, ex embajador de Estados Unidos en Perú, dijo a periodistas en 2001 que recordaba haber hablado sobre el caso con Fujimori y Montesinos, a quienes advirtió que cualquier señal de haber cedido a presión francesa alimentaría rumores de corrupción en Perú y alejaría a los inversores internacionales. Jett destacó que Washington respalda a las empresas estadounidenses en otros países, "pero nunca aceptaría la práctica del soborno".

encuentra todavía abierto en diversas partes del orbe: Francia y EUA; y esta comprometiendo al Estado en posibles procesos judiciales.

El denuncia minero, es propiedad de una empresa de los socios peruanos, cuyo principal propietario marca la pauta de comportamiento de los empresarios del sector<sup>5</sup>.

La hectárea de terreno la adquirió a 44 US\$, a campesinos andinos, cuando el precio mínimo de mercado era de 500 US\$, y con el agravante que una familia campesina en el Perú, difícilmente vende la totalidad de su propiedad. Minera Yanacocha controla 535 millas cuadradas (1,385 Km<sup>2</sup>), en sus inicios controlaba 100 millas cuadradas (259 Km<sup>2</sup>).

Minera Yanacocha ha sabido utilizar muy bien las diferentes normas favorables: Yanacocha no compra insumos o materiales en cantidad relevante en el país<sup>6</sup>. Yanacocha no vende su producción al interior del país; ambas decisiones impiden el desarrollo de "clusters" o de encadenamientos con la industria o comercio local. Sus oficinas principales se ubican en la capital peruana y tiene contratos de estabilidad tributaria y esta incluida en los convenios de protección de inversiones que impide, de facto, al Estado peruano algún tipo de presión sobre su conducta operativa o institucional. Su contribución al fisco peruano, dada la magnitud de sus operaciones y resultados, no es relevante.

Yanacocha en la actualidad, es una gran empresa a escala mundial. Su participación en la producción de oro para un gran

---

<sup>5</sup> En el Perú el propietario de la superficie, no es propietario del subsuelo; es el Estado el que otorga las concesiones y las empresas tienen que pagar por ella una cuota anual al tesoro, determinada por la cantidad de hectáreas que posee dicho denuncia minero y si es el recurso es metálico o no metálico. La prioridad que da el Estado al denuncia minero sobre la propiedad de la superficie es obvia.

<sup>6</sup> Situación programada desde el inicio de ingeniería del proyecto, dado que toda empresa prefiere comprar a sus proveedores tradicionales o subsidiarias, antes que a "desconocidos".

productor como el Perú se acerca al 50% del total, si se considera solo las operaciones formales, y al 42% sobre el total estimado.

<b>PRODUCCION MINERA METALICA DE ORO</b>			
<b>(Onzas troy)</b>			
	<b>TOTAL ACUMULADO ENERO - MARZO</b>		<b>Participación Minera Yanacocha Marzo 2002</b>
	<b>2001</b>	<b>2002</b>	
<b>TOTAL PERU</b>	983945	1117695	<b>42,1%</b>
<b>Minería Formal</b>	851905	958772	<b>49,1%</b>
<b>Minera Yanacocha</b>	457016	470392	

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Perú

En cuanto a la participación de Minera Yanacocha en la totalidad de material minero extraído y tratado en todo el país, es mas que relevante. Por ejemplo, de los 63 millones de T.M.S. extraídas entre enero y marzo del presente año, 57 millones corresponden a la gran minería, y Minera Yanacocha contribuye con 28 millones.

<b>Participacion de Minera Yanacocha</b>		
<b>MINERAL EXTRAIDO - TRATADO - 2002</b>		
	<b>ACUMULADO Enero- Marzo</b>	
	<b>EXTRAIDO</b>	<b>TRATADO</b>
Total Minería	44,8%	45,9%
Gran Minería	49,1%	50,5%

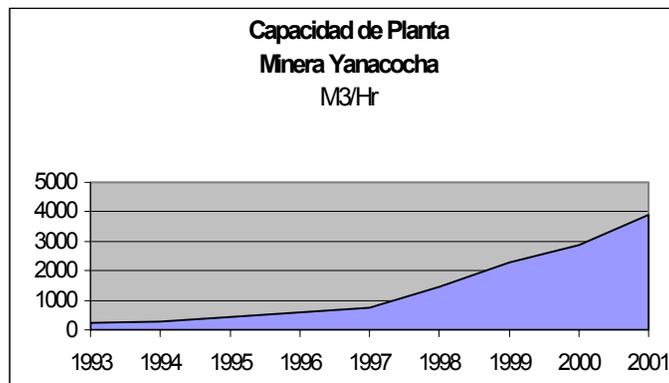
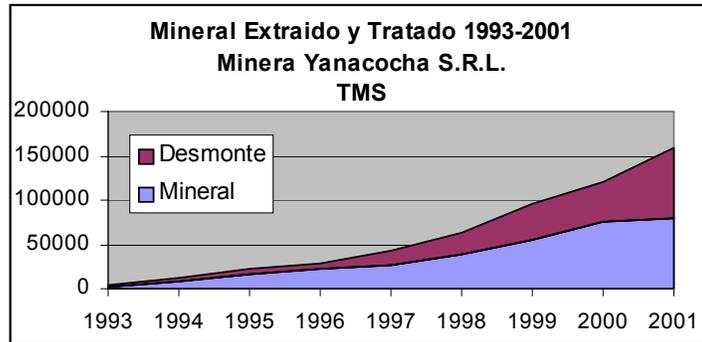
Fuente: Ministerio Energía y Minas - Perú

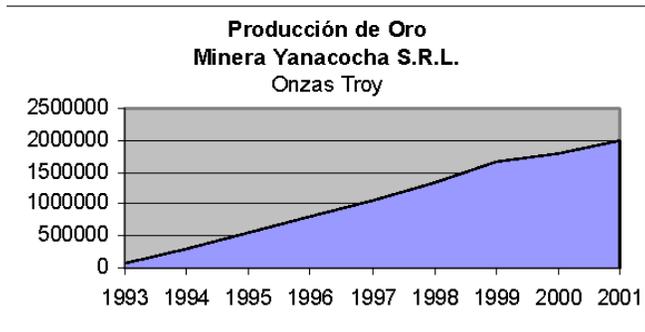
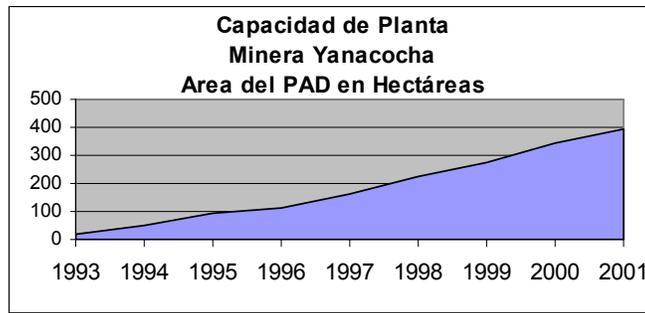
Los principales indicadores de operación de minera Yanacocha se muestran en el siguiente cuadro:

<b>PRINCIPALES INDICADORES DE OPERACIÓN DE MINERA YANACOCHA</b>									
<b>1993-2001</b>									
<b>Año</b>	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Extracción-Tratamiento</b>									
Mineral	2454	8302	16107	21528	26672	38428	55660	75303	80200
Desmonte	991	4033	6094	6182	15603	24983	40409	44345	78300
Total TMS	3445	12335	22201	27710	42275	63411	96069	119648	158500
<b>Producción Onzas Troy</b>									
Oro	81497	304552	551695	811426	1052806	1335754	1655830	1795398	1995000
Plata	24467	97349	180619	182979	163366	457183	826130	1536587	1966400
<b>Capacidad Planta</b>									
M3/HR	243	293	429	586	765	1438	2286	2889	3900
Area Pad M2	195000	526500	939500	1104500	1652500	2247500	2747500	3415500	3910500

Fuente: Minera Yanacocha S.R.L.

Las operaciones de minera Yanacocha han tenido un crecimiento constante, y sus magnitudes totalmente diferentes a las tradicionales empresas mineras del país, tal como se puede apreciar en los siguientes gráficos:





Yanacocha produjo el año 2001 cerca de 2 millones de onzas de oro y las proyecciones para el 2002 es de 2.3 millones de onzas debido a su mayor minado. En el primer trimestre de este año ha producido 471000 onzas.

No es superfluo, indicar que la ciudad de Cajamarca tiene, hoy, un deterioro urbano y habitacional, la violencia y la delincuencia se ha incrementado. Los ganaderos han sido desplazados por empleados de la minera en las directivas de las organizaciones sociales. Los únicos negocios de pequeña escala que han prosperado son los servicios de entretenimiento, y la ciudad es cara para sus antiguos residentes. El espíritu social que se vive en Cajamarca es

contrario a la empresa en una amplia mayoría <sup>7</sup> sin embargo, la ciudad de Cajamarca, sin la empresa, entraría en una mayor crisis<sup>8</sup>.

En cuanto al riesgo ambiental por los materiales tratados <sup>9</sup> 28161000 T.M.S. solo entre enero y marzo del 2002, poco se ha estudiado para descartarlo. El movimiento de tierras para la expansión de las canchas de lixiviación representa para Yanacocha no menos del 40% de la su inversión anual para el 2002 (202 millones de US\$), y entre 10% a 15% al desarrollo de mina. Otros porcentajes relevantes en su inversión se dedican a geología de minas, perforación para delineación de yacimientos, y unos 15 Millones de US\$ para un plan de control de sedimentos.

---

<sup>7</sup> Incentivados por: A) Un accidente de tránsito con un camión que transportaba mercurio de Yanacocha, que ocasionó un derrame de 11.2 litros de mercurio en la carretera entre Yanacocha y Lima. El mayor derrame ocurrió, en la localidad de Choropampa a unos pocos kilómetros de Yanacocha, ubicada en una de las fuentes de "Gallito Ciego", principal represa del norte del Perú. A principios de junio del 2002 comuneros organizados han presentado tres querrelas judiciales ante tribunales de EUA sobre este derrame. B) Y por la explotación del Cerro Quillish, que representa por lo menos el 15% de las reservas de Yanacocha. Los pobladores argumentan que el Cerro Quillish es el colchón acuífero de Cajamarca; Yanacocha señala que estudios encargados por la Corporación Financiera Internacional (socio de Yanacocha) confirman que el impacto de Quillish sobre la cantidad y calidad de agua es mínimo.

<sup>8</sup> Los principales negocios e inclusive proyectos de diversas ONGs (CARE por ejemplo) en Cajamarca, realizan sus acciones en función de Yanacocha.

<sup>9</sup> Materiales tratados con cianuro de potasio, producto del proceso de lixiviación con carbón activado que usa la mina; y depositados en los predios de la mina, que se ubica en el "divortium acuarium" de tres cuencas de importancia nacional y con altos estándares de lluvias y humedad, en una zona netamente sísmica. El cianuro representa el 10% de sus compras totales, y proviene de la "Dupont Chemicals".

## LAS POSIBILIDADES DE LA MINERÍA SUSTENTABLE

En el escenario peruano, la posibilidad de una minería sustentable es factible, mas nada fácil: Al margen de las iniciativas plausibles que tenga el Estado <sup>10</sup>, el marco normativo de la actividad debe primero adaptarse a los convenios que el propio país ha suscrito e impedir que funcionarios, poco objetivos, pretendan instaurar normas que solo conducen al conflicto y a la no-integración de la minería con las demás actividades.

De igual manera, se debe tratar de reestructurar el sistema tributario, que sin modificaciones en las tasas y en la cantidad de impuestos, permita una cabal recaudación con criterios de equidad y eficacia.

En cuanto al respeto a la biodiversidad y su mantenimiento, ya varios empresarios y funcionarios estatales, se han dado cuenta que dicho respeto, es de suma importancia no sólo para el Perú sino para toda la región; representa la seguridad económica, alimentaria, y productiva, seguridad en las negociaciones tanto presentes como futuras. La tendencia mundial favorece el consumo y comercio de los procesos que consideran los estándares ambientales (ISO 14 001). Además la relevancia de la biodiversidad ya esta siendo considerada en las entidades de financiamiento multilateral y de asistencia técnica; tales como el Convenio de Diversidad Biológica, el "Programa 21" y el Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF). Todo lo anterior implica una gran responsabilidad que no se limita a sus fronteras. Se deben promover y establecer mecanismos de sanción y con efecto adecuado ante violaciones flagrantes de la legislación ambiental y las normas internacionales al respecto<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Propuesta de política al respecto, del Ministerio de Energía y Minas. Marzo 2002

<sup>11</sup> Un conjunto de medidas que provocara principalmente modificaciones en el precio de las acciones, dado que la mayoría de las grandes empresas mineras cotiza

En cuanto a las reducciones costos "no ligadas explícitamente a la operación minera", estos pueden provocar sanciones dentro del GATT y los diferentes foros de regulación del comercio mundial; Restringiendo mercados y convirtiéndose en una política onerosa a mediano plazo. Ya ha habido iniciativas de bloqueo a diversas manufacturas con el argumento de subsidios ocultos (mantener bajos costos salariales), y un ejemplo evidente es el de las dificultades de la industria siderúrgica europea con los Estados Unidos.

Ante la escasez de líderes capacitados y adecuadamente informados en organizaciones de la sociedad civil, la solución pasa por amplios programas de fortalecimiento institucional y la difusión de los avances, en especial los generados en los foros especializados, como el CYTED XIII.

---

en bolsa, tendrá respuesta inmediata por parte de dichas compañías, en comparación a cualquier iniciativa judicial o administrativa.

## **INDICADORES PRACTICOS DE SUSTENTABILIDAD EN LA EXTRACCIÓN MINERA: CASO ECUADOR**

*Cornejo Martínez Mauricio<sup>(1)</sup>, Carrión Mero Paúl<sup>(2)</sup>*

*(1),(2) Escuela Superior Politécnica Del Litoral*

---

### **RESUMEN**

Desde la década de los 70, el Ecuador ha experimentado un cambio de visión con respecto a la minería, con un impulso a las explotaciones metálicas y las no metálicas que han llevado a considerar – a la minería- como una alternativa que motive el crecimiento económico del Ecuador a mediano plazo. Sin embargo, siempre opacado por las explotaciones petrolíferas que ha solventado la economía del Ecuador hasta en los momentos de las más aguda crisis económica que se ha afrontado, la minería ha mostrado un crecimiento que merece ser considerado.

Partiendo de lo anteriormente dicho, se tiene la poca incidencia de la minería en la economía ecuatoriana, debido a su relativamente joven tradición minera. No obstante, el potencial minero es alentador. Según PRODEMINCA, el Ecuador podría tener un alto potencial debido a 1) Posición favorable a lo largo de la costa del pacífico, dentro de un régimen clásico de tectónica de Placas. 2) Indicios de oro aluvial en la mayoría de los ríos en las estribaciones de la cordillera de los andes, tanto la oriental como la occidental, demuestran que los yacimientos primarios están todavía ocultos. 3) Los antecedentes de yacimientos comprobados y explotados desde los tiempos de la conquista por Ej. : Nambija 62 T y Zaruma-Portovelo 160 T. 4) Se estima que los 16 Depósitos más grandes de oro en el Ecuador posean reservas de > 700 T de oro y > 600 T de Ag (PRODEMINCA, 2000)

Por otro lado, geográficamente las principales explotaciones metálicas y no metálicas se concentran en las Provincias del Guayas, Zamora Chinchipe, Oro y Azuay, que poseen mas un tercio de la población total del Ecuador. Además, cabe señalar que debido al ente burocrático y falta de leyes que brinden seguridad para todos los actores sociales, estas provincias se encuentran el una posición de abandono con muchas carencias que el centralismo ha originado.

Sin embargo, muchas organizaciones han ayudado a la minería informal en el aspecto medioambiental, social e institucional sin perder de vista su motivación técnica como el CENDA-COTESU-PROJEKT CONSULT que han brindado asesoramiento en la cuestión la destoxificación y neutralización de las aguas de minas y mitigación del efecto causado por el uso inapropiado del mercurio en los distritos mineros.

En consecuencia, el presente trabajo tratará de sintetizar, la funcionalidad de la utilización de indicadores de sustentabilidad en la extracción minera ecuatoriana. Sin perder objetividad, se analizara la repercusión dentro del marco de desarrollo sustentable del país frente al compromiso adquirido ante la AGENDA 21 de las Naciones unidas. Además se establecerá una serie índices que ayudaran a la evaluación dentro del marco de sustentabilidad de la industria minera ecuatoriana.

## **1. MARCO DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN EL ECUADOR**

### **1.1 Antecedentes del Ecuador**

El Ecuador cuanta con una superficie total de 283,560 Km<sup>2</sup>, de las cuales 6,720 es mar y cuerpos de agua dulce. Además tiene como sus principales recursos actuales: petróleo, madera, pescado, banano. Con una superficie cultivable, según el último censo de agricultura y ganadería, de 12,640,000 Ha.

### ***1.1.1 Marco general social del Ecuador***

La población del Ecuador es de 13,183.978 habitantes, con una tasa de crecimiento de la población de 2 %, con una tasa de natalidad de 25.99 nacimientos/1000 habitantes según, una tasa de mortalidad de 5.44 muertes/1000 habitantes, con una relación de población total 0.99 hombres / mujeres, con una esperanza de vida de 71.33 años, con una tasa de fertilidad de 3.12 niños nacidos /mujer. Estos datos fueron procesados por instituto nacional de estadísticas y censos hasta julio del 2001.

### ***1.1.2 Marco general institucional del Ecuador***

El tipo de gobierno del Ecuador es de Republica, consta de 22 provincias cuyas divisiones administrativas están bajo la Ley de Descentralización que rige al Ecuador, por lo cual tienen una autonomía sobre aspectos ambientales, sociales, educativos e institucional.

- Ramificación ejecutiva: liderada por el Presidente Gustavo Noboa desde 22 de enero del 2000, elegido por el Congreso Nacional después de la destitución del Presidente electo Jamil Mahuad. Todos los Ministros son designados directamente por el Presidente de la Republica.
- Ramificación legislativa: Conformada por el Congreso Nacional con 121 asientos; se eligen 79 miembros en elección popular a nivel nacional para servir durante cuatro años conocidos como diputados nacionales, los otros 42 elegido individualmente dos representantes por cada provincia al congreso conocidos como diputados provinciales.
- Ramificación Judicial: Dirigida por el Tribunal Supremo o Corte Suprema de Justicia

Como principales grupos de presión política esta la CONAIE (Confederación de nacionalidades indígenas de Ecuador), Grupos ecologistas, gremios y sindicatos, etc.

### ***1.1.3 Marco general económico del Ecuador***

El Ecuador posee una amplia gama de recursos naturales, gracias a su ubicación geográfica, posee un clima benigno para la agricultura, un amplio potencial minero y una considerable realidad petrolera.

El país exporta productos primarios como aceite, plátanos, camarones, oro y flores cuyas fluctuaciones en precios en el mercado mundial pueden tener repercusiones en la economía general del estado debido a su participación en el PIB nacional. Cabe recalcar que el crecimiento económico no ha sido considerable en los últimos años, a pesar de la crisis económica que todavía acarrea sus secuelas. Esta crisis provocada por medidas fiscales inadecuadas a la realidad ecuatoriana, por fenómenos naturales tales como el Fenómeno del Niño y erupciones volcánicas como la del Tungurahua y el Guagua Pichincha. Sumado a estos, una lacra de las sociedades actuales, a saber; la corrupción, que provocó el efecto dominó en el derrumbamiento de la banca nacional induciendo al congelamiento de capitales depositados, desconfianza en la banca y una migración abrupta con las lógicas secuelas en el aspecto humano que esta separación provoca. En consecuencia, la inestabilidad económica continuada condujo a una depreciación del 70% de la moneda nacional, en ese entonces el sucre, que forzó a la precipitada decisión de “dolarizar”, sin tomar en cuenta las condiciones en que se encontraba el País durante el año 2000. Esta abrupta decisión de dolarizar aparentemente ha estabilizado la economía nacional, sin embargo, todavía no se ha terminado las negociaciones con el Fondo Monetario Internacional para un acuerdo en la forma en que este organismo ayudará al Ecuador, por lo que el destino del País en el aspecto económico está en la incertidumbre. Parece difícil que, con el

sistema tributario actual, con las tasas de interés que maneja la banca, la desconfianza generalizada en el sistema bancario nacional, la fuga de mano de obra cualificada y no cualificada, los índices bajos de productividad y empleo, se pueda empujar hacia reformas profundas a fin de crear un marco económico sostenido para que al menos dure largo tiempo el sistema de la dolarización con el consecuente aumento de la tasa de crecimiento económico del Ecuador.

Las consecuencias de la crisis económica se dictan a continuación en cifras:

**Porcentaje de la población debajo de la línea de pobreza:** 50%

**GDP: paridad del poder adquisitivo:** \$37,2 mil millones (2000 est)

**GDP-tasa de crecimiento verdadero:** 0.8%

**GDP-Per capita:** \$2.900

**GDP-Composición por sectores:** Agricultura: 14%  
Industria: 36%  
Servicios: 50%

**Inflación:** 96%

**Fuerza laboral:** 4.2 millones

**Fuerza laboral por ocupación:** Agricultura: 30%  
Industria: 25%  
Servicios: 45%

**Tasa de desempleo:** 13%

**Deuda externa:** \$15 billón

**Tasa de interés bancario**

**(Mayo del 2002)**

<b>Activa referencial:</b>	15.32%
<b>Pasiva referencial:</b>	5.86%
<b>Convencional (limite de usura):</b>	22.65%
<b>Interbancaria:</b>	1.40%

**1.1.4 Marco ambiental**

Dentro del marco ambiental del Ecuador tenemos que:

**Longitud de costa:** 2,237 Km<sup>2</sup>

**Mar territorial:** 200 Millas

**Clima:** Tropical a lo largo de la costa, en el interior más fresco con las elevaciones mas altas, y tropical en las tierras bajas de la selva.

**Recursos Naturales:** Petróleo, pescados, madera, hidroelectricidad.

<b>Usos del suelo:</b>	Tierra de labrantío:	6%
	Cosechas permanentes:	5%
	Pastos permanentes:	18%
	Bosques y arbolado:	56%
	Otro:	15%

**Tierra cultivable:** 12,640,000 Ha (censo agropecuario, 2002)

**Peligros naturales:** terremotos, derrumbamientos, actividad volcánica, sequías periódicas, Fenómenos del niño.

**Problemas ambientales:** tala de árboles, erosión del suelo, desertificación, contaminación del agua, contaminación por desechos sólidos urbanos, inundaciones.

**Acuerdos internacionales:** Tratado del Antártico, Protocolo de Cambio del Clima Kyoto, Especies puestas en peligro, Protección de la capa de ozono, Madera tropical 83, humedales.

## **2. DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA MINERÍA EN EL ECUADOR**

### **2.1 Aspecto social**

Se puede afirmar que el aspecto que más reluce dentro del contexto del desarrollo sustentable de minería es el social. Dentro de este aspecto, existen atenuantes que agravan la situación, principalmente de la minería a pequeña escala. Uno de los principales es la salud laboral, donde se han identificado riesgos inherentes a la minería como: la intoxicación, infecciones pulmonares, riesgos por explosiones y deterioro del cuerpo debido al esfuerzo físico. Sin embargo, existen esfuerzos conjunto de empresa privado y pública, que en cierta medida han mitigado el problema, contando para ello con asesoramiento del Gobierno de Suiza y el Banco mundial se puede ayudar en este aspecto.

Pero existe un mayor problema como es el relacionado con las tensiones psicosociales, derivados de las condiciones de trabajo, calidad de vida y depresiones debido a la separación con seres queridos. Muchos de los asentamientos mineros están ubicados en zonas marginales con poca o ninguna infraestructura, servicios y dispensarios que agravan aún más la precaria situación minera. Además como son centros poblados donde existe muy poca vigilancia policial, esto ha ocasionado que proliferen la violencia, el alcoholismo y la prostitución. El tema de la Prostitución tiene otro agravante como el de la salud, pues se ha detectado enfermos de SIDA en las poblaciones de Ponce Enríquez y Shumiral que había sido contagiados dentro de los poblados cercanos a los centros mineros.

Otro aspecto importante de la visión social, es lo relacionado con grupos autóctonos como comunidades indígenas o comunas, que siendo llevados por grupos políticos o extremistas ambientales han propagado en la colectividad una idea de repulsión a la minería mediante una serie de denuncias, debido a la consecuente contaminación y los problemas sociales que ella trae. Sin embargo, la falta de comunicación, concerniente a las actividades que realiza la empresa minera con respecto al cumplimiento del plan de manejo ambiental y compensación social, son las principales causas de la aparente desaprobación ciudadana, además de una falta de argumentos de descargo.

## **2.2 Aspecto Institucional**

Como anteriormente se había señalado, la evolución de las diferentes leyes ha llevado consigo un factor común como es que los minerales son un “bien común” y que la comercialización corresponde al estado. No obstante, la única participación ciudadana para la toma de decisiones sobre el recurso está en los Consejos provinciales y Consejos municipales, pues en el ámbito de estado, los ingresos que genera la minería se destina para cubrir gastos administrativos y dependencias técnicas en el Ministerio de Energía y Minas, razón por la cual no se establece una sucesión de organismo que participen en la dirección de minería en el Ecuador.

En 1991, el Ecuador carecía de normas ambientales en minería, pero con la implementación del *Reglamento ambiental para actividades mineras en la republica del Ecuador en 1997* donde se establece parámetros que seguir en los distintos pasos para la obtención de una licencia ambiental, además marca las entidades responsables de la recepción y control de estudios de impacto y plan de manejo ambiental como son las Direcciones Regionales de Minería y, el ente responsable de la corrección y aprobación de los mismos como es el Ministerio de Energía y Minas. Por otra parte, en este reglamento se establece por primera vez la garantía ambiental

por daños comprobados por parte de la minería, además establece la posibilidad de realizar estudios de impacto para grupos o comunidades con sus respectivos plan de manejos conjunto.

El Ministerio de Energía y Minas, encarga la responsabilidad de regir en la parte legal de la minería ecuatoriana a la Subsecretaría de Minas, además la unidad ambiental minera que corrige y aprueba los planes de manejo ambiental. Pero con la Ley de Modernización del Estado, la unidad puede contratar a consultores especializados para realizar estas tareas. Pero en el año 1997 se creo el Ministerio del Ambiente, y amparándose en la Ley de Minería del año 2000, se establece que bajo la coordinación del Ministerio del Ambiente actuará la subsecretaría de *Protección ambiental del Ministerio de Energía y Minas*. Prácticamente no se ha movido la figura institución, no obstante algunos sectores afirman que debía tener mas radio de acción el Ministerio del Ambiente en cuestiones mineras.

Por otro lado, las políticas del estado con respecto a la minería son débiles, no se define impulsos que puedan otorgar seguridad al inverso nacional o extranjero, que promueva niveles de descentralización y estimule mejor la distribución de los beneficios. Las bases legales existen en el Ecuador, pero no existe una aplicación de las normas con el respectivo ejercicio de derecho colectivos constitucionalmente reconocidos a pueblos y comunidades indígenas. En este aspecto existe una figura previa muy endeble que limita la actuación de las comunidades solo a la consulta previa, a participar de los beneficios y ser indemnizados en caso de surgir daños a medio físico y biótico de su sector.

### **2.3 Aspecto Económico**

Dentro de los indicadores macros económicos se tiene el aporte que la actividad minera le da al PIB, en este aspecto es marginal el aporte que hace las regalías de la actividad minera, por supuesto cuando se las compara con las contribuciones que hace la industria petrolera y bananera en el Ecuador. Por otro lado, la

información que se posee con el objeto de regularizar la oferta y demanda nacional es muy insipiente y no es pertinente, dicho de otra manera es muy poco y de mala calidad además que no es apegada a la realidad, lo que no nos da una idea de la verdadera proporción que la minería aporta a la economía global ecuatoriana.

Por otro lado, en el aspecto macroeconómico, la minería ayuda a mejorar los niveles de ingresos y abre una amplia gama de empleos directamente o indirectamente ligados a esta. Es importante indicar, que con las nuevas investigaciones a fin de prospectar que se han realizado en el país para buscar metálicos y no metálicos, las reservas de estos se han visto incrementadas de tal manera que en el aspecto económico también se vuelve apetecible.

### **2.3.1 Producción minera ecuatoriana**

Cuando hablamos de producción minera en el Ecuador, nos referimos a dos polos como son el oro y las calizas. Dicho de otra manera, la explotación de metálicos en el presente siglo ha sido destinada casi en su totalidad a la extracción de oro desde los distritos de Nambija, Zaruma-Portovelo y Ponce Enríquez, además de la explotación de placeres auríferos en las estribaciones de la cordillera tanto occidental como oriental de los Andes. Además, en el aspecto no metálico la mayor industria que consume materia prima es la Cementera y por ende las actividades de construcción, evidentemente los enormes yacimientos de caliza que afloran desde las afueras de la ciudad de Guayaquil hasta casi la línea de Costa a lo largo de 130 Km, son el principal foco para la explotación minera no metálica en el País.

La explotación de oro desde los albores del siglo estuvo dirigida principalmente en el distrito Zaruma-Portovelo en la Provincia de El Oro, sin embargo la gran cantidad de mineros informales no permite tener una estimación acertada de la cantidad de oro que se procesa. Lo mismo ocurre con Ponce-Enríquez en la Provincia del Azuay y en el Sector de Nambija en la Provincia de

Zamora-Chinchipe. En este sentido, el 78.1% de la producción de oro corresponde a la provincia de El Oro con 18,047,953 gramos de oro.

En cuanto a las explotaciones no metálicas se ha focalizado en la extracción de las calizas, arcillas y feldespatos para la industria cementera. Además recalcaremos que el 76.9% de la producción de caliza en el Ecuador corresponde a la Provincia del Guayas con 20,528,176 Toneladas de caliza por parte mayoritariamente de la Cemento Nacional. También se ha explotado, pero en menor grado, materiales tales como: arenas silíceas para la industria del vidrio, bentonitas principalmente para la industria petrolera y minerales industriales para exportación como piedra pómez y mármoles.

Para sintetizar los aspectos económicos utilizaros los datos de INEC (Instituto nacional de estadísticas y censos) sobre minería. Los cuales arrojan un crecimiento de los “establecimientos” entre 1981 y 1998 desde 18 a 39, así como el monto de “producción Total” de 7,308,000USD a 29,952,000USD aproximadamente. Los establecimientos que más crecieron fueron los vinculados con la minería metálica del 16 al 49 % aproximadamente. En consecuencia, la actividad minera que más creció en las dos últimas décadas fue la minería metálica. Sin embargo, los datos debido a la informalidad de esta actividad no pudieran reflejar la real magnitud de esta actividad.

En resumen, hasta marzo del 2001 se han otorgado 859 concesiones inscritas que abarcan 385,606 hectáreas mineras, dentro de las cuales el 34.6% de las concesiones corresponde a exploración y el 65.4 por omisión corresponden a explotación. Esta proporción indica grado de aprobación de los proyectos mineros, es decir el porcentaje de proyectos que pasan de una fase de exploración a una fase de explotación. No obstante, el 83,2% del área total corresponde a exploración y solo el 16.8% corresponde a explotación

### **2.3.2 Contribución de minería al PIB.**

En los últimos 20 años, existen dos etapas en la evolución de los aportes de la minería (en este epígrafe cuando nos referimos a minería estamos involucrado tanto la minería metálica y no metálica) pues desde 1980 hasta 1988 el aporte se incremento desde 0.3 hasta 1.2%, después de este año decreció hasta 0.5% y se ha mantenido en los últimos años. Este estancamiento puede obedecer al decrecimiento del precio del oro en los mercados internacionales, falta de registros de la producción total.

### **2.3.3 Inversiones en las actividades mineras.**

Las inversiones mineras oscilaron, en los últimos tres años, entre 6 millones y 4 millones de Dólares. De los cuales, el 62.3% corresponde a exploraciones y el 37.7% a explotaciones. En cuanto al gasto publico, hasta 1988 en aporte del estado fue insipiente, a partir 1% total de los egresos.

### **2.3.4 Salarios y empleos**

Generalmente, en las zonas de explotación minera se contrata tanto a personal autóctono como aquellos que esporádicamente se dirigen allí, pues la mayoría de los trabajos no requieren mayor calificación además son temporales y sin ningún beneficio de seguro social o medico. Por lo que, muchas veces su remuneración es poco más alta que el salario mínimo vital. Además, otro factor de empleo es el indirecto. Este tipo de empleo conformado por aquellas que abastecen de insumos de primera necesidad, que generalmente son personas allegados al personal que labora en mina. Se estima que trabajan en minería 92 mil personas, que conforman 0.6% de la Población económicamente activa (PEA). Sin embargo cuando se analiza en PEA rural, las cifras cambian, pues se tiene que “mineros” del 80.2% de la PEA, a partir de estas cifre se tiene que los “asalariados” son el 42.7%, mientras que los por “Cuenta Propia” forman el 42.2%.

### **2.3.5 Exportaciones**

Existe muy poco dinamismo, en cuanto a las cifras de valores exportados, pues los registros no son pertinentes. Un ejemplo, palpable es el caso de Nambija. En Nambija del 100% de producción de oro, se tiene solo registrado solo alrededor de 50%, mientras que el 35% se fuga por las fronteras, principalmente por el Perú y finalmente el 15% se consumía en el mercado interno. Similarmente ocurre en las otras zonas mineras del país.

Por otro lado, los minerales industriales se exporta de formas casi esporádica, la totalidad del material explotado es para consumo interno. Cabe recalcar que ciertos materiales tuvieron auge como la piedra pómez en los años 1995, sin embargo con la inclusión en el mercado de “materiales sustitutos” lo que obstaculizo lo que parecía ser una floreciente fuente de divisas para el país.

### **2.4 Aspecto ambiental**

Partiendo del hecho que en el Ecuador, en las dos últimas décadas se ha desarrollado de minería artesanal (Ley de Minería de 1991, Título X, De los Regímenes especiales) a minería a pequeña escala<sup>(\*)</sup> (ley para la Promoción de la Inversión y de la Participación Ciudadana (Ley Trole II) del 2000), con ciertos avances en las cuestiones legales se ha podido, en cierta medida, controlar el aspecto ambiental de las explotaciones mineras, incluyendo la metálica y no metálicas. Ya que se, considera a la minería a pequeña escala, como la más agresivo en el sentido medioambiental, además para tener idea de la magnitud de la minería “pequeña”, durante el año 2000 el aporte de este tipo de minería a la producción minera total fue de alrededor de 83.5%, además la participación de las explotaciones no metálicas como por ejemplo yeso, bentonita, mármol, baritina, zeolita fue solo del 30%.

No obstante, a pesar de los esfuerzos en la parte legal que se están realizando para formalizar y normalizar las labores mineras, no

existe una base de datos confiable que pueda ser analizado para sucesivos monitores ambiental, a fin de evaluar los impactos a lo largo del tiempo y del espacio.

Otro aspecto es la distribución de las actividades mineras en el Ecuador, aunque existe minería en todo el País, solo en las Provincias de Guayas, El Oro, Azuay y Zamora Chinchipe existen minas que tiene algún grado de tecnología y practicas de producción. Además las zonas donde se asientan las labores mineras están en zonas de alta sensibilidad ambiental como bosques primarios y con un alto grado de biodiversidad. También existen cuerpos de agua que atraviesan algunas de ellas y, que en las zonas bajas esta agua es utilizada para regadíos y consumo de seres vivos.

La minería ha ocasionado colonizaciones alrededor de las actividades mineras se calcula que existen 60,000 personas que habitan cerca de las explotaciones mineras principalmente metálicas en el País. Este aspecto incide, debido a las precarias condiciones de vida, alto riesgo de desastres naturales, y contaminación de biota que este antes de las labores mineras habría permanecido inmutables.

Además las explotaciones mineras han provocado también los siguientes impactos:

- Utilización antitécnica del mercurio, principalmente en la minería del oro
- Inapropiada ubicación de escombreras, colas y relaves
- Subsistencia minera, provocado por diseños antitécnicos de túneles sin la debida disposición de ademes o fortificaciones
- Contaminación atmosférica provocada por polvos y ruidos, principalmente debido a minería no metálicas en zonas cercanas a asentamientos urbanos.
- Deterioro de la calidad ambiental en zonas de explotaciones mineras.

Finalmente, el Reglamento ambiental para actividades mineras en la República del Ecuador (1997) es el primer instrumento normativo de este tipo que se dicta en el país, a fin de mitigar, corregir, compensar y nulificar los impactos ambientales ocasionados por la minería.

### **3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LAS ACTIVIDADES MINERAS EN EL ECUADOR**

Como anteriormente se había señalado, las actividades en el Ecuador-en el área de minería- son relativamente nuevas. Paulatinamente se pretende llenar vacíos legales, institucionales e inclusive culturales y sociales. No obstante, a pesar de la falta de los elementos antes mencionados, se pretende crear un sentimiento de compromiso, que obligue a los actores sociales involucrados dentro de esta actividad, a cumplir con lo estipulado en la ley. A continuación se señala, a criterio de los autores, los indicadores que en función de la realidad y siendo lo más objetivo pueden marcar pautas para establecer el grado de crecimiento de las actividades mineras en el Ecuador.

(\*) Se ratificó el término de minería a pequeña escala en el Reglamento General Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Minería, promulgado el 17 de Abril del 2001, el cual está en vigor actualmente.

### 3.1 Indicadores sociales en la minería

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
<b>Tasa de empleados mineros</b>	Establece el número de personas contratadas por la empresa minera. Estas personas se las considera como residentes de los poblados mineros, pues aunque no duerman en ellos, se abastecen de insumos de primera necesidad. Generalmente el índice de empleados crece cuando existen mayor demanda que obliga a aumentar la productividad	No siempre el número de empleado indica un desarrollo sustentable, pues el indicador no establece si es subempleada, es ocasional. Además también no especifica que actividad realiza dentro de la empresa, pues esta puede no estar dentro de los parámetros de la sustentabilidad. En todo caso, debe existir, para mayor control de la evolución de este indicador, el desglose en minería metálica y no metálica y, relacionarla con otros indicadores económicos y ambientales.	87%	0,6 % del PEA, 60,000 empleados minería metálica 32,000 empleados minería no metálica
<b>Índice general de pobreza</b>	Permite establecer comparaciones necesarias para medir la efectividad de las estrategias establecidas dentro de un periodo de tiempo con respecto a la pobreza	Dificultad de encuestar en los domicilios. El indicador establece índices generales, pues tiene a exagerar los resultados regionales	50% (1999)	No disponible
<b>Porcentaje de mineros que disponen de instalaciones sanitarias</b>	Porcentaje de personas que poseen acceso a unas instalaciones adecuadas, reduciendo el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces. Indicador relacionado con la higiene.	A pesar que las actividades mineras poseen su propia infraestructura, no siempre se la utiliza debidamente. En el Ecuador la mayoría de las plantas de tratamiento poseen instalaciones sanitarias, sin embargo donde se extrae el mineral no siempre existen. Existen minas que no están registradas.	54% (1998)	No disponible
<b>Porcentaje de mineros que tienen acceso al agua potable</b>	Este servicio fundamental para reducir enfermedades. Sin embargo, se debe establecer parámetros como los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>↓ Población abarcada</li> <li>↓ Acceso suficiente al agua</li> <li>↓ Distancia razonable</li> <li>↓ Cantidad suficiente de agua</li> <li>↓ Calidad del agua</li> </ul>	Se tiende a confundir existencia de una fuente de agua como disponibilidad de agua potable. No obstante, no siempre puede estar aseQUIBLE y con la calidad adecuada. Generalmente se confunde potabilización con cloración del agua proveniente de acuíferos o cuerpos de agua superficiales. En sectores mineros, no existe canales de agua potable, a excepción de pueblos cercanos a cabeceras cantonales, por lo que las empresas mineras compran agua embotellada. Pero no es la regla sino la excepción.	56% (1990)	No Disponible
<b>Gasto nacional en servicios locales de salud</b>	Porcentaje del gasto nacional que se destina a los servicios de salud de la comunidad, los servicios de centros de salud, dispensarios. Refuerza el ámbito de la salud a nivel local o regional. Además indica los esfuerzos por financiar un servicio de primera necesidad. Incluye también capitales privados.	El concepto gasto es muy amplio, pues no indica las actividades en las que gasta ese porcentaje. Además debe definirse, mediante consenso de los actores sociales involucrados cuales son los servicios de salud primordiales.	No disponibles	No disponible

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
Tasa de crecimiento de la población de los asentamientos mineros	Indicador mide la velocidad de cambio de tamaño de una población minera, además mide las migraciones desde otras zonas hasta los asentamientos mineros.	Es fácilmente medible con dos censos se puede tener una tendencia de crecimiento, además con la ayuda de fotos áreas se visualiza donde se asienta. Sin embargo, hay un porcentaje de los pobladores que no viven permanentemente, sino que se movilizan cada periodo de tiempo necesario. Por lo tanto, no miden la real dimensión de los asentamientos dentro de la dinámica de las migraciones.	3,5% para población urbana y 3,0% para población rural	60,000 habitantes
Consumo de combustibles fósiles (°)	La reducción del consumo es fundamental para el desarrollo sustentable, pues tiene repercusiones en el ecosistema. Esta íntimamente ligado al uso de vehículos de motor que indica dependencia al consumo de petróleo que desencadena varias secuelas como: emisiones contaminantes a la atmósfera, consumo de energía, la contaminación acústica y contaminación de suelo y agua.	Es fácil encontrar los datos sobre el parque automotor del sector, pero a veces no se toma en cuenta el consumo debido a centrales eléctricas, ferrocarril, compresoras etc.	No disponible	No disponible
Pérdidas humanas económicas debidas a imprevistos	Números de personas muertas o desaparecidas como consecuencia directa de un accidente minero, el volumen de pérdidas económicas. Esta indicador proporciona la vulnerabilidad de la población	Se limita por la calidad y la uniformidad en la toma de datos que se utilizan según el punto de vista con que se toman pues, no es lo mismo el punto de vista de la víctima que del dueño de la explotación	No disponible	No disponible
Gasto en infraestructura por habitante	Mide la participación de los distintos grupos administrativos públicos y privados en la creación, mantenimiento y mejora de infraestructura civil. Se incluye vivienda y servicios básicos. Pues mide el acceso a servicios de primera necesidad	Cuando no se definen por consenso los alcances de los servicios a mejorar el indicador varía de una región a otra. Además, este indicador no dice a quien fue dirigido si hubo o no sectores o grupos privilegiados. Por otro lado, el gasto en infraestructura puede tener otras repercusiones en la sustentabilidad a corto o mediano plazo.	No disponible	No disponible

### 3.2 Indicadores institucionales en la minería

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
<b>Programa de contabilidad ecológica</b>	Lleva la contabilidad de los pasivos ambientales, los cuales son fundamentales para la toma de decisiones.	El principal problema sería de competencia, evidentemente debería llevarlo el sector público.	No	No
<b>Científicos e ingenieros involucrados en actividades de I y D por mil habitantes</b>	Los científicos e ingenieros son los principales encargados de implementar el conocimiento y desarrollar aplicaciones al fin de garantizar el desarrollo sostenible.	Se debe realizar estudios especializados para generar estos datos. Por otro lado, el número de ingenieros no implican directamente que estén dedicados a la investigación ambiental.	No disponible	No disponible
<b>Gastos en investigación como porcentaje del PIB</b>	Este indicador evalúa la distribución de los gastos en I y D con relación al PIB, de esta manera se puede medir su evolución.	Sin embargo, el gasto que se invierte en I y D no necesariamente estará destinado a actividades de investigación que contribuya a la desarrollo sostenible. Además este tipo de datos suele tomarse de estudios especiales, a quienes le competencia realizarlo.	No disponible	No disponible
<b>Lineas telefónicas por cien habitantes</b>	Es importante para el desarrollo sostenido el factor de las comunicaciones para acceder a cualquier tipo de información. No obstante, en las zonas mineras generalmente existe es la telefonía móvil.	Se puede indirectamente obtener los datos por parte de empresas o distribuidoras de líneas telefónicas.	5.3 telefonos/100H	No disponible
<b>Cantidad de periódicos por cien habitantes</b>	Es un medio para acceder a la información. Este indicador mide la evolución de la información medio ambiental y hacen parte con la comunidad.	NI hay inconvenientes en la recopilación de la información sobre este indicador. Pero se tendría una mejor visión del acceso a información si se toma en cuenta los radios y la televisión.	No disponible	No disponible
<b>Representación de los grupos principales en los consejos</b>	Con la participación honesta de todos los grupos sociales en el proceso de adopción de decisiones. La representación de los grupos principales de los actores sociales.	Hay que definir cuales son los grupos principales: mujeres, sindicatos, agrupaciones, pueblo indígena, autoridades locales, comunidad comercial. Y el grado de participación y decisión de cada una de ellas.	No disponible	No disponible

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
<p><b>Porcentaje del territorio cedido a actividades mineras</b></p>	<p>Indica en grado de intervención de las actividades mineras en la asignación de uso del suelo a nivel nacional. Además, establece también la evolución de la exploración geológica-minera y ambiental de las distintas áreas cedidas a exploración y explotación.</p>	<p>Sin embargo, este indicador no establece el grado de apropiación ciudadana, además debido a la informalidad con que se trata los datos, puede ocurrir "infiltración" de información lo que conlleva a la proliferación de mineral artesanales informales, que pueden promover repulsión a las actividades mineras, ayudas por grupos extremistas ambientales. Por otro lado, no especifica en fase se encuentra, si esta todavía en exploración o ha pasado a explotación (el Estado cambia la ley que cede concesiones separadas en función de la fase en que se encuentra, a saber, explotación o exploración, pues ahora son únicas).</p>	<p>1,35%</p>	<p>1,35%</p>
<p><b>Porcentaje de concesiones que pasan a explotación</b></p>	<p>Este indicador establece el grado de evolución de la investigación geológica-minera-ambiental. Si se ha realizado una serie de estudios la concesión minera se transformara en una mina.</p>	<p>En el Ecuador, existe concesión única, es decir indiferente si esta en fase de exploración o explotación, pues la única forma de comprobar en que fase se encuentra es la presentación de Informe de Producción. Sin embargo, existen concesiones mineras que aunque están extrayendo mineral no presentan dicho informe, lo que dificulta el establecimiento de indicador.</p>	<p>16,8%</p>	<p>16,8%</p>

### 3.3 Indicadores ambientales en la minería

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
<b>Consumo de agua(*)</b>	Es el agua que consume una persona para lavarse, cocinar. Esta también en función de la dinámica población por otro lado se puede utilizar agua proveniente de pozos con su posterior tratamiento.	Se puede medir mediante contador. Pero en la zonas donde la minería se ha asentado, no hay la posibilidad de implementar tal medir, además las empresas de abastecimiento de agua no llegan a tan remotos lugares.	No disponible	No disponible
<b>Reservas de Agua subterránea(*)</b>	Este indicador presenta una evolución de la calidad y suministros existentes de agua dulce provenientes de pozos.	Aunque se posea una dato sobre las reservas de agua, esto no garantiza que se potencializad de manera económicamente rentable o que se mantenga con la misma calidad a lo largo de su explotación.	No disponible	No disponible
<b>Porcentaje de tratamiento de las aguas residuales</b>	Es el porcentaje de las aguas residuales por la empresas mineras que es tratada para destruirlos. Se pretende medir la evolución de las medias y estrategias para reducir al mínimo la contaminación a cuerpos de agua.	Existe una ambigüedad en el concepto de tratamientos de aguas, pues los parámetros físicos-químicos-biológicos para el agua cambian de un país a otro.	No disponible	No disponible
<b>Utilización de la energía en la Minería(*)</b>	Energía utilizada en la minería, que se expresa como el coeficiente de los insumos de energía y la producción minera. Cuya finalidad en medir la intensidad de la utilización de energía.	Dentro de los procesos mineros, el mayor porcentaje de energía se utiliza en la etapa de trituración y molenda. Sin embargo existe otros tipos de energía que, sin la debido control, son difíciles de medir en términos absolutos por ejemplo Transporte, voladura, arranque.	No disponible	No disponible
<b>Porcentaje de tierras afectadas por las labores mineras(*)</b>	Muestra el grado de pérdidas de terrenos productivos y la disminución de la producción debido a la implantación de labores mineras.	Pero no siempre el cambio de uso del suelo significa pérdida, pues puede una terreno que no tenga las condiciones suficientes para agricultura. La minería puede incrementar su productividad e inclusive la plusvalía de los terrenos.	No disponible	No disponible
<b>Emission de gases del Invernadero tóxicos(*)</b>	Este indicador mide todas las emisiones antropogénicas de Dióxido de carbono, Metano, Óxido nítrico, óxidos de azufre. Estas emisiones se deben consumo de energía, transporte. Además se calculas en base a datos de consumos de combustibles.	Como se dijo anteriormente se los calcula en base del consumo de materiales que producen estas emisiones como consecuencias de reacciones químicas. Pero el problema radica en establecer estándares aceptados para la Cantidad de emisión considerada como peligrosa. Además, podría ayudar al establecimiento de otro indicadores a partir de los datos.	No disponible	No disponible

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
<b>Gastos en medidas de reducción de la contaminación del aire.</b>	Consiste en inversiones o gastos corrientes directamente a medidas de reducción y lucha contra contaminación en el que incurren el sector público, sector empresarial. Estos esfuerzos financieros deben compararse con parámetros como utilidades, capital fijo, etc.	Tampoco se establece el detalle sobre que aspecto se trata de reducir. El costo de la reducción es un parámetro que se debe estudiar mas que el gasto que se reduce. Sin embargo, el gasto es mas fácil inventariar.	No disponible	No disponible
<b>Generación de desechos sólidos industriales (*)</b>	Se calcula a partir de la producción de desechos en unidades de peso. Además indica paulas de consumo de materia prima. La industria minera es una de las más genera desechos sólidos urbanos.	El indicador es la primera aproximación de la presión ambiental sobre el aire, el agua y las tierras. Los programas eficientes de sostenibilidad tratará de reducir la generación de desechos sólidos urbanos	No disponible	No disponible
<b>Gastos en gestión de desechos</b>	Cantidad de dinero público y/o privado gastado en la recogida y el tratamiento de desechos. La mala gestión de los desechos sólidos da lugar a epidemias y ha tenido repercusiones en el turismo y otros sectores de la economía	Es fácil medir el gasto en cuando a la gestión de los desechos sólidos, aunque parezca paradójico algunos tratamiento de desechos sólidos han traído otros problemas relacionados con acuíferos, propiedad de terrenos.	No disponible	No disponible
<b>Reciclado y reutilización</b>	Es uno de los parámetros fundamentales para la sostenibilidad, pues en el grado que un poblado recicle o reutilice los materiales puede mantener su calidad de vida.	Es difícil determinar la tasa efectiva de reciclado y reutilización, pues se debe separar por naturaleza a cada componente de los desechos sólidos. Sin embargo, no integra elementos como aceites y solventes.	No disponible	No disponible

### 3.4 Indicadores económicos en la minería

Indicador	Que establece	Limitaciones	Indicador nacional	Indicador minero
<b>Reservas comprobadas de minerales (*)</b>	Son todas las reservas que son comprobadas según la legislación vigente en cada país. Es el objetivo de cada empresa minera tener un potencial minero comprobado para realizar cualquier tipo de gestión.	Los distintos métodos para prospectar un yacimiento son variados, además los parámetros que hacen que una depósito pase a ser reservas son muy costosos. Pues no es lo mismo hablar de reservas que potencialidad en minería.	No disponible	No disponible
<b>Duración de las reservas comprobadas de minerales</b>	Se calcula el índice de vida de producción. Esta en función también del índice de consumo o ventas. Una vez se tiene el índice de vida de producción se toma en cuenta la tasa de recuperación de reservas.	Similar a caso anterior es difícil evaluar reservas, sin embargo la tasa de consumo o demanda, si se la puede calcular con mucha precisión	No disponible	No disponible
<b>Relación entre la deuda y utilidades</b>	Mide el grado de endeudamiento que posee cada empresa. Las obligaciones fiscales también pueden estar incluidas dentro de este indicador.	Este indicador y creemos que ninguno puede dar el real estado financiero de alguna empresa. El sobreenfauamiento puede tomarse con cautela, pues el indicador no identifica la distribución en el tiempo de las obligaciones.	No disponible	No disponible
<b>Aporte de la minería al PIB (*)</b>	Mide el grado en que el movimiento comercial influye en el PIB.	En el Ecuador debido a la falta de registros, y a la informalidad de las negociaciones, no se puede calcular el porcentaje de minerales que se venden de manera legal.		0,5% del PIB (1999)
<b>Inversión extranjera en actividades mineras (*)</b>	Este indicador no solo mide el grado de atracción que tiene el Ecuador, en cuestión minera, sino para evaluar la función de los incentivos en las aplicaciones sustentables.	Al igual que los gastos, la estimación inversión sería más útil si se pudiera desglosar el rubro en categorías.		6 Millones de USD
<b>Producción minera total por minero (*)</b>	Este indicador mide la productividad de las actividades mineras en el país. Además, mide la evolución de las actividades de la minería, y ayuda a tener un mayor control tributario.	Aunque pueda controlarse el crecimiento de toda la minería, sería mejor en términos de fijar estrategias para el crecimiento sostenido que pueda establecerse un estándar como por Ej) metales, no metales, calizas, minerales industriales, oro, plata.		2,25-56 US\$/minero 20,01 minero calazarmer 0,25 kg oro/minero

(\*) También se puede relacionar con números de personas dependientes de la minería como empleados, se estima que la empleados mineros es de 92,000 personas los cuales pueden servir de denominador en los indicadores para evaluar su evolución

#### **IV.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Partiendo de lo anteriormente dicho, se tiene que en el País no se lleva control alguno sobre las emisiones, además que no existe una figura institucional real que regularice y que pueda sancionar a los infractores de cualquier tipo de daño medioambiental. Además, para que exista un proceso de desarrollo sostenido, la gestión medioambiental debe estar basado en datos pertinentes y asequibles, por lo que es imperativo establecer alguna institución que monitoree y controle los indicadores ambientales y sociales en los distintos puntos que están asentados las zonas mineras. Además, debe establecer prioridades en los objetivos sociales como vivienda, servicios básicos, salud y educación para mejorar en dentro del marco del desarrollo sustentable

Por otro lado, las estrategias de desarrollo sustentables, debe ser participativa en el sentido de llegar a un consenso en los objetivos y medios para lograr las metas propuestas. Dentro del Ecuador, ese ha sido el principal problema: la falta de comunicación. Además, que estos medios de comunicación y transferencia de información este disponible para todos los implicados en la actividad minera. Por lo tanto, toda actividad minera debe ampararse en la figura legislativa de la “Consulta Previa” para obtener este consenso que ayude al desarrollo minero en el País.

Como la actividad minera es relativamente nueva, la legislación ha tenido que transformarse paulatinamente hasta que, amparado en la Ley de Modernización del Estado, actualmente esta en un proceso de descentralización. Por lo que, la responsabilidad recae sobre entidades locales que todavía están “adaptándose” a sus nuevas responsabilidades.

Por último, también es importante para las actividades mineras el acceso a capitales frescos e inversión extranjera, que ayude a la investigación, desarrollo y capacitación de los grupos inmersos en el desarrollo sustentable de la minería. Sin embargo, en

el Ecuador con tasas de interés del 15-22% con que se manejan los bancos en el Ecuador, es muy difícil tomar la decisión de llevar a cabo tales empresas, pues deberían tener un periodo de recuperación de capital muy corto, lo que no es el caso de las actividades mineras en el Ecuador, debido a la incertidumbre geológica e inestabilidad económica. Por lo tanto, es casi nulo el acceso a créditos para el desarrollo de la minería.

## **V. BIBLIOGRAFÍA**

COMISIÓN DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS NACIONES UNIDAS, Agenda 21, Indicadores del Desarrollo sustentable para los países, 1992

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Informe económico, 2002

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, Informe situación socioeconómica por provincias en el Ecuador, 1997

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA, Informe de Catastro minero del Ecuador, 2000

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Reglamento ambiental para explotaciones mineras en el Ecuador, 2001

## **INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA ESPAÑOLA**

*Dr. Arsenio González Martínez e Domingo Carvajal Gómez*

Red CYTED XIII-D - Universidad de Huelva - Escuela Politécnica  
Superior - Campus de La Rábida  
21819-Palos de la Frontera. Huelva. España  
[arsenio@uhu.es](mailto:arsenio@uhu.es) e [dcarvaj@uhu.es](mailto:dcarvaj@uhu.es)

---

### **RESUMEN**

En la literatura especializada en indicadores de sostenibilidad en la Unión Europea y en indicadores ambientales en España hay un hueco importante en lo referente a los recursos naturales no renovables, por lo que no se pueden medir los progresos en la dimensión medioambiental de las empresas mineras y si las actuaciones se ajustan a la Estrategia de Desarrollo Sostenible que preconiza desde hace años la Unión Europea y por la que viene apostando de manera decidida a través de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

Por la importancia de la temática y de la industria extractiva en España, en esta ponencia se hace un estudio de la situación de los indicadores de sostenibilidad y se proponen algunos desde el punto de vista cualitativo basados en la experiencia de los autores, con la finalidad de contribuir a recorrer el camino de la necesidad de una minería cuya sostenibilidad pueda ser evaluada cuanto antes mediante índices que permitan conocer el progreso en el cumplimiento de los compromisos medioambientales por parte de las empresas mineras, comparar unas actuaciones con otras y servir de base para el diseño de la gestión medioambiental en minería.

## **1. EL MARCO DE LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA**

La necesidad de medir y establecer comparaciones que permitan a los responsables de las políticas medioambientales disponer de información relevante que conduzca a establecer medidas de control y gestión de la sostenibilidad de los recursos naturales, conduce a potenciar hoy día la investigación de los denominados *indicadores ambientales* (Jiliberto, 1996).

Los *indicadores de sostenibilidad* son una categoría de indicadores medioambientales utilizados para medir los progresos en la dimensión medioambiental en una estrategia de desarrollo sostenible (EEA, 2002).

Puesto que se pueden definir muchos indicadores es necesario optimizar su elección para permitir recoger la mayor información posible con el menor número de indicadores. Ésta no es una tarea fácil, puesto que se necesitan estudios detallados y experiencia.

El estudio mas serio que a este respecto se ha realizado en España ha ido encaminado a presentar una primera propuesta de indicadores ambientales (Jiliberto, op. cit.), basada en el sistema de presión-estado-respuesta, que ha sido adoptado por los países que integran la OCDE -Organisation de Coopération et de Développement Economiques- y que desarrolla lo que en este campo se hace en las principales organizaciones a nivel internacional (Unión Europea, Canadá, Suecia, etc.).

En los criterios de ordenación que se han seguido para ello prevalece la definición de áreas en base a grandes medios (atmósfera, residuos, agua, etc.). El esquema propuesto consta de cuatro áreas principales, dividiéndose a su vez el área de recursos naturales en cinco subáreas:

1. Atmósfera
2. Residuos

3. Medio urbano
4. Recursos naturales
  - 4.1. Biodiversidad
  - 4.2. Bosques
  - 4.3. Costas
  - 4.4. Medio marino
  - 4.5. Suelo
  - 4.6. Agua

Con el fin de seleccionar la información adecuada para el seguimiento de los objetivos de sostenibilidad las áreas se estructuran en temas ambientales –son temas relevantes de carácter ambiental- y dentro de cada área y para cada tema ambiental se han seleccionado una serie de indicadores que responden a su vez a un marco de causalidad (presión-estado-respuesta), que no pretende otra cosa que vincular los efectos de las actividades humanas sobre el estado del medio ambiente y la respuesta social que modula esas actividades a favor de una aproximación a un cierto equilibrio ecológico.

En el siguiente cuadro se muestra la estructura de la propuesta del sistema español de indicadores ambientales (Jiliberto, op. cit.).

ÁREAS DE POLÍTICA →		TEMAS AMBIENTALES →	INDICADORES TEMÁTICOS(*) DE PRESIÓN-ESTADO RESPUESTA
ATMÓSFERA		Destrucción capa de ozono	Espesor de la capa de ozono
		Calentamiento global	Emisiones de CO <sub>2</sub>
		Acidificación	Emisiones de SO <sub>2</sub>
		Contaminación fotoquímica	Inmisiones de NO <sub>2</sub> en medio urbano
RESIDUOS		Eliminación de residuos	Producción neta de residuos tóxicos y peligrosos Volumen de fangos generados en depuradoras
MEDIO URBANO		Contaminación atmosférica	Inmisiones de SO <sub>2</sub> respecto a valores legislados
		Deterioro urbanístico	% de población con ordenanzas de ruido Superficie de zonas verdes por habitante
RECURSOS NATURALES	BIODIVERSIDAD	Pérdida de especies y ecosistemas	Especies vulnerables y en peligro de extinción
			Índice de intensificación agrícola
	BOSQUES	Calidad y extensión del bosque	Tasa de variación de la masa forestal
	COSTAS	Cambio de los usos del medio	% de la superficie de la costa ocupada por construcciones
			Contaminación
	MEDIO MARINO	Sobreexplotación	Capacidad de pesca en aguas jurisdiccionales
			Contaminación
	SUELO	Pérdida de suelo	Repoblación hidrológico-forestal
AGUA	Calidad de agua	Longitud de río con calidad de agua mala	
	Cantidad de agua	Sobreexplotación de acuíferos	
<b>9 ÁREAS Y SUBÁREAS</b>		<b>18 TEMAS</b>	<b>79 INDICADORES</b>

(\*) Solo se recogen en este cuadro algunos de los 79 indicadores seleccionados

### **Estructura de la propuesta del sistema español de indicadores ambientales (Jiliberto, 1996)**

Es de resaltar que en esta propuesta el uso sostenible de los recursos naturales susceptibles de explotación engloba a los recursos renovables y no contempla los recursos mineros.

Particularizando en la Comunidad Autónoma Andaluza, en la que ejercemos nuestras actividades, es de interés para el contexto de

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*

nuestra ponencia el indicar que el Plan de Medio Ambiente de Andalucía 1995-2000 (CMA, 1995) ya estableció siete temas o áreas de actuación (que eran de preocupación prioritaria de la Unión Europea en materia de medio ambiente en los años noventa, y que lo siguen siendo en la actualidad):

1. Cambio climático
2. Acidificación y calidad de la atmósfera
3. Biodiversidad y protección de la naturaleza
4. Gestión de las aguas
5. Medio ambiente urbano
6. Zonas costeras
7. Gestión de residuos

Para la actuación en estas temáticas se desarrollaron instrumentos y medidas como las siguientes:

- mejora de la información sobre el medio ambiente
- investigación científica y desarrollo tecnológico
- planificación sectorial y espacial
- fijación correcta de precios
- mejora de la información pública y la educación ambiental
- formación profesional y continua
- asistencia financiera

Al describir la situación ambiental de los recursos naturales de Andalucía el plan dedicó solo unas líneas para decir algo obvio como es el que las reservas del subsuelo constituyen uno de los más claros ejemplo de lo que son los recursos no renovables.

El plan justificó la decadencia de la minería andaluza por la crisis generalizada de la minería mundial, lo que hace que la rentabilidad de muchas explotaciones se baja en comarcas mineras que en tiempos fueron de gran riqueza (Linares-La Carolina, en la provincia de Jaén; faja pirítica de Huelva-Sevilla; cuenca del Guadiato, en la provincia de Córdoba).

A semejanza con lo que se ha expuesto antes, el plan tampoco planteó el estudio de las repercusiones medioambientales de la minería mediante el uso de indicadores, y ello a pesar de que la minería contribuye con el 12% de la producción bruta de la industria andaluza.

En cambio, el plan reconoció proporcionar el marco de un nuevo planteamiento del medio ambiente en Andalucía para lograr el desarrollo sostenible y fija los indicadores de evaluación y seguimiento del mismo (CMA, op. cit.):

1. Indicadores físicos
  - 1.1. Indicadores del plan de medio ambiente urbano
  - 1.2. Indicadores del plan de biodiversidad
  - 1.3. Indicadores del plan forestal andaluz
  - 1.4. Indicadores del plan de litoral
  - 1.5. Indicadores del plan de agua
  - 1.6. Indicadores del plan de fomento de actividades compatibles con el medio ambiente
2. Indicadores financieros

En la información pública sobre protección ambiental en la Comunidad autónoma de Andalucía (JA, 1999) se describen las principales amenazas al medio ambiente (no se cita para nada la industria extractiva):

- La contaminación atmosférica

- El agua
- La desaparición de los bosques
- El agujero de ozono
- La erosión y la desertización
- El efecto invernadero
- La energía
- Los residuos

A nivel internacional la utilización de indicadores medioambientales para medir el comportamiento ecológico de las empresas ha recibido un gran impulso con la presentación del informe 2001 Environmental Sustainability Index, en la última reunión del World Economic Forum, celebrada en enero de 2001 en Davos (Suiza). Allí se hizo público el resultado de la colaboración entre el grupo de trabajo de Medio Ambiente -Global Leaders for Tomorrow (GLT)- del World Economic Forum's, el Centro para la Política y la Legislación Medioambiental de la Universidad de Yale y la Universidad de Columbia –a través de su Centro para la Red de Información de la Ciencia de la Tierra–. En dicho informe queda claro que medir la sostenibilidad medioambiental de un país o un sector puede ser complicado si no se utilizan indicadores que sean comparables.

El informe recoge un análisis de los progresos realizados por 122 países desde el punto de vista de su sostenibilidad. Es decir, según su capacidad para poner en práctica el concepto de desarrollo sostenible –aquél que permite el desarrollo actual sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades–. Los índices pretenden medir de forma numérica los esfuerzos ecológicos de un país, un sector o, incluso, una empresa, a través de variables como emisiones a distintos medios, consumo y ahorro de agua, generación de residuos e impacto en los ecosistemas.

El estudio se basa en el análisis de 22 indicadores que combinan 6 variables que, a su vez, dan lugar a 67 diferentes (Fernández, 2001; WEF, 2001; [www.weforum.org](http://www.weforum.org)). A partir de esta información, las universidades y organismos responsables del informe han tratado de establecer un índice de sostenibilidad medioambiental –*Environmental Sustainability Index (ESI)*–. El índice pretende ofrecer una base de comparación de las condiciones medioambientales de diferentes países. También pretende convertirse en un apoyo a la toma de decisiones sobre la aplicación de políticas ecológicas.

En general, un índice elevado indica que un país ha logrado un alto nivel de sostenibilidad medioambiental. En cambio uno bajo indica que el país está teniendo problemas para lograr un comportamiento sostenible.

El principal problema que presenta el uso de indicadores de sostenibilidad es la falta de comparabilidad de los datos ecológicos que se utilizan como punto de partida. El archivo y la organización de toda esta información es, según el estudio, una de las prioridades a nivel local, nacional e internacional.

Además, según el informe, "las condiciones económicas afectan, pero no determinan, los aspectos medioambientales". La comparación entre diferentes indicadores revela que las decisiones en ambos campos no siempre van de la mano.

Entre los retos a afrontar en los próximos años el principal parece centrarse en definir con claridad los conceptos más utilizados y tratar de armonizar su utilización. Entre estos conceptos, se encuentra el de la triple base –triple bottom line–, que defiende la realización de esfuerzos en tres vertientes: la económica, la social y la medioambiental. Los expertos están de acuerdo, además, en que el índice de sostenibilidad debe basarse en una serie de componentes comunes. Así, destacan como aspectos clave la reducción de los problemas ecológicos, la vulnerabilidad humana, los sistemas

medioambientales –entendidos como diferentes medios– y la capacidad social e institucional.

Los principales índices de sostenibilidad propuestos son (WEF, op. cit.):

**Sistemas medioambientales:**

- Calidad del aire
- Cantidad de agua
- Calidad del agua
- Biodiversidad
- Sistemas territoriales

**Reducción contra el agotamiento de recursos:**

- Prevención de la contaminación del aire
- Minimización del consumo de agua
- Reducción del agotamiento de los ecosistemas.
- Lucha contra las presiones sobre residuos y consumo
- Medidas contra las presiones sobre la población

**Reducción de la vulnerabilidad humana:**

- Necesidades básicas de las personas
- Salud medioambiental

**Capacidad social e institucional:**

- Ciencia y tecnología
- Regulación y gestión
- Responsabilidad del sector privado
- Ecoeficiencia
- Distorsiones de los mecanismos públicos

**Comportamiento global**

Las conclusiones del estudio fueron:

- La sostenibilidad medioambiental puede ser medible a través de indicadores.

- Se han detectado más de 67 variables dentro de 22 indicadores que permiten crear ratios de sostenibilidad en 122 países.
- Los índices permiten establecer una comparación, a través de la técnica de benchmarking<sup>1</sup>, de las condiciones medioambientales en diferentes países y la posibilidad de los responsables de la toma de decisiones sobre la necesidad de cambios ecológicos con una base analítica rigurosa.
- Las condiciones económicas afectan, pero no determinan, los aspectos ambientales.
- La incomparabilidad de datos ambientales limita la medición de la sostenibilidad.

Entre las múltiples acciones emprendidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente para poner de manifiesto el interés de los indicadores de sostenibilidad destaca la propuesta a la Cumbre de la Unión Europea, celebrada en Barcelona en marzo de 2002, para que ésta conceda por fin al medio ambiente el puesto que legítimamente le corresponde (EEA, 2002). Para ello la Agencia aportó datos y evaluaciones de los indicadores de sostenibilidad utilizados por la Unión Europea para medir los progresos en la dimensión medioambiental de la Estrategia de Desarrollo Sostenible:

- Cambio climático
- Transporte
- Producción y uso de energía

---

<sup>1</sup> Proceso de identificar, entender, y adaptar prácticas excepcionales (las mejores al mas bajo costo) con el fin de ayudar a mejorar el funcionamiento de organizaciones en cualquier lugar del mundo. Es una práctica altamente respetada en el mundo del negocio. Es una actividad que mira hacia fuera para encontrar la mejor práctica y el alto rendimiento y después mide operaciones de negocio reales de acuerdo con esas metas.

- Salud pública en su relación con la contaminación urbana
- Producción y gestión de residuos urbanos

Aunque está previsto que en el futuro se irán perfeccionando y ampliando los indicadores lo cierto es que en esa lista tampoco aparecen indicadores para medir la sostenibilidad de la industria extractiva, y ello a pesar de filosofías tan interesantes como la manejada en esa Cumbre “*el cambio climático, el transporte, la energía, los residuos o el turismo se encuentran entre las fuerzas motrices y presiones sobre el medio ambiente que de uno u otro modo se reflejan en el paisaje y el territorio; de hecho, el paisaje y el territorio puede considerarse como una metáfora del medio ambiente: el desarrollo sostenible es en gran parte uso sostenible del suelo y del territorio*”.

A raíz de esta Cumbre de Barcelona los Estados miembros de la Unión han pedido ya que se incluyan entre los indicadores de desarrollo sostenible los cambios en los usos del suelo y del territorio y sus relaciones con la protección de la naturaleza y la biodiversidad, entre otros asuntos.

Como sabemos, la minería tiene mucho que decir en todo esto, pero lo cierto es que de momento no se la considera.

El día en que indicadores de sostenibilidad para la industria extractiva figuren en esa lista se habrá dado un gran paso en el espacio europeo e internacional, ya que hay que indicar que la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) es la principal fuente de información para la Unión Europea y sus Estados miembros a la hora de desarrollar políticas medioambientales. La Agencia tiene como objetivo apoyar el desarrollo sostenible y ayudar a conseguir una mejora significativa y cuantificable del medio ambiente europeo facilitando una información actualizada, específica, pertinente y fidedigna a los responsables de la política medioambiental y al público en general. Creada por la Unión Europea en 1990 y operativa en Copenhague desde 1994, la AEMA constituye el eje central de la

Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (EIONET), una red de cerca de 600 organismos a través de la cual la Agencia recopila y difunde datos e información relacionados con el medio ambiente. La Agencia, abierta a todas las naciones que compartan sus objetivos, cuenta en la actualidad con veintinueve países miembros: los quince Estados miembros de la Unión Europea; Islandia, Noruega y Liechtenstein (miembros del Espacio Económico Europeo) y once de los trece países de Europa central y del este y de la zona mediterránea candidatos a la adhesión a la UE: Bulgaria, Chipre, la República Checa, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Rumania, Eslovenia y la República Eslovaca. La incorporación de estos países convierte a la Agencia en el primer organismo de la UE en admitir a países candidatos a la adhesión a la UE. Se prevé que los dos países candidatos restantes, Polonia y Turquía, ratifiquen sus acuerdos en los próximos meses. Con ello, los países miembros de la Agencia sumarán treinta y uno. Además, están en curso negociaciones con Suiza.

En el VI Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de Medio Ambiente 2001 – 2010 (CCE, 2001) se da un paso interesante al incluir la gestión sostenible de los recursos no renovables. ¿Podría la industria extractiva encontrar en este programa la oportunidad y el lugar que le corresponden? ¡habrá que esperar!.

De momento, lo cierto es que representa el único programa en donde se apuesta decididamente por la gestión medioambiental de los recursos.

Este nuevo programa establece objetivos medioambientales para los próximos 10 años y más allá, y determina las medidas que es necesario adoptar en un plazo de 5 a 10 años para alcanzarlos. Aunque el programa se centra en medidas y compromisos que hay que asumir a nivel comunitario, indica también las medidas y responsabilidades que es preciso adoptar a nivel nacional, regional y local, así como en los distintos sectores económicos.

Las conclusiones de la evaluación global y de los informes sobre el estado y tendencias del medio ambiente han orientado al programa hacia una serie de cuestiones prioritarias, que se han agrupado en cuatro temas principales (CCE, op. cit.):

1. Resolver el problema del cambio climático
2. Naturaleza y biodiversidad: proteger un recurso único
3. Medio ambiente y salud
4. Gestión sostenible de recursos naturales y residuos.

El programa será objeto de una revisión en 2005, y se modificará y actualizará si resulta necesario a la vista de la evolución de la situación y para tener en cuenta nuevos datos.

La filosofía del programa se basa en que el uso prudente de los recursos naturales del planeta y la protección del ecosistema mundial son factores indispensables para un desarrollo sostenible, además de para la prosperidad económica y un desarrollo social equilibrado. El bienestar a largo plazo de la sociedad en Europa y el mundo, y el patrimonio que dejaremos a nuestros hijos y nietos dependen de que el desarrollo sea sostenible. El programa señala los problemas ecológicos que tienen que solucionarse para que el desarrollo sea sostenible:

- cambio climático
- utilización excesiva de recursos naturales renovables y no renovables
- pérdida de biodiversidad
- acumulación de sustancias químicas tóxicas y persistentes en el medio ambiente.

El programa propone cinco estrategias prioritarias que ayudarán a cumplir los objetivos medioambientales:

- La primera consiste en mejorar la aplicación de la legislación vigente
- La segunda tiene por objeto integrar la problemática ambiental en las decisiones que se adoptan en otras políticas
- La tercera pretende encontrar nuevas vías para trabajar de forma más estrecha con el mercado a través de empresas y consumidores
- La cuarta busca capacitar a cada ciudadano para permitirle modificar su comportamiento
- La quinta, por último, está orientada a perfeccionar la planificación y gestión de los usos del suelo

Por el interés colateral que tiene con la temática objeto de la ponencia, analizamos brevemente la estrategia de utilización sostenible de los recursos naturales y gestión de residuos.

El objetivo de esta estrategia es el de conseguir que el consumo de recursos renovables y no renovables no supere la capacidad de carga del medio ambiente; disociar consumo de recursos y crecimiento económico mediante un aumento notable de la eficiencia de los recursos, la desmaterialización de la economía y la prevención de los residuos.

Los recursos del planeta, sobre todo recursos renovables como el suelo, el agua, el aire y la madera, soportan una fuerte presión de la sociedad humana. Se necesita una estrategia centrada en medidas tales como impuestos e incentivos, que garantice una explotación más sostenible de los recursos. El volumen de residuos generados va a seguir aumentando si no se toman medidas correctoras. La prevención de los residuos va a ser un elemento fundamental del planteamiento de la política integrada sobre los productos. Es preciso adoptar otras medidas para impulsar el reciclado y el aprovechamiento de residuos.

El uso de recursos no renovables como los metales, los minerales y los hidrocarburos y la producción de residuos que generan tienen numerosas repercusiones sobre el medio ambiente y la salud de las personas. El consumo de recursos no renovables limitados nos pone asimismo ante el dilema moral de decidir la cantidad de recursos que podemos utilizar hoy y la cantidad que tenemos que dejar a las generaciones futuras, pero esta cuestión no es estrictamente de naturaleza medioambiental y es preferible tratarla dentro de una estrategia global de desarrollo sostenible.

La estrategia de la Unión Europea sobre el uso sostenible de los recursos no renovables pasa por establecer el marco político adecuado que permita definir criterios para fijar dos prioridades básicas:

- a) la necesaria realización de las tareas de análisis y de recogida de datos para determinar los recursos que están en una situación más preocupante; estos criterios deberán servir para determinar si los daños causados al medio ambiente por el uso de un recurso concreto amenazan con ser a largo plazo e irreversibles, si pueden encontrarse sustitutos para las generaciones futuras, etc.
- b) aplicar medidas políticas específicas que permitan reducir el consumo de estos recursos, por ejemplo modificando las condiciones de la demanda, mejorando la eficacia de su uso e impidiendo su despilfarro aumentando los porcentajes de reciclado económico.

Entre las medidas que podrían figurar en una estrategia temática como la indicada cabe mencionar:

- La investigación y el desarrollo tecnológico de productos y procesos de fabricación que consuman menos recursos
- Programas de fomento de las mejores prácticas destinados a las empresas

- Traslado de la carga fiscal al uso de los recursos naturales, la creación de un impuesto sobre las materias primas y el uso de otros instrumentos económicos, tales como el comercio de los derechos de emisión, para alentar a las empresas a adoptar tecnologías, productos y servicios que hagan un uso eficaz de los recursos
- Eliminación de los subsidios que fomentan el uso excesivo de recursos
- Integración de consideraciones de uso eficaz de los recursos en la política integrada de productos, planes de etiquetado ecológico, políticas ecológicas de contratación pública y un sistema de presentación de informes sobre el medio ambiente.

Entre las contribuciones recientes a nivel internacional para la búsqueda y definición de indicadores de sostenibilidad para la industria extractiva y para la discusión de su credibilidad caben destacar las de Azapagic (2000), Forero (2000) y Vargas (2000).

En base a ellas, formulamos a continuación una propuesta de indicadores para la industria extractiva española.

## **2. PROPUESTA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PARA LA INDUSTRIA EXTRACTIVA**

El planteamiento para nuestra propuesta parte de la base de que un indicador de sostenibilidad es diferente de un indicador ambiental.

En la industria extractiva son conocidos muchos indicadores, esencialmente de impacto ambiental (por ejemplo acidez del agua, partículas en el aire, nivel de ruido, etc.), pero solo se han definido unos pocos indicadores de sustentabilidad (Azapagic, op. cit.; Vargas, op. cit.) y algunos de ellos son engorrosos a la hora de cuantificarlos (Forero, op. cit.).

Por eso pretendemos ir más allá y proponer *indicadores cualitativos de sostenibilidad*, simples de evaluar pero definitorios del estado de sustentabilidad de la industria extractiva y con validez universal para cualquiera que sea el sector de que se trate.

La metodología que proponemos se basa en la realización de un *test de sostenibilidad* a la empresa minera de que se trate. El soporte del test son indicadores de sostenibilidad, cada uno de los cuales se evalúa con respuestas si/no a una serie de preguntas sencillas pero que responden a acciones claves por parte de la empresa minera.

A partir de dicho test se define un *índice de sostenibilidad global (ISG)*:

$$\text{ISG}(\%) = \frac{\left[ \frac{\sum (\text{CT} + \text{CA} + \text{CEL} + \text{CSC})}{\text{SI}} \right] \times 100}{\text{Total acciones}} = \frac{\left[ \frac{\sum (\text{CT} + \text{CA} + \text{CEL} + \text{CSC})}{\text{SI}} \right] \times 100}{28}$$

Si el ISG > 50% la actividad extractiva se encontraría en el campo de la sostenibilidad y sería tanto más sustentable cuanto más se aproximara a 100.

Si el ISG < 50% la actividad extractiva entraría en el campo de la no sostenibilidad y por tanto la empresa minera debería de revisar a fondo todas las acciones que lleva a cabo.

En el siguiente cuadro se muestran los indicadores de sostenibilidad propuestos.

Nombre del indicador	Tipo de acción	Cumple la acción	
		SI	NO
CARACTERIZACIÓN TÉCNICA <u>CT</u>	¿Se conoce el modelo genético de yacimiento?		
	¿Existe una planificación del uso y gestión de las reservas?		
	¿Existe una caracterización geomecánica de la explotación y su entorno?		
	¿Existe un sistema de gestión integral del agua?		
	¿Existe un programa de prevención de riesgos laborales?		
	¿Existe un plan de ordenación del territorio minero?		
	¿Está optimizado el método de explotación?		
	¿Se ha obtenido alguna certificación de gestión de la calidad (ISO 9000)?		
	¿Existe plan de cierre de la actividad minera?		
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL <u>CA</u>	¿Existe programa de seguimiento y control de emisiones?		
	¿Se ha obtenido alguna certificación de gestión ambiental (ISO 14000)?		
	¿Existen estudios de evaluación de impacto ambiental del proyecto explotación?		
	¿Se cumple el plan de restauración minera?		
	¿Ha tenido la empresa minera alguna auditoría ambiental?		
	¿Se sigue algún programa de minimización de residuos (vertido cero)?		
CARACTERIZACIÓN ECONÓMICO-LEGAL <u>CEL</u>	¿Existe un plan de minimización de daños ambientales?		
	¿Se conoce el grado de cumplimiento de la normativa y legislación ambiental?		
	¿Se cumplen los requisitos administrativos, fiscales y laborales?		
CARACTERIZACIÓN SOCIO-CULTURAL <u>CSC</u>	¿Ha previsto la empresa algún fondo de garantía de sus actividades?		
	¿Hay transparencia informativa por parte de la empresa minera?		
	¿Existe compromiso y responsabilidad social de la empresa con sus empleados?		
	¿Se han emprendido actuaciones de protección y valorización del patrimonio?		
	¿Existen programas de formación continua y capacitación para el empleo?		
	¿Existen mecanismos de participación ciudadana en las decisiones de empresa?		
	¿Existe un estudio de demanda social del producto minero?		
	¿Existe vinculación de la empresa minera en Agendas 21 locales?		
¿Existe un estudio sobre repercusiones de la actividad minera en la población?			
	Σ		

### Disposición de indicadores y acciones para el test de sostenibilidad

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

Un ISG elevado indicaría que la empresa minera ha logrado un alto nivel de sostenibilidad medioambiental. En cambio un ISG bajo indica que la empresa minera está teniendo problemas para lograr un comportamiento sostenible.

Hay que resaltar que los indicadores propuestos son cualitativos, es decir no están basados en cantidades (medidas físicas), y que para su definición se han considerado los siguientes principios básicos (FEA, 1997; in Vargas, 2000):

- *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 empresa.
- *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 en todos los periodos y que se refieran a intervalos comparables.
- *Oportunidad*: que se determinen con intervalos cortos y suficientes y se evite la utilización de información extemporánea.
- *Claridad*: que sean claros y comprensibles para la empresa y el usuario, además coherentes y que se concentren en los aspectos esenciales.

El uso del sistema propuesto puede servir de base para definir planes de acción para el desarrollo sostenible de la industria extractiva, cuyo objeto sea la implementación de políticas que permitan avanzar a las empresas mineras y a la comunidad local donde se enmarcan hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental.

También podrán ser utilizados en la ordenación territorial de espacios mineros e incluso en la definición de ecosistemas estratégicos<sup>2</sup> (Agudelo, 2002).

## CONCLUSIONES

El marco de los indicadores de sostenibilidad en la industria extractiva española presenta por ahora un panorama poco alentador puesto que los programas (europeos, nacionales y regionales) de uso sostenible de los recursos naturales susceptibles de explotación se diseñan para los recursos renovables. Los recursos no renovables casi no se contemplan y los recursos mineros pasan totalmente desapercibidos.

Tomando como base la experiencia de los autores se propone un índice de sostenibilidad global basado en el uso de indicadores cualitativos de sostenibilidad para la industria extractiva.

La metodología de aplicación es sencilla y se basa en la formulación de un test de sostenibilidad a la empresa minera, con validez universal para cualquiera que sea el sector de que se trate.

## REFERENCIAS

Agudelo, L.C. (2002). **Indicadores de sostenibilidad y ordenación del territorio, huella ecológica y ecosistemas estratégicos**. Fac. Archit. Univ. Nac. Medellín. Colombia.  
<http://www.fescol.org.co/VLibrary/PDF/Conversatorio%20IV/Luis%20C%20Agudelo.pdf>

---

<sup>2</sup> Un ecosistema estratégico (EE) se define como una porción geográfica concreta, delimitable exactamente, en la cual la oferta ambiental, natural o inducida por el hombre, genera un conjunto de bienes y servicios ambientales imprescindibles para la población que los define como tales.

- Azapagic, A. (2000). **Indicators of sustainable development for the minerals extraction industry: environmental considerations.** *Technological challenges posed by sustainable development: the mineral extraction industries*, pp. 202-217. R. Villas Boas & L. Fellows Filho Eds. CYTED/IMAAC/UNIDO. Brasil.
- CCE (2001). **Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece el Programa Comunitario de Acción en materia de Medio Ambiente para 2001-2010.** *Comisión de las Comunidades Europeas*, 24.1.2001. COM (2001) 31 final. 2001/0029 (COD). Bruselas.
- CMA (1995). **Plan de medio ambiente de Andalucía 1995-2000.** Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- EEA (2002). **Información para mejorar el ambiente de Europa.** *Barcelona, lugar de encuentro de las dimensiones medioambiental, económica y social.* European Environment Agency. Copenhagen.
- FEA (1997). **A guide to corporate environmental indicators.** Federal Environmental Ministry and Federal Environmental Agency. Bonn. Berlin.
- Fernández, M. (2001). **El sector empresarial busca indicadores para medir su comportamiento medioambiental.** *Expansión Directo.* Secc. Medio Ambiente. <http://www.expansiondirecto.com/edicion/noticia/0,2458,2489,00.html+indicadores+de+sostenibilidad&hl=es>
- Forero, C.F. (2000). **Sustainability, indicators & credibility.** Inf. Jorn. Cyted-XIII IMAAC COPPER FORUM. *Technological challenges posed by sustainable development: the mineral extraction industries*, pp. 356-362, R. Villas Boas & L. Fellows Filho Eds. CYTED/IMAAC/UNIDO. Brasil.
- JA (1999). **Protección ambiental. Comunidad Autónoma de Andalucía.** Delegación Provincial de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Huelva.

Jiliberto, R. (1996). **Indicadores ambientales. Una propuesta para España.** Centro Public. Secretaría Gral. Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Vargas, E. (2000). **Indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las empresas mineras.** *Cierre de Minas, experiencias en Iberoamérica*, pp. 354-380. R. Villas Bôas y M<sup>a</sup> Laura Barreto Eds. CYTED/IMAAC/UNIDO. Brasil.

WEF (2001). **2001 Environmental Sustainability Index.** *Global Leaders for Tomorrow.* World Economic Forum. Ginebra. Suiza.

## INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA MINERÍA

*Jorge Martín Molina e Alejandro Cardona A*

INGEOMINAS

[jmolina@ingecom.gov.co](mailto:jmolina@ingecom.gov.co) / [alcardon@ingecom.gov.co](mailto:alcardon@ingecom.gov.co)

---

### INTRODUCCIÓN

La industria minera siendo una actividad económica de orden mundial, se encuentra enmarcada dentro del modelo y orden económico, socio – cultural y ambiental de los estados que realizan la actividad industrial minera.

Es a partir de este enfoque que se identifica para el proceso técnico minero compuesto por el reconocimiento, la prospección, la exploración, el procesamiento mineral, la transformación, el valor agregado y la disposición de desechos los actores principales de su desarrollo, El Estado, La comunidad y La Inversión Privada, cada uno de los cuales esta constituido por elementos, definidos como variables indispensables para lograr el crecimiento y el equilibrio del actor del cual forman parte integral.

Es el modelo bajo el cual interaccionan y están estrechamente ligados los actores principales y sus elementos, enfocado coherentemente de acuerdo a las ventajas comparativas existentes o creadas sobre los macro procesos de la industria minera, producción, valor agregado y comercialización, el soporte requerido para afrontar el desafío de la minería y los minerales de avanzar al desarrollo sostenible.

En este documento se pretende mostrar los actores y elementos de importancia preponderante en el desarrollo del sector minero y sobre los cuales se deben definir las estrategias y acciones que permitan el logro de los objetivos y metas de desarrollo

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

planteadas dentro de cada modelo económico y para las cuales se debe diseñar un sistema de indicadores que permita el monitoreo y el seguimiento de los resultados obtenidos.

El tema se desarrollará a partir de la identificación de cada actor y los elementos que lo constituyen y su relación con el sector minero, definiendo los factores críticos de éxito hacia los cuales se deben orientar las estrategias y acciones para el logro del desarrollo sostenible de la minería.

## **EL ESTADO**

Dentro de este marco conceptual El estado se identifica como el dueño, administrador y fiscalizador del recurso, además de facilitador de la inversión privada.

A partir de esta premisa, El estado se obliga como propietario del subsuelo y de sus recursos no renovables a la administración eficiente de los mismos sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a leyes preexistentes.

Es a través de la planificación efectiva del manejo y aprovechamiento de dichos recursos, direccionando estrategias y políticas que induzcan al crecimiento del sector dentro de un marco legal competitivo y estable y bajo la integración de todos sus actores que puede garantizar el desarrollo sostenible de la minería en beneficio de la sociedad.

### **Elementos de Desarrollo**

Los elementos principales y determinantes del desarrollo son La administración del Recurso, La Normatividad y La Institucionalidad.

### *Administración del Recurso*

Colombia que cuenta con ambientes de formación geológicos que han generado yacimientos productivos en otras naciones y con una tradición minera precolombina, muestra un modesto desarrollo de su industria minera, producto de un escaso conocimiento geológico y del potencial minero de su territorio.

Se requiere liderar por parte del estado, las campañas sistemáticas de prospección y exploración regional, con un adecuado cubrimiento del territorio nacional que proporcionen el conocimiento del subsuelo adecuado, como único medio de que el potencial geológico adquiera valor real, confirmando los modelos o hipótesis, planteados con base a la presencia de ambientes de formación y pase a ser potencial minero.

La información generada por este proceso, se debe plasmar en bases de datos y sistemas de información geográfica, con el objetivo de facilitar al inversionista una visión rápida del potencial y sirvan de soporte a la toma de decisiones sobre la ejecución de proyectos mineros.

La evaluación del recurso minero a partir de objetivos de exploración o “targets”, las reservas y la producción minera se fundamenta en ofrecer al inversionista la posibilidad de realizar sus propias proyecciones, teniendo en cuenta que la minería presenta largos plazos para lograr la consolidación y generar índices aceptables de rentabilidad.

### *La Normatividad*

El estado debe lograr el equilibrio de las normatividades que convergen en el desarrollo del sector minero, como lo son la *legislación ambiental*, la *legislación tributaria* y la *legislación laboral*, que potencialice los efectos de la *legislación minera* (código de minas) en la cual se debe establecer un marco regulatorio claro, para que los agentes relacionados con el sector puedan contar con una

normatividad coherente y ajustada en forma operativa a cada uno de ellos.

Colombia presenta un nuevo código de minas al cual se le deben monitorear los impactos sobre la competitividad minera del país, junto con el seguimiento a la evolución de la legislación minera en Latinoamérica y su interpretación en cuanto a los efectos de la posición competitiva del país, además se requiere implementar un proceso de reingeniería a la gestión de trámites minero ambientales para llevarlos a los tiempos mínimos requeridos, con el objetivo de obtener una ventaja comparativa.

Además se requiere el decreto reglamentario al código, el cual debe reforzar el espíritu expresado en el mismo, apalancando los criterios de transparencia, agilidad administrativa y no discrecionalidad, con implicación directa a todas las áreas, legal, fiscal, institucional y otras.

La ley de inversión minera es de reconocida necesidad y complementariedad con el código de minas, por lo cual se requiere la evaluación conjunta con las entidades responsables del proyecto de ley, esta debe tocar los puntos relacionados con la competitividad que el sector requiere para su desarrollo:

- Los esquemas de incentivos requeridos para el desarrollo de mecanismos adecuados de financiación minera por parte de la banca privada.
- Las condiciones favorables al desarrollo de infraestructura por parte del sector privado en regiones con potencial minero.

La carga fiscal del sector minero Colombiano es onerosa. La acción prioritaria a desarrollar se refiere a la revalidación conjunta con las entidades responsables no sólo de la carga total, sino también de los incentivos tributarios a la minería (Ciclo técnico y negocio minero) dadas sus características particulares.

### *Institucionalidad*

La autoridad minera y las entidades adscritas y vinculadas requieren una política sectorial integral y funcional con un nuevo enfoque de estado moderno y eficiente, orientada al logro de la estabilidad institucional benéfica para el desarrollo del sector a partir de las siguientes estrategias:

- Fomentar la competencia y la concurrencia de los empresarios a lo largo de la cadena productiva del sector minero energético (producción, valor agregado y comercialización).
- Garantizar el libre acceso a la infraestructura.
- Eliminar las barreras a la entrada de nuevos agentes en todas las actividades del sector.
- Racionalizar los subsidios e implantar una estructura de costos transparente para cada uno de los bienes y servicios de la cadena productiva minero energética.
- El sector propenderá por mecanismos que faciliten el cumplimiento de la normatividad ambiental.
- Disponer de una canasta de energéticos adecuada y suficiente para el país, generar a su vez excedentes de exportación para los mercados internacionales y asegurar un desarrollo sostenible de los mismos.
- Todos los proyectos del sector incorporarán la responsabilidad social con las comunidades y las áreas de influencia de los mismos.
- Buscar siempre claridad regulatoria y normativa del sector.

## **LA COMUNIDAD**

Es el segmento de la sociedad que recibe el impacto de la ejecución de la actividad minera y a su vez aporta bienes, servicios y fuerza laboral alrededor de los proyectos mineros. Así mismo, dadas las condiciones particulares de cada sitio donde se desarrolla la actividad minera, la comunidad mediante mecanismos de organización, tiene la posibilidad de constituirse en ejecutora de proyectos mineros viables y sostenibles.

Es importante resaltar que el acompañamiento del estado frente al desarrollo comunitario en términos operativos debe ser transitorio, y se debe realizar con un enfoque facilitador a la vinculación de capitales privados que soporten la sostenibilidad de las actividades previstas para el proyecto.

### **Elementos de desarrollo**

Los elementos definidos con preponderantes en la búsqueda del desarrollo de la comunidad son el bienestar, la capacitación y la formación y la organización.

#### *El Bienestar*

El bienestar para la comunidad es considerado como el equilibrio entre las tres dimensiones del desarrollo sostenible, identificadas como *el bienestar social*, en el cual los derechos de la comunidad no sean contrarios a los intereses nacionales; *el bienestar económico*, teniendo presente que la minería es o se puede constituir en el principal sustento de muchas regiones y *el bienestar ambiental*, partiendo de la sostenibilidad como base de los recursos de la comunidades futuras.

#### *La Capacitación y formación*

El aprovechamiento racional de los recursos mineros por parte de las comunidades, requiere de un proceso de aprendizaje que incentive el conocimiento aumentando *los niveles de capacitación y*

*formación* y conlleve a un proceso más rápido de aumento de la productividad. Dicho conocimiento se debe visualizar a una escala básica, vocacional, técnica y empresarial.

#### *La organización*

En cualquiera de sus formas, el hecho de sumar fuerzas siempre es considerado como ventaja sobre las actuaciones particulares, más aún si se considera la debilidad que la desorganización proporciona en el momento de competir en las actuales condiciones del mercado. El Código de Minas incentiva la creación de empresas solidarias, además de trazar acciones específicas y orientadas a las organizaciones comunitarias para el fortalecimiento de la actividad minera.

Es de resaltar que es a través de la organización comunitaria, como se puede lograr trascender de las actividades mineras marginales e ilegales, que afectan gran parte de los países latinoamericanos con impactos negativos en el medio ambiente y en el aprovechamiento de los recursos, a unidades mineras viables y sostenibles.

## **LA INVERSIÓN PRIVADA**

Partiendo del principio constitucional que reza que la actividad económica y la iniciativa privada son libres, dentro de los límites del bien común, el sector privado identifica como elementos necesarios para gozar su derecho los recursos, la inversión y la producción.

### **Elementos de desarrollo**

#### *Los Recursos*

No obstante ser el Estado propietario de los recursos naturales no renovables del subsuelo, es el sector privado quién deberá asumir la responsabilidad del *desarrollo de proyectos* de

explotación, generación de valor agregado y comercialización, en todas sus fases prefactibilidad, factibilidad, ingeniería básica, ingeniería de detalle y ejecución, de los recursos minerales ofrecidos como potencial minero por el estado, cumpliendo en forma taxativa con la ley minera vigente.

#### *La inversión*

Son los recursos financieros, aplicados a la adquisición de tecnologías y maquinaria, al desarrollo de la infraestructura requerida y a la inversión en capital de trabajo entre otros, requeridos por el sector privado para realizar la explotación, la transformación y la comercialización de un yacimiento minero.

Los recursos financieros requeridos para dicha *inversión*, pueden ser dispuestos directamente por los inversionistas y/o proporcionados por fuentes internas o externas de financiamiento.

#### *La producción*

Comprende la relación con los demás eslabonamientos alrededor de la actividad minera como lo son los insumos, la tecnología, la mano de obra, la comercialización, la infraestructura y el transporte, entre otros, dentro del proceso productivo mediante el cual el recurso minero se extrae y se transforma en un bien en el mercado (acompañado o no de un proceso que le genere valor agregado), sobre el cual le corresponde establecer *índices de productividad* competitivos que inciden directamente en los costos de la misma y determinan su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Adicionalmente, por ser el recurso de propiedad del Estado, la actividad productiva, específicamente el proceso extractivo, es generador de una renta para el estado (renta minera).

## **INDICADORES Y MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO**

La planeación estratégica es la herramienta que permite a partir de la conceptualización de la misión y visión del sector minero, elaborar un plan nacional de desarrollo minero que contenga las estrategias y acciones definidas para alcanzar los objetivos y las metas de desarrollo de los elementos, identificados como factores críticos de éxito, que induzcan al crecimiento del sector minero bajo la integración de sus actores.

El diseño de un sistema de seguimiento y control, con el cual se pueda medir la gestión del Estado frente al sector minero y los impactos que genere dicha gestión en la comunidad y la inversión privada, es una labor tan importante como el diseño de las estrategias y acciones para el desarrollo.

Este sistema de evaluación y seguimiento se fundamenta en una matriz en la cual se desagregan los actores, los elementos, los objetivos, las estrategias, las acciones y los indicadores que medirán estas.

Estos indicadores se pueden dividir en dos grupos, el primer grupo lo constituyen indicadores de producto y de gestión (out puts), en donde se observa el cumplimiento de las acciones para evaluar el desarrollo de las estrategias; el segundo grupo lo constituyen indicadores de resultado e impacto (out comes) y será con los que se realice el seguimiento al resultado o a los impactos ocasionados por la implementación de las estrategias sobre la comunidad minera y la inversión privada.

## CONCLUSIONES

Identificados los actores y sus elementos, los indicadores de producto y gestión y/o resultado e impacto se deben enfocar sobre la medición de los siguientes aspectos:

ACTOR	ELEMENTO	INDICADOR	
ESTADO	Administración del Recurso	Ambientes de formación	
		Conocimiento del subsuelo	
		Información	
		Evaluación del recurso minero	
	Normatividad	Legislación Ambiental	
		Legislación Tributaria	
		Legislación Laboral	
		Legislación Minera	
		Esquemas de Incentivos	
		Desarrollo de Infraestructura	
	Institucionalidad	Claridad regulatoria y normativa	
	COMUNIDAD	Bienestar	Bienestar social
			Bienestar económico
Bienestar ambiental			
La capacitación y formación		Niveles de capacitación y formación	
La organización		Organización comunitaria	
LA INVERSIÓN PRIVADA	Los recursos	Desarrollo de proyectos	
	La inversión	Niveles de inversión	
	La producción	Índices de productividad	

## INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN MINERÍA DE YACIMIENTOS METÁLICOS Y NO METÁLICOS EN VENEZUELA:

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Prof. MSc. *Alba J. Castillo*<sup>1</sup>, Br. *Aurora Piña*<sup>2</sup> y Br. *Sixto Jaspe*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instructor, Departamento de Minas, FI-UCV.

<sup>2</sup>Candidatos a Ingenieros de Minas, FI-UCV.

[castillo\\_alba@hotmail.com](mailto:castillo_alba@hotmail.com); [abetpinal@hotmail.com](mailto:abetpinal@hotmail.com);

[sixtojaspe@hotmail.com](mailto:sixtojaspe@hotmail.com).

---

---

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta la descripción de la propuesta de investigación: “Evaluación de Indicadores de Sustentabilidad para Optimización de Toma de Decisiones en la Creación de Distritos Mineros Sustentables”. Esta propuesta ha sido consignada por investigadores de la unidad docente Minería y Ambiente, ante el Ministerio de Ciencia y Tecnología, en Venezuela. La misma ha sido recibida con interés y entusiasmo por funcionarios de organismos públicos vinculados con la investigación científico-técnica y de administración de recursos naturales.

En el ámbito académico de educación superior en minería, particularmente de investigación, continúa pendiente en agenda la necesidad de la visión temporo-espacial de grupos de concesiones mineras, operando éstas simultáneamente en el espacio de un ecosistema particular, caracterizado por la coexistencia de cuencas hidrográficas, comunidades biológicas, comunidades indígenas; todos los cuales representan patrimonios naturales y culturales de la nación venezolana y de la comunidad mundial.

Por una parte, se ha alcanzado conocimiento sobre impacto ambiental acumulado, sea éste potencial o manifiesto. Por otra parte,

el conocimiento se ha alcanzado sobre estrategias de visualización de escenarios de riesgos y de oportunidades de negocios, usando herramientas de evaluación y diagnóstico de procesos. Ambos pueden ser aplicables en la gerencia moderna y en la gestión ambiental de la industria minera. Lo anterior puede ser incluido en la optimización de distritos mineros, operacionalizando así el concepto de Desarrollo Sustentable; adecuando las fases iniciales del proceso minero, como el cálculo de reservas minerales sustentables y la creación de distritos mineros sustentables.

## **JUSTIFICACIÓN**

La tradición minera que caracteriza a Venezuela es modesta, desde el punto de vista de la diversidad de rubros minerales, escala de producción mineral, estructura organizacional, capital de inversión y cuota de producto interno nacional. No obstante, el sector productivo primario ha venido creando las oportunidades de negocios, a la vez que reconociendo las diversas limitaciones para la expansión de la industria minera, mostrando interés en potenciar la producción nacional de rubros comerciales para el consumo interno y para la exportación.

Las actividades de exploración y cálculo de reservas minerales han sido importantes, pero aun no cumplen las expectativas de quienes reconocen el potencial geológico en la geografía nacional. Venezuela posee un significativo potencial minero en renglones metálicos y no metálicos distribuidos en su geografía. Yacimientos de importancia como los distritos metálicos en el estado Bolívar, en la región amazónica de Venezuela; los yacimientos carboníferos en la cuenca occidental, estados Falcón y Zulia y yacimientos de minerales industriales en la región norte, cordilleras de la Costa, Oriental y de los Andes.

Por su parte, el poder ejecutivo del Estado venezolano ha venido realizando cambios en el ámbito organizacional y procedimental a los fines de ordenar el territorio y el ambiente, desburocratizando, en lo posible, los trámites de solicitud de concesiones mineras y de ocupación del territorio y afectación de recursos naturales y aumentando las oportunidades de fiscalización de operaciones mineras en desarrollo y en vísperas de su puesta en marcha. Los entes de protección del ambiente han aumentado las presiones de a partir de 1992, con la aprobación de la Ley Penal del Ambiente y las Normativas Técnicas Ambientales.

La Constitución Bolivariana de Venezuela (1999) incluye el capítulo declarativo de los Derechos Ambientales, elevando el modelo de desarrollo sustentable a la declaración de principios, así como el capítulo declarativo de los Derechos de los Pueblos Indígenas, reconociendo su existencia y el respeto al aprovechamiento de los recursos naturales en los hábitats indígenas. Por otra parte, con rango supranacional, Venezuela es signataria de las convenciones fundamentales de la Cumbre de Río, 1992: Cambio Climático, Biodiversidad y Lucha contra la Desertificación.

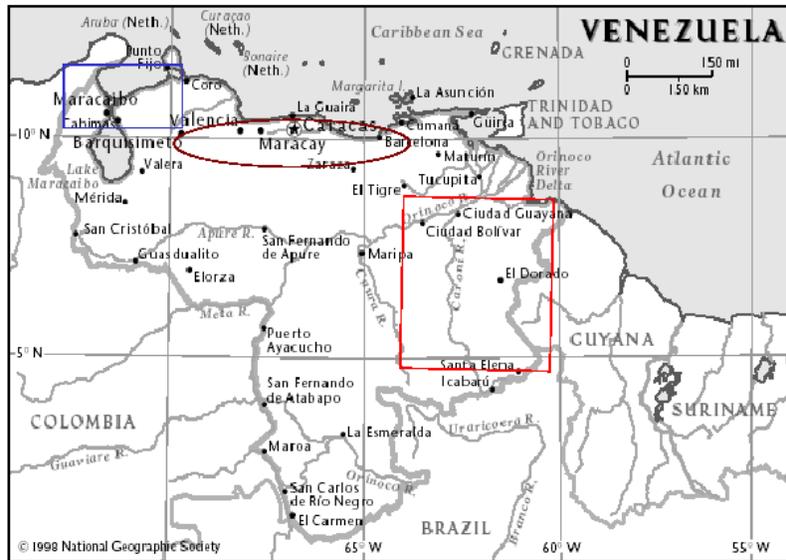
La estrategia de búsqueda de acuerdos en materia minera y de conservación ambiental permite aprovechar el potencial minero nacional y refrendar los acuerdos internacionales de protección ambiental, incorporando los indicadores de sustentabilidad en la toma de decisiones en programas de desarrollo. El Capítulo 8 de la Agenda 21 sobre Adopción de Decisiones en Programas de Desarrollo constituye la justificación principal para esta búsqueda de concertación entre el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza. Asimismo, se busca la atención a los acuerdos internacionales en materia de protección de la biodiversidad, el control de las tasas de cambio climático, para atenuar el calentamiento global y el control y lucha contra la sequía y la desertificación, con disminución de la tasa de deterioro de fuentes de agua fresca.

Finalmente, la realidad nacional en materia minera, es compleja, específicamente las dificultades tradicionales del Estado venezolano para organizar la industria extractiva de oro y diamantes. Estas dificultades demandan condiciones jurídicas estables y claras, incentivos económicos atractivos, igualdad de oportunidades a los interesados en la extracción de estos rubros minerales, con pequeña y mediana producción, respeto a la ocupación tradicional de los territorios con concentraciones minerales de interés económico, a la vez que garantías de sustentabilidad en el espacio territorial.

## **ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

La Figura 1 muestra un mapa de Venezuela con indicación de las áreas seleccionadas para la identificación de indicadores locales de sustentabilidad, para la industria extractiva venezolana de los metales hierro y oro; energética del carbón y de los minerales industriales: arcillas, calizas y feldespato. El objetivo de esta selección ha sido atender diferentes áreas geográficas caracterizadas, de manera sistemática, por distintos escenarios de riesgos y oportunidades de negocios.

Aun cuando en cada región cada uno de los grupos de indicadores está presente, cada área se caracteriza por el énfasis en la incidencia de uno o más indicadores: biofísicos, socioculturales, socioeconómicos y geopolíticos. Por otra parte, para algunos renglones minerales se tienen estructuras de organizaciones económicas, desde la producción artesanal, las de tipo cooperativo y las corporativas, a veces coexistiendo en distritos mineros, tales como en distritos auríferos y carboníferos.



**Figura 1. Mapa de Venezuela con ubicación de distritos mineros**

Con relación a la minería metálica, la investigación incluye la identificación de indicadores de sustentabilidad para hierro y oro, en el estado Bolívar, en la región conocida como Guayana. Presenta sistema ecológico de bosque tropical lluvioso de la región amazónica, con diversas comunidades indígenas, como pemón y yanomami.

En la minería del carbón se investiga en la cuenca carbonífera occidental, en dos estados: 1) en el norte del estado Zulia, donde la explotación se realiza desde 1986, con organización económica de tipo corporativo y 2) en el estado Falcón, tradicionalmente de extracción cooperativa y actualmente en proceso de licitación de concesiones mineras que puedan ser aprovechadas por operadoras mineras con mayor capital de inversión.

En el estado Zulia, el factor ecológico es el de mayor consideración dado que la cuenca carbonífera está dentro de la Zona

Protectora de la Cuenca Hidrográfica del río Guasare. De allí que el impacto acumulado potencial de la explotación de carbón tendría una linealidad a lo largo del rumbo de los estratos de carbón y oblicua a la dirección de los cursos naturales de agua. El ecosistema del área protegida es un bosque tropical seco, en el cual la susceptibilidad a la sequía es una condición para iniciar procesos de desertificación. Hasta ahora, han sido concedidos 22 permisos para exploración y subsiguiente explotación, algunos de los cuales están en diferentes etapas del proceso minero.

Los estados Zulia y Bolívar son fronterizos, con Colombia y Brasil, respectivamente y en ambos estados conviven comunidades indígenas importantes. Además, es necesario considerar los acuerdos de cooperación binacional en áreas fronterizas.

En la propuesta de investigación, la selección de la región para evaluar indicadores de sustentabilidad en minerales industriales, se basó en la concentración de fuentes de producción en áreas con mayores presiones urbanas, en las cuales el valor local de los rubros minerales es más bajo, en términos relativos. Se seleccionaron 3 estados centrales próximos al Distrito Capital y a ciudades importantes desde el punto de vista demográfico y económico-industrial. Así, fueron seleccionados los estados Aragua, Carabobo y Cojedes, en los cuales se analizan los indicadores de sustentabilidad para explotación de calizas, arcillas y feldespato, respectivamente.

Cabe resaltar que el renglón mineral arcillas, seleccionado en el estado Carabobo, no ha resultado el mejor renglón a ser estudiado. Se ha pensado en reformular el renglón mineral para el mismo estado Carabobo, o mejor, seleccionar el estado Lara, más occidental, para el mismo renglón mineral de arcillas para cerámica.

Resulta cada vez más evidente que la creación de distritos mineros sustentables representa la oportunidad de fortalecer al sector de la industria extractiva de renglones minerales, reconociendo las limitaciones tradicionales de los proyectos mineros, entre las cuales

se incluye la inadecuada atención a las implicaciones y consecuencias ecológicas y sociales en áreas con comprobada certeza geológica y viabilidad técnico-económica.

## **OBJETIVOS**

Identificar indicadores locales de sustentabilidad más relevante en los ámbitos biofísico, social, económico, político y de percepción pública.

Diseñar criterios para creación de distritos mineros sustentables, en renglones minerales de naturaleza diversa y en áreas geográficas específicas del territorio venezolano.

Correlacionar el conocimiento necesario para apoyar el desarrollo de una herramienta de optimización de toma de decisiones mineras y ambientales, que haga posible la ocupación del espacio territorial atendiendo a la vocación de uso del territorio y la vulnerabilidad de la calidad de los factores ambientales, tanto ecológicos como socio-culturales.

Recomendar lineamientos desde el análisis en minería y ambiente que permitan evaluar reservas minerales considerando las tres variables fundamentales: certeza geológica, viabilidad técnica y económica y sustentabilidad ecológica e institucional.

## **ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA MINERÍA EN VENEZUELA**

En lo que respecta a la minería metálica, como en otros países de América, es la minería aurífera la más antigua, desde el período pre-hispánico, incluida la producción comercial con cantidades para exportación a finales del siglo XIX, hasta el tiempo presente. Mendoza (1988) describe un potencial de 8.000 ton en Guayana y la

producción anual promedio en la década de los noventa fue de 10.000 kg anuales, aproximadamente.

Por su parte, la minería del hierro, de relativa alta tasa de producción, fue iniciada en el primer cuarto del siglo XX y aun cuando con importantes dificultades en el presente, se exploran las oportunidades para dar continuidad a su extracción y refinación en el sector siderúrgico. El Anuario Estadístico Minero (MEM, 2000) presenta reservas probadas de hierro de 4.000 Mtm.

En cuanto a la minería energética, fue la cuenca carbonífera oriental la que aportó las cantidades de carbón de la segunda mitad del siglo XX en Venezuela. Limitaciones insuperables, aun hoy en día, impiden la continuidad de la industria extractiva de carbón en esa región; sin embargo la industria petrolera se caracteriza por ser la actividad económica más importante en esta región. El carbón venezolano compite en el mercado internacional con petróleo y gas natural y además en los mercados externos, compite con el surgimiento de fuentes renovables de generación de energía.

Desde la década de los ochenta, la minería del carbón entró en operaciones que actualmente producen 10 Mton anuales, principalmente en el norte de la cuenca carbonífera occidental, y 50% de la producción suramericana. Venezuela cuenta con reservas de 8.200 MTm, representando 0,8% de las reservas mundiales (Anuario Estadístico Minero, 2000).

La minería de rubros no metálicos, como minerales industriales, es diversa y está distribuida en prácticamente todo el territorio nacional. Suple necesidades nacionales y en casos como el cemento y las rocas ornamentales, una parte de la producción es exportada. Arcillas, arenas, caliza, óxidos y yeso, para la industria cementera y de la construcción; arcillas, feldespato, caolín, talco, yeso, cuarzo, grafito, azufre, granito, son algunos ejemplos de la diversidad del potencial venezolano de minerales industriales. La

producción total para el año 2000 fue de 21 Mton (Anuario Estadístico Minero, 2000).

## **ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación que se presenta en este artículo tiene su origen en las Jornadas de Política Minera Nacional, en julio de 1996, organizada por un comité de investigación de la Secretaría de la Universidad Central de Venezuela. El objetivo de las jornadas consistió en recoger opiniones de expertos técnicos en diversos ámbitos de la minería nacional para diagnosticar la problemática del sector, particularmente de la minería aurífera y la agenda de desarrollo minero, en el marco de las políticas de apertura minera.

En esa oportunidad, se planteó la necesidad de planificación del Estado en el manejo y uso de la tierra y en la protección ambiental, como condicionantes de las políticas de desarrollo minero. Se planteó, por primera vez, la posibilidad de darle sustentabilidad al proceso de minería en Venezuela; aunque reconociendo la condición de agotamiento del recurso mineral, no obstante, fortaleciendo la continuidad del proceso minero con profundos cambios paradigmáticos y estructurales en las instituciones y organizaciones con misión y visión del sector industrial de la minería (Castillo, 1996). Allí fue postulada la tesis de Minería Sustentable y el enfoque preliminar de Reservas Minerales Sustentables.

En 1998, las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería: JIFI'98, sirvió de ámbito académico para insistir en la propuesta de identificación de reservas minerales sustentables, y en JIFI'2000, para desarrollar un modelo conceptual de evaluación de escenarios de riesgos e indicadores de sustentabilidad preliminares para identificar reservas minerales sustentables (Memorias de Resúmenes JIFI'98 y JIFI'00).

En 1999, la propuesta fue publicada en las Memorias del XVI Congreso Internacional de Minería, celebrado en Ankara, Turquía. También en 1999 se presentó la idea de reservas minerales sustentables en el marco del VII Congreso Iberoamericano de la Enseñanza de Minería en Educación Superior, realizado en Caracas. En noviembre de 2001, el proyecto de investigación es consignado ante el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Este fue revisado en las gerencias de investigación de Ambiente, de Ingeniería y Desarrollo y actualmente lo maneja la Coordinación de Impacto Socio Ambiental, de la Gerencia de Innovación Industrial.

## **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación exploratoria y correlacional. El diseño de la investigación es no experimental, sobre muestras discretas de recursos minerales y de explotaciones mineras en desarrollo en regiones específicas del territorio venezolano.

Se presentaron tres anteproyectos de Trabajo Especial de Grado, para optar al título profesional de Ingeniería de Minas. Los candidatos mostraron interés en desarrollar las ideas de distritos mineros sustentables. En cada una de las tesis se plantea, en primer lugar, la descripción de la situación actual de la minería venezolana en cada renglón mineral; incluye esta sección, las oportunidades de mercados, nacionales e internacionales, de volúmenes de reservas minerales tradicionales y de precios internacionales y de costos nacionales de producción.

En segundo lugar, en cada distrito minero son planteados los aspectos legales y los procedimientos administrativos de cada rubro mineral. En Venezuela, la minería metálica y la energética son administradas desde el poder ejecutivo y los minerales industriales desde las gobernaciones de los estados.

En tercer lugar, son identificados aspectos de gestión ambiental, como evaluaciones de impacto ambiental, planes de supervisión y vigilancia ambiental, en los casos en los cuales se realizan. Esta sección incluye la identificación de factores de las convenciones internacionales de protección ambiental, es decir, las estrategias nacionales para controlar el cambio climático global, la conservación de la biodiversidad y la sequía y desertificación de suelos.

El análisis de los datos recopilados, incluyendo el diagnóstico de las fortalezas y limitaciones de la explotación actual, de cada renglón mineral y las oportunidades y amenazas de la ampliación de cada una de éstas, permiten las conclusiones del estudio. Las conclusiones y recomendaciones de la investigación ofrecen la identificación y proposición de los indicadores locales de sustentabilidad y los lineamientos de creación de distritos minerales sustentables.

La relevancia del estudio consiste en innovar y apoyar la optimización de la adopción de decisiones ambientales, en el marco de las políticas de desarrollo económico, fundamentalmente con la visión de la ampliación del aprovechamiento del recurso mineral, en el espacio y en el tiempo.

### **CRITERIOS PARA DISTRITOS MINEROS SUSTENTABLES**

Algunos criterios de sustentabilidad para los distritos mineros usando información disponible, son:

- Estado Bolívar, en el distrito minero aurífero, el cual representa el mayor reto para la sociedad venezolana, los indicadores locales de sustentabilidad se encuentran en los ámbitos ecológico, social, jurídico y de percepción pública:

- Excesiva fragmentación de hábitats; erosión acelerada de suelos y transporte de sedimentos; disminución del tirante en cursos de agua; contaminación con residuos mercuriales y cianurados.
- Conflictos de uso del espacio territorial para actividades: forestales, mineras, agrícolas y pecuarias de subsistencia, turísticas y recreativas, territorios indígenas y modos de vida de subsistencia.
- Proceso de revisión para evaluar la legalidad de más de 600 derechos mineros otorgados por el Estado venezolano, considerados de dudosa legalidad.
- Igualdad condicionada para las oportunidades de aprovechamiento aurífero de acuerdo con el monto de la inversión; si es estatal o privada, específicamente, en relación con la visión de desarrollo económico, tecnología y fiscalización y control ambiental.
- Limitada confianza de la sociedad en el funcionamiento adecuado y transparente de las instituciones públicas del Estado venezolano.
- Estado Bolívar: en el distrito ferrífero, los indicadores locales de sustentabilidad más relevantes fueron de políticas de mercado y de regulación ambiental:
  - Comercio nacional e internacional; costos nacionales de operación.
  - Políticas para el cumplimiento de regulaciones ambientales de industrias públicas.
- Estado Zulia: en el distrito minero carbonífero los indicadores locales de sustentabilidad fueron identificados de los ámbitos ecológico, social y de mercado:

- Impacto ambiental acumulado; fragmentación excesiva de cuenca hidrográfica en área bajo régimen de administración especial (ABRAE); ecosistema de bosque seco tropical; concentración de particulado sólido total, SDT y de  $\text{SO}_4^-$ .
- Conflictos frecuentes y quejas de la comunidad mestiza e indígena; características de región fronteriza.
- Competencia y disponibilidad de fuentes alternativas de generación de energía: crudos, gas natural y energías renovables.
- Estado Falcón: en el distrito carbonífero fueron identificados indicadores locales de sustentabilidad de los ámbitos ecológicos y sociales:
  - Degradación de suelos y avance de la sequía y desertificación.
  - Igualdad condicionada de oportunidades en el aprovechamiento, en función del monto de la inversión económica.

En cuanto a la región nor-central, con distritos de minerales industriales, es posible adelantar, de manera preliminar, que los indicadores locales de sustentabilidad son de orden social, limitados fundamentalmente por fuertes presiones demográficas y de urbanismo. La restricción económica del valor local, representa una limitación al aprovechamiento del potencial minero, dado el crecimiento urbanístico.

## **CONCLUSIONES**

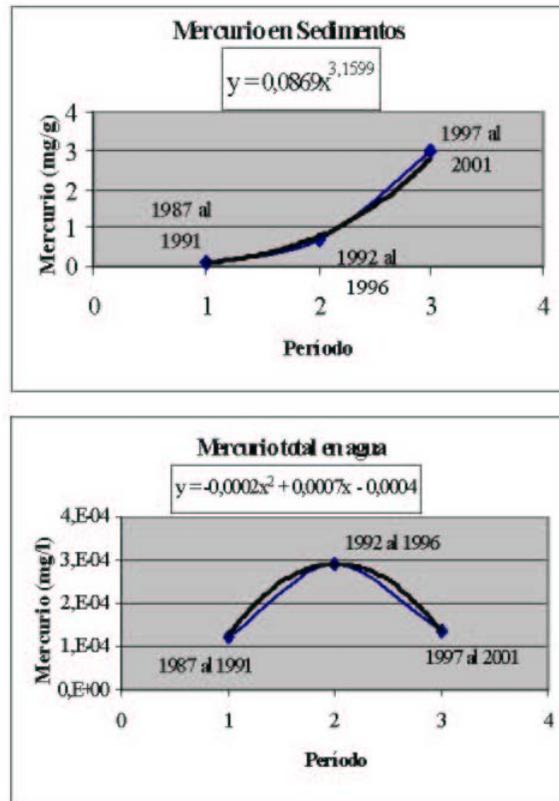
Ha sido descrita una propuesta de investigación en el ámbito de gerencia en minería y ambiente, para ayudar a consolidar el conocimiento sistemático en riesgos y oportunidades en la industria extractiva de minerales. Han sido identificados indicadores de

sustentabilidad en distritos mineros de metálicos y no metálicos en Venezuela. La investigación ayudará a desarrollar una herramienta numérica para optimizar el proceso de toma de decisiones ambientales.

Los indicadores más relevantes y las tendencias fueron:

Distrito aurífero del estado Bolívar:

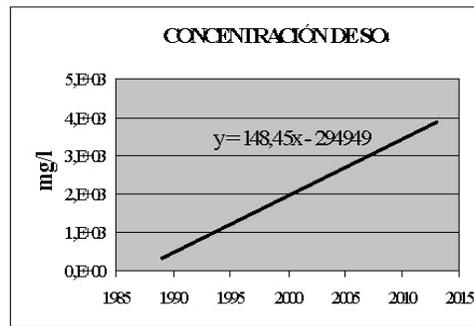
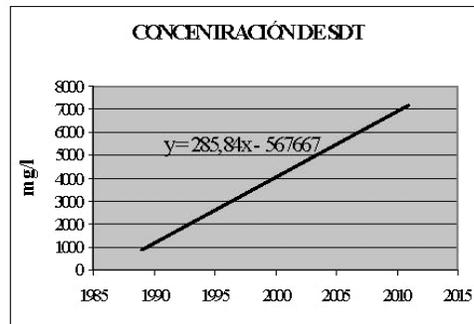
- Fragmentación del hábitat: vegetación afectada en la cuenca del río Caroní: 47,3% bosque, 51,3% sabana y 1,4% morichal, tendencias a la acumulación y al incremento progresivo; potencial de afectación correspondiente a 96% de superficie de potencial aurífero en áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE).
- Pérdida de suelos en cauces de ríos: sedimentos en suspensión: Icabarú 390ppm, Caroní 20ppm y Chigüao 190ppm tendencias a la acumulación y al incremento progresivo. Se estimó 38,18 Tm/Ha-año de pérdida de suelo por minería de placer en bosques secos en la cuenca del río Caroní.
- Los resultados analíticos, usando análisis regresivo, muestran tendencias exponenciales para concentraciones de Hg en sedimentos y una tendencia polinómica para concentración de Hg en agua. Los datos fueron obtenidos en los años noventa en concesiones mineras de placer. Se requieren más datos para aumentar la confianza en los resultados.



Datos recopilados y analizados por Piña, 2002

Distrito carbonífero del estado Zulia:

- Los resultados analíticos, usando análisis regresivo, muestran tendencia lineal para concentraciones de SDT y  $SO_4^-$  en la cuenca carbonífera del estado Zulia. Los datos fueron obtenidos en los años noventa de una explotación minera. Se requieren más datos para aumentar la confianza en los resultados.



**Datos recopilados y analizados por Jaspe, 2002**

## REFERENCIAS

- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2000). **Anuario Estadístico Minero**. Venezuela.
- CASTILLO, A. (1998). **Identificación de Reservas Sustentablemente Económicas**. Memorias de Resúmenes Jornadas de Investigación JIFI'98. Facultad de Ingeniería. UCV.
- CASTILLO, A. (1999). **Sustainable Ore Reserves Identification**. Memorias 16<sup>th</sup> Mining Congress of Turkey. The Chamber of Mining Engineers. Junio. Ankara, Turquía.

- CASTILLO, A. (1999). **Minería Sustentable: Revisando el Espíritu Económico de la Minería.** Dimensión Académica de los Aspectos Ambientales en el Programa de Estudios de Minas en la UCV. VII Reunión de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería AIESMIN. UCV. Noviembre. Caracas, Venezuela.
- CASTILLO, A. (2000). **Identificación de Reservas Sustentablemente Económicas: Escenarios de Riesgos e Indicadores de Sustentabilidad.** Memorias de Resúmenes Jornadas de Investigación JIFI'00. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas, Venezuela.
- FERRARI, H. (2001). **Anteproyecto: Lineamientos para Optimización en Toma de Decisiones para Creación de Distritos Mineros de Minerales Industriales en Región Central de Venezuela.** (En proceso de asignación para su desarrollo).
- JASPE, S. (2002). **Evaluación de la Minería del Carbón en los Estados Zulia y Falcón para la Creación de Distritos Mineros Sustentables.** Trabajo Especial de Grado. Departamento de Ingeniería de Minas. Universidad Central de Venezuela. Inédito (En edición).
- MENDOZA, V. (1988). **Desarrollo Aurífero de Guayana.** CVG – Técnica Minera, CA. Resumen Gerencial. Puerto Ordaz, estado Bolívar.
- PIÑA, A. (2002). **Indicadores de Sustentabilidad en la Optimización de Toma de Decisiones para Creación de Distritos Mineros aplicada a Minería Metálica: Au y Fe en el Estado Bolívar.** Trabajo Especial de Grado. Departamento de Ingeniería de Minas. Universidad Central de Venezuela. Inédito (En edición).

## **PROPUESTA DE USO DE INDICADORES PARA LA RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS EN LA MINERÍA PERUANA**

*Maria Chapuis*

Ministerio de Minería y Energía - Peru

---

---

### **1. ANTECEDENTES**

El notable crecimiento que experimento el sector minero peruano en la década pasada (7% crecimiento promedio anual) presento a la vez retos y oportunidades excepcionales para el país. Aunque las condiciones económicas y políticas del Perú vienen mejorando progresivamente, han surgido numerosos conflictos entre ciertas unidades mineras y las poblaciones aledañas, motivadas en gran parte por temores a una posible contaminación ambiental y la percepción que estas empresas extraen la riqueza del territorio sin generar empleo o dejar mejoras que beneficien a sus vecinos, mayormente pequeños agricultores o ganaderos.

El carácter cada vez más tecnificado de las operaciones mineras limita tanto el número de empleos directos que sus actividades generan como las contrataciones de este personal a nivel local. Esta percepción se ha exacerbado más en los últimos tiempos, al contrastarse las sumas que la industria invierte en el desarrollo de sus proyectos, los ingresos que los mismos le generan y la escasa participación que le corresponde a las poblaciones vecinas dentro de este esquema.

Asimismo, la presencia de algunas organizaciones ajenas a la zona (y frecuentemente al país) que traen su propia agenda, aunada al desconocimiento de los pobladores sobre los riesgos y beneficios que conlleva la minería es otro factor de perturbación. Como consecuencia, tal vez el mayor factor de riesgo que enfrenta ahora un inversionista es el de conflictos en su área de influencia (1) Estos

conflictos pueden generarse en cualquiera de las etapas de un proyecto, ya sea a nivel de exploración, construcción u operación.

(1) *Area de Influencia: Espacio geográfico sobre el que las actividades minero-energéticas ejercen algún tipo de impacto considerable. Los impactos pueden ocurrir sobre la flora, fauna, aire, poblaciones, paisajes, restos arqueológicos, etc. (Glosario, Guía de Relaciones Comunitarias, Ministerio de Energía y Minas del Perú)*

Antes de tener que enfrentar las consecuencias de este tipo de disputas, es preferible crear procesos de consulta y comunicación entre las comunidades y la industria, acordando parámetros de medición que permitan crecer la confiabilidad entre los diferentes actores. La industria minera peruana ya considera fundamental involucrarse en el desarrollo sostenible de las comunidades que se encuentran dentro de su área de influencia, aportando a su bienestar mediante la reorientación de una parte importante de los recursos técnicos y financieros generados por su actividad hacia una iniciativa de responsabilidad social y desarrollo sostenible.

Concepto de Desarrollo Sostenible: asegurar la viabilidad económica de la zona de influencia de las operaciones mineras o petroleras aplicando parte de los ingresos derivados de la explotación de recursos no renovables hacia la explotación racional de los recursos renovables existentes y potenciales.

La implantación de un esquema de desarrollo sostenible significa no sólo una oportunidad de darle viabilidad a comunidades ubicadas en una geografía inhóspita que carecen de mayores recursos, por una economía agrícola de subsistencia, por lo que también es una herramienta eficaz de lucha contra la pobreza.(2)

Del mismo modo, el participar activamente en el desarrollo sostenible de las comunidades dentro del área de influencia en la que opera, le permite a la industria redefinir su paradigma, y favorecer su

imagen. En una sociedad en la cual se cuestiona cada vez más la utilidad y aceptabilidad de las actividades extractivas, es importante que estas no sean vistas como un fin en sí, sino que se perciban como un medio para lograr una mejor calidad de vida para muchas comunidades.

## 2. LA INDUSTRIA MINERA PERUANA

La contribución de la minería a la generación de divisas en Perú es esencial pues su contribución es de alrededor del 45% de las exportaciones nacionales (ver Tabla No. 1). Asimismo esta industria realiza un aporte significativo a los ingresos tributarios del Estado pues contribuye con el 18% de los ingresos del Tesoro Público, aun cuando no representa mas del 5% del PBI.

**Tabla 1 - Valor de la exportacion productos mineros  
(millones de US\$)**

AÑO	1999	2000
Total	3,008	3,212
Oro	1,193	1,145
Cobre	776	931
Zinc	462	496
Plomo	177	190

Desde el punto de vista del empleo también puede apreciarse una contribución importante pues se estima en mas de 200,000 puestos de trabajo directos e indirectos dependientes de la minería, lo que equivale a cerca del 4% de la PEA a nivel nacional (ver Tabla No.2).

**Tabla 2 - Empleo directo, indirecto y dependientes - año 2000**

Total Trabajadores Directos	52,484
Trabajadores Indirectos	209,936
Total Directos e Indirectos	262,420
Carga Familiar	918,470
Total General	1,180,890

Finalmente, según un estudio reciente, el cluster minero, integrado por productores de equipos, insumos y servicios es probablemente el más desarrollado del país.

### **3. EL PROCESO DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS**

Este proceso requiere de una comunicación fluida y permanente entre todos los entes participantes, así como una plena integración de una adecuada aclaración de las preocupaciones ambientales existentes en la población con programas de desarrollo para la región, por lo que es importante definir cuál es el mecanismo más apropiado para instrumentar este esquema.

La vía escogida inicial ha sido la Mesa de Dialogo que debería transformarse en una verdadera “Concertación para el Desarrollo” plasmado en un documento que lo defina, estableciendo directrices claras y que comprometa el apoyo del Estado mediante la suscripción de un acuerdo preliminar, y articulado a una estructura organizativa que cuente con un mandato claro que le permita ponerla en práctica.

*(2) Desde 1998 la caída de los precios reales agrícolas ha llegado a 17.6% lo que ha ocasionado una severa crisis)*

Las Mesas de Diálogo convocadas por el Estado cuentan con la participación de diversos actores de la sociedad civil como son:

- Las comunidades del área de influencia.
- Representantes de la(s) empresa(s) minera (s) del distrito.
- Los gobiernos centrales, regionales y locales, y sus instituciones autónomas como CONAM-Consejo Nacional del Ambiente.
- La Sociedad Civil (Iglesia, ONGs, Colegio de Profesionales, Cámaras de Comercio, Frentes de Defensa, etc.).

El Estado busca a través de estas mesas que la instrumentación de una visión de desarrollo sostenible sea el reflejo de las auténticas aspiraciones y expectativas de las comunidades a beneficiarse y no un esquema impuesto de manera paternalista por el Gobierno Central, por lo que es fundamental que las comunidades del área de influencia sean protagonistas y no simples agentes pasivos dentro de este proceso

Hasta la fecha, el enfoque tradicional hacia el desarrollo sostenible en la minería venía como producto de iniciativas del sector privado (tales como el “Global Mining Initiative” y sus organizaciones relacionadas) en respuesta al llamado hecho por organismos internacionales como la ONU y Banco Mundial, sin embargo por la urgencia de la coyuntura el Estado ha sido el promotor y ente coordinador de este proceso de diálogo inicial.

Para asegurar el éxito de las mesas ha sido indispensable que se emitan directrices claras por parte del Ejecutivo para otorgar máxima prioridad al tema y designar un ente estatal específico como rector, instruyéndosele a las demás entidades del Gobierno Central de prestar su colaboración (3). En este caso, el interlocutor designado fue el Ministerio de la Presidencia.

*(3) Los entes estatales involucrados son Congreso de la República, Ministerio de Energía y Minas; Ministerio de Educación; Ministerio de Agricultura; Ministerio de Salud; CONAM- Comisión Nacional del Ambiente, gobiernos locales.*

En el caso del conflicto generado en Cajamarca con la empresa minera Yanacocha, la mesa de diálogo ha establecido comisiones ad hoc para velar el cumplimiento de compromisos asumidos por la empresa como son la realización de una auditoría ambiental internacional e independiente y el establecimiento de un laboratorio de análisis de agua en la ciudad.

Para una adecuada aclaración de las inquietudes ambientales de la población es necesario además de talleres técnicos informativos (“no hay nada mejor que estar bien informado para actuar correctamente”), contar con parámetros acordados entre las empresas y las comunidades que permitan evaluar y a su vez sirvan como evidencia del desarrollo sustentable de su área de influencia. Estos indicadores deben ser económicos, sociales y ambientales, con objetivos en el tiempo y pre-requisitos y condiciones.

<b>Indicadores Propuestos</b>		
<u>Económicos</u>	<u>Sociales</u>	<u>Ambientales</u>
Inversión en Investigación & Desarrollo	Inversión Social	Observancia de Normas Ambientales/Seguridad
Productividad	Adquisiciones Locales	Numero de Incidentes y Accidentes
Inversión en Capacitación	Trabajadores Locales	Eficiencia Energética

El desarrollo del marco de indicadores debe partir de una relación preliminar, así como del establecimiento de cifras-objetivos para diferentes periodos, presupuestos, programas de trabajo ad-hoc y estrategias.

Una vez lograda la validación de la comunidad y la implantación exitosa de esta iniciativa, se podrá ampliar el alcance de la misma hacia el manejo de un plan de responsabilidad social que cuente con el concurso de los principales actores, lográndose así un

efectivo mecanismo en la lucha contra la pobreza, y una distensión en las relaciones entre la empresa y sus comunidades aledañas. Del mismo modo, todo proyecto de responsabilidad social debiera encuadrarse dentro de los planes maestros regionales (4) evitando así la atomización de los recursos disponibles y la pérdida de sinergias.

*(4) El plan maestro regional exigirá la creación de un fondo intangible de tal modo que en un futuro no se puedan distraer dineros del mismo para atender necesidades coyunturales y deberá estar sujeto a una serie de mecanismos de control en materia de sus aplicaciones, sin que por esto se vea comprometida su agilidad operativa.*

*El financiamiento de este fondo se materializaría a través de aportes del Estado (canon minero), la inversión social de la industria, las contribuciones de las mismas comunidades y eventualmente recursos adicionales de donantes internacionales. Ya que el aporte del canon minero no será lo suficiente para permitir una instrumentación exitosa de estas iniciativas, se está estudiando reformar el marco legal existente estableciendo un crédito fiscal para aquellos gastos en los que incurra la industria destinados a obras de mejoría para las comunidades de su área de influencia.*

La viabilidad actual, así como la estabilidad y continuidad en el tiempo de esta iniciativa, de medir el desempeño de la responsabilidad social de una empresa a través de indicadores, pueden ser reforzadas con la participación de entes multilaterales (5), compromisos explícitos del Estado, y consensos entre los representantes del poder ejecutivo, legislativo, gobierno central y local.

Es esencial desarrollar una estructura orgánica que coadyuve esta participación y asegure acciones que integren los esfuerzos de todos los participantes dentro de esta iniciativa, que debe sustentar una concertación para el desarrollo, basándose en el diagnóstico de la

situación actual así como en la identificación de objetivos y metas concretos y reales .

*(5) La participación de agencias multilaterales puede asegurar la participación de un actor perfectamente neutral y confiable que pueda prestar apoyo sobre bases técnicas y permitir que la iniciativa no se distorsione en el tiempo, asegurándose así su continuidad y el cumplimiento de sus objetivos primordiales. Con frecuencia, los planes en los que participa el Estado se apartan de sus objetivos originales como consecuencia de coyunturas posteriores, desvirtuándose de este modo su misión original. La participación de estos organismos le dota a la iniciativa de elementos de transparencia y de fiscalización externa.*

#### **4. INICIATIVA PARA EL USO DE INDICADORES INTERNACIONALES**

Los organismos multilaterales, pueden aportar no sólo recursos humanos y financieros con los que cuentan, sino también su caudal de experiencia y proyectos afines en otras partes del mundo para definir metodologías que permitan medir el desempeño ambiental de las empresas. Es el caso del Global Reporting Initiative (GRI), quien diseño una guía metodológica para la elaboración de Reportes de Sustentabilidad, lo que permite un lenguaje común tanto para las empresas como para el gobierno y sociedad civil, lo que en el tiempo permitara mejorar los niveles de confianza y credibilidad.

#### **5. CONCLUSIONES**

- El camino es largo, pero recompensable. La participación de las comunidades del área de influencia es fundamental, ya que las mismas deben ejercer un papel proactivo.

- La medición comparable del desempeño de la industria en diferentes partes del mundo permitirá una mejor aceptación de esta. Las empresas por conocer la realidad de las zonas de influencia mejor que los gobiernos regionales o centrales pueden hacer mejores aportes al desarrollo sustentable del distrito.
- Sin una estrecha coordinación y colaboración con los gobiernos a nivel local, regional y central, no se podrá hacer efectiva ninguna iniciativa de desarrollo sostenible.
- La sociedad civil es otro actor imprescindible dentro de la articulación e instrumentación de esta iniciativa. No obstante, es importante evaluar el nivel de representatividad que puedan tener los integrantes de la misma.
- Se ha mencionado el efecto desestabilizador de algunas organizaciones no gubernamentales en las relaciones industria-comunidad. Es imprescindible entonces asegurar no sólo el concurso de los elementos más representativos, sino también los más inclinados hacia la cooperación y concertación.

#### ***Algunos Indicadores para Cajamarca***

*En el caso de Cajamarca podemos decir que la presencia de Minera Yanacocha ha contribuido a dinamizar su economía desde un primer momento. Entre 1992-1993 los trabajos de construcción movilizaron centenares de personas. En los últimos 3 años, se invirtieron 686 millones de dólares, esto es cerca de 70% de los mil millones invertidos entre 1992 y 2001. Indudablemente, esta inversión masiva tuvo un impacto excepcional en el movimiento económico de Cajamarca. En efecto el PBI departamental aumento 109% entre 1993 y el año 2000 mientras que el PBI nacional solo lo hacia en 45% en el mismo periodo.*

*Durante 2002, Yanacocha producirá 2.2 a 2.4 millones de onzas de oro, que podrían alcanzar un valor entre 660 y 720 millones de dólares. Esta suma podría llegar a representar entre el 8 y 9% del valor total de las exportaciones del país. La inversión programada será de 200 millones de los cuales 100 se invertirán en el país. Las compras de bienes y servicios en Cajamarca alcanzaron los 44 millones en 2001. Los trabajadores y contratistas (5000 personas) representan aproximadamente el 10% de la población económicamente activa de Cajamarca (PEAC). De manera indirecta, Yanacocha hace posible el empleo adicional de 15 a 20% de la PEAC.*

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- Cabrera, Cesar Humberto, “Inversión Minera y Desarrollo Regional, Algunos Indicadores para Cajamarca”, Abril 2002.
- Gomes, Claudio “Crescem os Investimentos Privados no Social”  
Gazeta Mercantil, Abril 15, 2002
- Hoyos Juan, “Balance Social de la Minería”, IDEM, Marzo 2002
- Joyce, S, Thomson, Ian “Cultural Dimension to Sustainable Development”, Mining Journal, London May, 10, 2002
- Stoddart, Richard “ Desarrollo Humanamente Sostenible en Minería y Energía”, MEM, Julio 2001
- World Bank, “Large Mines and the Community, Socioeconomic and Environmental Effects in Latin America, Canada & Spain”, 2001
- World Bank-IFC, “Large Mines and Local Communities: Forging Partnerships, Building Sustainability”, 2002
- World Bank-IFC, “Treasure or Trouble? Mining in Developing Countries”, 2002

**INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA  
DE AGREGADOS: LA EXPERIENCIA COLOMBIANA**

*Carlos Fernando Forero Bonell, Rober Leon Cruz<sup>1</sup>*

Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos –  
ASOGRAVAS

Red Iberoamericana de Minerales y Rocas Industriales RIMIN –  
CYTED XIII

---

**RESUMEN**

En la industria minera, los agregados pétreos se han convertido en las materias primas más importantes, ya que después del agua son los recursos más consumidos por el hombre y ocupan el primer lugar, según el volumen de producción cuando se comparan con cualquier otro mineral.

La actividad extractiva de estos minerales, se convierte en vital para cualquier economía, no solo por que proveen materiales irremplazables para la actividad de la construcción, sino porque es una industria que genera un número importante de fuentes de trabajo directos e indirectos, en toda la cadena de la minería y la construcción.

Dentro de las características relevantes para esta industria, está su necesaria ubicación cerca a los centros de consumo, lo cual la convierte en una actividad que está en el centro de la opinión pública y por tanto debe tener especial consideración de todos los elementos que garanticen su sostenibilidad.

---

<sup>1</sup> Autor de la Tesis de magíster en Ingeniería Ambiental “Indicadores de gestión ambiental para la etapa de Beneficio en la minería de gravas y arenas en la Sabana de Bogotá”. Universidad de los Andes. 1999.

La propuesta empresarial de sostenibilidad implica una armonía entre el crecimiento económico, el desarrollo social y comunitario y el manejo adecuado de los recursos naturales renovables y no renovables.

Para poder evaluar esa concepción armónica, se hace necesario el establecimiento de instrumentos que permitan hacer una evaluación útil del desempeño y la gestión empresarial en el entorno de la sostenibilidad. En la Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos – ASOGRAVAS, hemos iniciado hace algunos meses la labor de identificar indicadores de sostenibilidad, para medir el comportamiento de la industria y poder integrarla en el proceso de mejoramiento continuo que hoy exigen las economías globalizadas y los mercados competitivos.

El trabajo completo está dividido en cuatro grupos: indicadores ambientales, indicadores sociales, indicadores económicos y un indicador energético.

En el primer grupo se encuentran los indicadores de gestión, desempeño y condición ambiental, los cuales están enfocados a medir la relación de las actividades operativas de la industria con el medio ambiente. Para este grupo, se han desarrollado en asocio con la Universidad de los Andes y el programa Cantera Verde, indicadores de consumo de agua y cambio de paisaje, entre otros.

Los indicadores sociales, están inspirados en la metodología del Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible – CECODES, quien clasifica éstos en dos grupos: de calidad, acciones e inversiones al interior de la empresa y de inversión social.

Los indicadores económicos, toman como referente la propuesta metodológica de CECODES basada en el aporte realizado al Producto Interno Bruto Nacional, calculado como la suma de las utilidades, los costos financieros, los salarios, los aportes parafiscales,

los impuestos y el costo de los servicios públicos medidos anualmente.

El indicador energético está referido al trabajo directo efectuado en algunas de las operaciones afiliadas a ASOGRAVAS, que permite evaluar el consumo energético para el funcionamiento de maquinaria y equipo por unidad de tiempo en la planta de beneficio.

Para el desarrollo de estos indicadores de sostenibilidad, se hace necesario seguir una serie de principios que están descritos en este trabajo, los cuales no son más que un compendio de lo establecido en la literatura internacional sobre el tema y de un esfuerzo particular realizado por la Empresa Colombiana de Petróleos - ECOPETROL<sup>2</sup>.

Es importante mencionar que en este momento ASOGRAVAS, se encuentra en proceso de implementación y validación de estos indicadores al interior de sus miembros afiliados en el país. Una vez finalizado este proceso se prevé la realización de un ejercicio de aplicación en el ámbito de la Federación Iberoamericana de Productores de Agregados - FIPA.

## **INTRODUCCION**

En el ámbito industrial, superar la aproximación de comando y control como única alternativa para manejar el tema ambiental, ha sido el reto que se han impuesto los países para garantizar mecanismos costo-efectivos de hacer cumplir las regulaciones ambientales, atender de manera responsable las implicaciones sociales y generar utilidades a las organizaciones empresariales.

A nuestro juicio este proceso va por buen camino, tal y como lo demuestra el avance que han tenido los procesos de

---

<sup>2</sup> Guía de Indicadores Ambientales para la industria Petrolera, ECOPETROL 1997.

autogestión en la industria de muchos países desarrollados y en vía de desarrollo. Colombia y su sector minero han estado a la altura de este reto y es así como se han venido implementando convenios de producción más limpia, guías y términos de referencia concertados con la industria, auditores ambientales y mineros externos; igualmente programas voluntarios, como Cantera Verde, entre otras iniciativas de autogestión que plenamente avala el nuevo Código de Minas expedido en el año 2001.

Cuando se analizan las cifras de agregados pétreos consumidos en el mundo (50% de todos los minerales) no hay duda que la industria extractiva de materiales de construcción, desde el punto de vista del movimiento de tierras y volumen explotado, ocupa el primer lugar cuando se compara con cualquier otra actividad minera.

Adicionalmente la condición de estar ubicada cerca a los centros de consumo la convierte en una actividad que será fiscalizada especialmente por autoridades, organizaciones no gubernamentales, conservacionistas, ambientalistas y en general de las comunidades que habitan las áreas de influencia de las operaciones y de los sitios por donde transitan estos materiales, imprescindibles para el desarrollo de la construcción de vivienda e infraestructura.

La sociedad reconoce hoy la importancia de la información para estar al tanto de los distintos acontecimientos y en muchos casos lo consideran como un derecho, por tanto el reto para las industrias de hoy, es suministrar información útil y concisa sobre el desempeño y la gestión de la administración en el ámbito económico, social y ambiental. Para lograr lo anterior se hace necesario introducir el uso de indicadores, los cuales deberán guiar a un proceso de mejoramiento continuo bajo una aproximación sistémica.

## **PRINCIPIOS BASICOS**

Un indicador es una expresión específica que suministra información y permite evaluar de manera efectiva y útil ciertos elementos de la organización, su entorno e interacción con las partes interesadas, para facilitar la toma de decisiones por parte de la administración, la evaluación por parte de autoridades y que así la sociedad en su conjunto pueda juzgar la responsabilidad social con la que las organizaciones empresariales interactúan con el medio.

Para definir los indicadores de sostenibilidad de la actividad, es necesario plantear dentro de cada una de las etapas de la minería de agregados, los procesos y actividades relevantes. Esta industria tiene cinco etapas: exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de operación. En el desarrollo de este trabajo se han seleccionado solamente los aspectos ambientales en las etapas de explotación y beneficio, para los cuales se han definido algunos indicadores.

Los principios básicos y criterios metodológicos para el trabajo desarrollado, están basados en consideraciones establecidas por la literatura y experiencias internacionales:

- Contemporary Environmental Accounting – Greenleaf Publishing
- International Organization for Standardisation - ISO
- United Nations Environment Programme - UNEP
- World Resources Institute -WRI
- Business Council for Sustainable Development - BCSD
- Canada's National Round Table on the Environment and the Economy - NREE
- Coalition for Environmentally Responsible Economies -CERES
- Global Reporting Initiative - GRI

- Global Environmental Management Initiative – GEMI

Adicionalmente, se complementaron con criterios y experiencias establecidas en la literatura colombiana:

- Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL
- Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible - CECODES
- Universidad de los Andes
- Centro Nacional de Producción más Limpia - Programa Cantera Verde
- Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos – ASOGRAVAS

En conjunto se han establecido de manera simplificada las siguientes características para los indicadores:

- Relevantes y apropiados a la política, objetivos, misión y visión de la compañía;
- Producir información confiable, creíbles y precisa;
- Simples, fáciles de interpretar y capaces de mostrar tendencias en el tiempo;
- Permitir comparaciones locales, nacionales e internacionales;
- Aplicables, oportunos, consistentes y de utilidad para los usuarios;
- Sensibles, flexibles y ajustables a los cambios internos y externos;
- Cuantificables en la medida de lo posible;
- Obtención costo-eficiente;

- Validez científica

## **INDICADORES AMBIENTALES**

Los indicadores ambientales corporativos pueden clasificarse en indicadores de desempeño ambiental, indicadores de gestión ambiental e indicador de condición ambiental.

Los indicadores de desempeño ambiental, que son los que se van a describir en este trabajo, permiten medir, analizar y evaluar el desempeño de la organización en los referentes de materiales y energía. Los indicadores de gestión ambiental están referidos a la evaluación, operación, y control de costos del sistema de gestión ambiental y su evaluación funcional. El indicador de condición ambiental es usado para describir la condición local, regional, nacional o global del ambiente en relación con la organización. Este último es generalmente función de las agencias gubernamentales u organismos no gubernamentales.

El mejor marco de referencia existente para plantear hoy en día cualquier tipo de indicadores ambientales, está descrito en la literatura a partir del trabajo propuesto y normalizado por la Organización Internacional de Normalización – ISO (por sus siglas en inglés).

La norma ISO 14031 que establece la Evaluación del Desempeño Ambiental, como herramienta de gestión que provee a la organización con información confiable y verificable, es la base para asistir la administración de la organización en alcanzar el mejoramiento continuo en materia de desempeño ambiental.

De acuerdo con el esquema normalizado por la ISO, la primera etapa en este proceso, es la identificación de los aspectos ambientales que generaran los impactos ambientales negativos de mayor duración, magnitud, ocurrencia e influencia de la empresa,

entendidos estos como cualquier elemento de las actividades, productos o servicios de la organización que interactúan con el medio ambiente.

Fue justamente este el primer ejercicio que se hizo en ASOGRAVAS, con un grupo de operaciones de agregados, tipo graveras, ubicadas en el área de influencia de Bogotá D.C., capital de la República de Colombia, con el apoyo técnico del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

El trabajo propuesto por ASOGRAVAS definió las etapas de explotación y beneficio como las más relevantes para la formulación de los indicadores de desempeño ambiental.

En estas etapas fueron identificados como impactos ambientales significativos correlacionados con uso eficiente de recursos: la modificación del paisaje en la explotación, los vertimientos provenientes del beneficio de los agregados y el consumo de energía durante el beneficio.

Los Indicadores de desempeño ambiental propuestos, son el soporte para alcanzar prácticas ecoeficientes y producción más limpia en la industria de agregados, posibilitando la innovación, la reducción de costos, más eficiencia, mejor imagen, reducción de riesgos y mayor productividad.

Aunque no se presentan en detalle en este trabajo, los determinantes de la legislación ambiental local, regional y nacional fueron debidamente estudiados e involucrados como parte integral del estudio, cuando se definieron los indicadores de condición ambiental.

A continuación se desarrollan cada uno de los tres indicadores identificados, el de calidad del paisaje, consumo de agua y consumo de energía.

## **INDICADOR DE CALIDAD DEL PAISAJE - ICP**

El indicador de calidad del paisaje (ICP) es una herramienta que permite evaluar la gestión ambiental en cuanto a la calidad visual del paisaje, tanto para habitantes vecinos al área de explotación como para aquellas personas que tan sólo están de paso por dicha área. El indicador está definido por cuatro elementos: Densidad poblacional cercana al área activa de explotación, DP; Área anual de explotación, AAE; Uso del suelo, US y Capacidad de visibilidad hacia el área de explotación, CVA.

### **OBJETIVO**

El objetivo de este indicador es evaluar la gestión de la organización para corregir, compensar o mitigar la alteración que se produce a la calidad del paisaje producto de la explotación minera.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE HACEN PARTE DEL INDICADOR**

Algunos de los elementos que hacen parte del indicador pueden considerarse subjetivos, pues están sujetos a los criterios y discrecionalidad de algunos observadores

#### **a) Densidad Poblacional Cercana al Área Activa de Explotación - DP**

La inclusión del elemento de densidad poblacional (DP) cercana al área activa de explotación tiene en cuenta la población vecina que reside en un radio de 400 metros<sup>3</sup>, para la distancia media a partir del área activa de la explotación y que a su vez es directamente afectada con este tipo de actividad industrial. El

---

<sup>3</sup> Environmental Impact Assessment. Larry W. Canter. 1996

elemento tiene unidades de habitantes por kilómetro cuadrado (hab/Km<sup>2</sup>).

El valor máximo empleado para este trabajo es de 100 Hab/Km<sup>2</sup>, trabajado por Sarmiento<sup>4</sup>. Un número mayor de 100 Hab/Km<sup>2</sup> se considera indeseable, según reporta la literatura.

En la tabla 1. se puede observar la calificación respectiva de acuerdo con el rango donde se encuentre la operación minera. En cuanto a la ponderación, se consultó a diferentes expertos y profesionales en entidades públicas y privadas acerca de la importancia del elemento. De acuerdo con dicho consenso, el resultado es una importancia relativa del 35% del ICP.

**Tabla 1. Calificación del elemento DP del ICP**

<i>ELEMENTO DP (HAB/Km<sup>2</sup>)</i>	<i>CALIFICACION</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<b>≤ 10</b>	1	MAS DESEABLE
<b>10 &lt; X ≤ 50</b>	2	DESEABLE
<b>50 &lt; X ≤ 100</b>	3	ACEPTABLE
<b>100 &lt; X ≤ 200</b>	4	INDESEABLE
<b>&gt; 200</b>	5	MUY INDESEABLE

Para efectos de simplificación, se asume que la distribución de la densidad de habitantes es uniforme en toda el área ligada a la zona de explotación activa dentro de un radio de 400 m. De igual manera, se incluyen los trabajadores de otras industrias o actividades que desempeñen su labor dentro del área escogida.

---

<sup>4</sup> Indicadores de gestión ambiental para la etapa de explotación en la minería de gravas y arenas en la Sabana de Bogotá. Juan Carlos Sarmiento. Tesis de magister en Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes. 1998.

## b) Área anual de explotación - AAE

El AAE está referido al área activa anual (AREA) de la mina ( $m^2/año$ ) de acuerdo con la producción anual de arena y grava (PAM), obtenida en dicha área ( $m^3/año$ ) y todo el término afectado por el factor de rendimiento de la mina (R).

El factor R está definido como la relación entre el volumen ( $m^3$ ) de material aprovechable y el volumen total ( $m^3$ ) en la zona de explotación activa (incluye el material estéril). El factor de rendimiento es adimensional. En síntesis, el elemento de área anual de operación tiene unidades de metro cuadrado por metro cúbico ( $m^2/m^3$ ).

Los rangos que aquí se presentan fueron propuestos de acuerdo a la opinión de diferentes profesionales; dichos rangos pueden apreciarse en la tabla 2.

**Tabla 2. Calificación del elemento AAE del ICP**

<i>ELEMENTO AAE</i> <i>(<math>m^2/m^3</math>)</i>	<i>CALIFICACION</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
$\leq 0.05$	1	MAS DESEABLE
$0.05 < X \leq 0.1$	2	DESEABLE
$0.1 < X \leq 0.3$	3	ACEPTABLE
$0.3 < X \leq 0.8$	4	INDESEABLE
$> 0.8$	5	MUY INDESEABLE

Al igual que los rangos, la ponderación fue propuesta de acuerdo con los criterios de diferentes expertos y profesionales relacionados con los temas de minería y gestión ambiental. Se llegó a la conclusión que su importancia es del 20%.

De otra parte, en este elemento del indicador ICP, se asume que el área activa de explotación, es el área que se está explotando en la actualidad; en caso que sean varias las áreas explotadas

simultáneamente, se suman dichas áreas y de la misma manera se procede en cuanto a la producción de material.

**c) Uso del suelo US**

El US valora el uso actual que se le está brindando al terreno, partiendo de la premisa de ser un área con potencial minero importante cuya vocación de uso temporal de subsuelo es la industria extractiva. Este elemento es sencillamente cualitativo y no tiene unidades. Los rangos propuestos en este trabajo de investigación se pueden apreciar en la tabla 3.

**Tabla 3. Calificación del elemento US del ICP**

<i><b>ELEMENTO US</b></i>	<i><b>CALIFICACION</b></i>	<i><b>DESCRIPCIÓN</b></i>
<b>POCO USO POTENCIAL</b>	1	MAS DESEABLE
<b>MINERÍA</b>	2	DESEABLE
<b>GANADERÍA</b>	3	ACEPTABLE
<b>AGRICULTURA</b>	4	INDESEABLE
<b>FORESTAL</b>	5	MUY INDESEABLE

En cuanto a la ponderación de este elemento, fue desarrollada de acuerdo con la metodología descrita para las anteriores variables, según dicho consenso éste elemento tiene una importancia del 20% en el ICP.

Por simplicidad, no se entra en el análisis de los procesos y planes de ordenamiento territorial existentes, pues la mayoría no han considerado el subsuelo como base fundamental para el ordenamiento y tampoco la temporalidad en el uso del suelo que tiene la actividad minera.

#### d) Capacidad de visibilidad hacia el área de explotación – CVA

La CVA evalúa cualitativamente la calidad de las barreras (naturales y/o artificiales) dispuestas para evitar la visibilidad hacia la mina y sus procesos de explotación. Se parte de la suposición que el observador principal debe encontrarse en la vía pública principal de mayor visibilidad hacia la zona de explotación.

Debido a que este elemento es cualitativo, carece de unidades. Como se definió en la metodología los rangos relacionados con esta investigación se hicieron con base en un consenso de profesionales relacionados con el tema. La tabla 4 muestra los parámetros para evaluar la capacidad de visibilidad hacia el área de explotación.

**Tabla 4. Calificación cualitativa del elemento CVA del ICP**

<i>ELEMENTO CVA</i>	<i>CALIFICACION</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<b>No permite ver ni la mina ni el proceso.</b>	1	MAS DESEABLE
<b>Permite ver algunos procesos pero no la mina.</b>	2	DESEABLE
<b>Permite ver la mina pero ningún proceso.</b>	3	ACEPTABLE
<b>Permite ver la mina y algunos procesos</b>	4	INDESEABLE
<b>Permite ver la mina y la totalidad de los procesos.</b>	5	MUY INDESEABLE

La ponderación de este elemento indica que su influencia es del 25% en el ICP.

Finalmente, por simplicidad se asume que el observador se encuentra a 400 metros del área de explotación, tal como lo recomienda el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de

América<sup>5</sup>, para los observadores a una distancia media del impacto visual, en éste caso, el área de explotación. De otra parte, es necesario aclarar que si el perímetro visual del observador hacia el área de explotación no es homogéneo en cuanto a topografía, pendientes y otros, es necesario realizar el mismo ejercicio desde dos puntos adicionales y posteriormente se promedia la calificación de los tres puntos de observación.

### **METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL INDICADOR DE CALIDAD DEL PAISAJE.**

Para determinar el indicador de calidad del paisaje (ICP), se evalúan cada uno de los elementos que lo conforman, para luego integrarlos teniendo en cuenta el factor de ponderación:

$$ICP = \frac{DP \times 35 + AAE \times 20 + US \times 20 + CVA \times 25}{100}$$

Donde,

ICP: Indicador de Calidad del Paisaje.

DP: Densidad poblacional cercana al área de explotación activa, tabla 1.

AAE: Area anual de explotación, tabla 2.

US: Uso del suelo, tabla 3.

CVA: Capacidad de visibilidad hacia el área de explotación, tabla 4.

En la tabla 5 se presenta el significado del indicador de acuerdo al criterio de profesionales que apoyaron esta investigación. Por lo tanto, el valor del ICP debe ser comparado con dicha tabla,

---

<sup>5</sup> Idem

para poder estimar la situación de la empresa en cuanto a calidad del paisaje se refiere.

**Tabla 5. Significado del ICP**

<b>ICP</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1 a 1.99</b>	DESEABLE
<b>2 a 2.99</b>	ACEPTABLE
<b>3 a 3.99</b>	INDESEABLE
<b>4 a 5</b>	MUY INDESEABLE

### **INDICADOR DE CONSUMO DE AGUA - ICA**

El ICA, permite evaluar el consumo de agua en la planta de beneficio de gravas y arenas, y a su vez ayudará a evaluar la gestión que se realiza para el uso racional de este recurso.

#### **OBJETIVO**

El ICA permitirá evaluar la gestión del uso de agua en relación con la ley 373 de 1997 de uso eficiente del agua, y además será una herramienta para formular políticas para el buen manejo del recurso agua en las plantas de beneficio de gravas y arenas.

#### **DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL INDICADOR DE CONSUMO DE AGUA**

Los elementos del indicador de consumo de agua son el volumen de agua empleada para el lavado de las gravas y arenas en la tolva y clasificadores (VA); el porcentaje de finos presentes en el material que se extrae de la mina, que permite comparar la eficiencia

del uso de agua en las diferentes industrias de beneficio (% finos) y el volumen de producción de gravas y arenas (V).

- El volumen de agua consumida mensualmente (VA), será la cantidad consumida por todo el equipo existente en la planta de beneficio, expresado en (m<sup>3</sup>/mes).
- El porcentaje de finos (% finos) es la fracción medida de finos presentes en las gravas y arenas que llegan de la mina y que necesitan ser removidos por lavado, para cumplir con las especificaciones de los consumidores de esta materia prima.
- El volumen de material de gravas y arenas (V) producido mensualmente en la planta de beneficio, estará expresado en (m<sup>3</sup>/mes).

### **DETERMINACIÓN DEL INDICADOR DE CONSUMO DE AGUA**

El indicador ICA propuestos es:

$$ICA = \frac{VA}{(1 - \%finos) * V}$$

Donde,

ICA: Indicador de consumo de agua

VA: Volumen de agua consumida en la planta de beneficio (m<sup>3</sup>/mes)

V: Volumen mensual de producción de gravas y arenas (m<sup>3</sup>/mes).

% de finos: Es el porcentaje de finos medidos presentes en las gravas y arenas que llegan de la mina.

El ICA es aplicable a todas las plantas de beneficio motivo del estudio, ya que posee un factor de sensibilidad que permite ajustar la cantidad de agua utilizada para el lavado de las gravas y arenas, el cual esta relacionado con la cantidad de finos presentes en el material de gravas y arenas que se extrae de la mina.

Para usar el ICA se requiere que las empresas realicen un análisis de la cantidad de finos por unidad de gravas y arenas que se beneficia, para de esta forma conocer la relación de arcillas o finos presentes y de esta manera determinar la cantidad de agua a utilizar para el lavado.

## **INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA - ICE**

El ICE es una herramienta que permite evaluar el desempeño ambiental para prevenir la contaminación y medir la eco-eficiencia relacionada con el consumo mensual de energía eléctrica.

### **OBJETIVO**

El ICE permite evaluar el desempeño ambiental del consumo de energía eléctrica con respecto a la producción mensual de gravas y arenas de la planta de beneficio.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGÍA**

Los elementos que hacen parte del ICE son la cantidad de energía eléctrica consumida en un periodo de un mes (CE) y el volumen de material producido mensualmente (V).

- El CE que se evalúa es el de toda la maquinaria y equipo existente en la planta de beneficio que funciona con energía eléctrica. Dicho consumo está dado en kWh/mes.

- El volumen de material de gravas y arenas (V) es el volumen mensual de producción en la planta de beneficio, está expresado en metros cúbicos por mes (m<sup>3</sup>/mes).

### **DETERMINACIÓN DEL INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGÍA**

El ICE se calcula mediante la siguiente relación:

$$ICE = \frac{CE}{V}$$

Donde,

ICE: Indicador de consumo de energía

CE: Consumo mensual de energía eléctrica (kWH/mes)

V: Volumen mensual de producción de gravas y arenas (m<sup>3</sup>/mes).

### **INDICADORES SOCIALES**

Los indicadores sociales, se han trabajado inspirados en la metodología del Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible – CECODES, quien desde el año de 1995 ha formulado un modelo que permite medir la sostenibilidad económica, social y ambiental de las empresas, impulsando la propuesta del desarrollo sostenible, integrando lo social y lo ambiental en la producción de bienes y servicios.

Para CECODES una empresa sostenible es aquella que crece continuamente, siendo cada vez más rentable, invirtiendo en el bienestar y capacitación de sus empleados y aumentando la productividad laboral, y agregando valor a la economía, mientras

reduce el consumo de recursos naturales, energía y agua por unidad de producto.

La figura que se utiliza para determinar los indicadores sociales en la industria de agregados, parte de los principios fundamentales de la Responsabilidad Social Corporativa con base en la cuantificación de la productividad laboral, la inversión social interna y la inversión social por empleado.

A continuación se desarrollan los tres indicadores identificados para este grupo, como son el indicador de productividad laboral, de inversión social interna por empleado y de inversión social externa por empleado.

### **INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD LABORAL**

Está medido como el aporte al Producto Interno Bruto o el aporte a la economía de cada empresa por empleado directo contratado.

### **INDICADOR DE INVERSIÓN SOCIAL INTERNA POR EMPLEADO**

Permite evaluar el capital invertido para el beneficio social de cada uno de los trabajadores de las empresas de esta industria, calculado como la sumatoria de la inversión en programas de seguridad industrial, salud ocupacional, capacitación, auxilios y beneficios, recreación y cultura al interior de las organizaciones.

### **INDICADOR DE INVERSIÓN SOCIAL EXTERNA POR EMPLEADO**

Determina el valor total representado en bienes y servicios en que incurren las empresas, con el objeto de mejorar el entorno

ambiental, social o cultural y que tiene relación indirecta con el proceso productivo.

Está calculado como el valor de las campañas ecológicas, donaciones, desarrollo comunitario, programas de educación y recreación de la comunidad, aporte a gremios y organismos sin ánimo de lucro, apoyo a investigación y desarrollo, y otros programas de beneficio a la comunidad.

### **INDICADOR ECONOMICO**

El desempeño económico de las empresas, está medido con base en los criterios establecidos por los economistas y tomado como modelo por el CECODES.

### **INDICADOR DE APORTE AL PRODUCTO INTERNO BRUTO**

El cálculo está dado como la sumatoria de las utilidades, los impuestos, los aportes parafiscales, los costos financieros, los pagos en salarios y servicios públicos.

Adicionalmente, se requiere la información sobre el Producto Interno Bruto Nacional, cifra que proveen anualmente las agencias del Estado encargadas del manejo macroeconómico

### **COMENTARIO FINAL**

Los indicadores ambientales, incluyendo el de energía, que se presentan en este trabajo, ya han sido probados y validados en un primer ejercicio piloto efectuado en algunas de las empresas afiliadas a ASOGRAVAS. Para los indicadores sociales y económicos en el momento de escribir este documento, se está iniciando un trabajo que

permita recolectar la información necesaria para estructurar EL REPORTE DE SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA DE AGREGADOS EN COLOMBIA.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Cambiando el Rumbo - Colombia. Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible – CECODES, Bogotá D.C., 1997
- Contemporary Environmental Accounting: Issues, concepts and practice, SCHALTEGGER STEFAN y BURRITT ROGER. 2000
- Environmental Impact Assessment. CANTER LARRY, Mc Graw Hill. 1996
- Guía de Indicadores Ambientales para la industria Petrolera, Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL, Bogotá D.C.1997.
- Indicadores de gestión ambiental para la etapa de beneficio en la minería de gravas y arenas en la Sabana de Bogotá. LEÓN CRUZ ROBER. Tesis de magíster en Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes. 1999.
- Indicadores de gestión ambiental para la etapa de explotación en la minería de gravas y arenas en la Sabana de Bogotá. SARMIENTO JUAN CARLOS. Tesis de magíster en Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes. 1998.
- International Organization for Standardization, ISO 14031, Environmental Performance Evaluation – Guidelines, 2000.
- Measuring Eco-efficiency in Business: Developing a core set of eco-efficiency indicators, preparado por NATIONAL ROUND TABLE ON THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY, Canada, 1997.

Sustainability Reporting Guidelines, realizadas por GLOBAL REPORTING INICIATIVES - GRI, apoyado por Coalition for Environmentally Responsible Economies – CERES y el United Nations Environment Programme – UNEP, 2000.

## **MINERIA Y DESARROLLO SOSTENIDO VISIÓN DEL BRASIL**

*José Eduardo A. Martinez*

Coordenador-Geral de Mineração  
Ministério de Minas e Energia  
Secretaria de Minas e Metalurgia

---

### **CONCEPTOS Y DESAFÍOS**

**Minería y el Desarrollo Sostenido** Algunos conceptos y desafíos están aquí en destaque en el sentido de demostrar como estamos tratando las cuestiones e presiones que recaen sobre lo sector minero, no solamente en Brasil, pero en la grande mayoría de los países. Muchas son en función de la falta de dialogo, desconocimiento de la importancia sectorial, falta de percepción, e también los inmensos pasivos ambientales generados por la actividad minera que heredamos de los ancestrales.

Dentro de los conceptos y desafíos, destacamos que las acciones del presente no deben afectar la capacidad del medio físico de garantizar las necesidades de las generaciones futuras y reconocer el manejo de los recursos como parte integrante de proyectos sostenibles, e que el Brasil reconoce que los recursos minerales son esenciales para mantener y mejorar la calidad de vida, el crecimiento económico, y la igualdad en el tratamiento de las generaciones presentes y futuras.

El Gobierno Brasileño entiende que la producción, uso, reutilización, reciclaje y la disposición final segura en el ambiente, deban incorporarse en el concepto de desarrollo, e que la minería debe ser tenida como instrumento de desarrollo regional y fijación del hombre a la tierra, así como, fuente generadora de riqueza y trabajo, reductora de las desigualdades sociales, siendo, para tanto, necesario

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*

demostrarse la reconocida importancia del sector minero como proveedor de la materia prima en el proceso productivo de género del consumo y servicios.

Las medidas en curso en cada nación o localidad en provecho de la sustentabilidad, deben sumarse a los planos de cooperación en los niveles económicos, sociales, medioambientales y intercambio de información y tecnología, favoreciendo la oportunidad de armonizar las acciones en todos los niveles, una vez que la minería, aunque presente en el inicio de la presencia humana en el planeta, ha sido una de las actividades menos aceptada por la sociedad con relación a su inserción en el concepto de Desarrollo Sostenido – D&S.

Hay que diferenciar la visión conservacionista, restrictiva para las actividades antrópicas, sobre todo, con relación al uso de los recursos no renovables y que alteran el medio físico, de lo otro punto, donde se insertamos nosotros, la visión de desarrollo, donde, por medio del uso racional de los recursos minerales, se puede desear un bienestar para la sociedad como un todo. No habiendo una receta universal, se vuelve requisito lo ejercicio de la actividad minera dentro de los parámetros de D&S y debe llevar en cuenta las peculiaridades y las jurisdicciones respectivas de cada país o territorio.

Los movimientos internacionales en provecho de la sustitución poco a poco de algunos minerales y metales, sólo no señala daño y perjuicios al equilibrio comercial, pero también para el aumento de las desigualdades y amenazas a los procesos de D&S. De este desafío, lo Ministerio de Minería y Energía / (MME-SMM) viene trabajando en la busca de la inserción de la actividad minera en el proceso de desarrollo sostenido en varios foros.

Se espera que todos los compañeros que están involucrados en el sector deban asumir los compromisos con la cualidad de la producción minera. En este sentido listamos algunos aspectos relevantes en la busca de que se mejore los procesos, así como:

- Maximizar el uso de los recursos minerales con mejoras en el proyecto, con la reducción de los costos y impactos ambientales;
- Buscar las mejores tecnologías disponibles para la extracción y procesamiento minero;
- Minimizar la generación de los residuos y desechos;
- Usar con eficacia la energía, los materiales, el agua y las sustancias químicas;
- Reutilizar, reciclar, buscar nuevos usos y asegurar la disposición final de manera segura;
- Prevenir posibles riesgos de seguridad y para el ambiente, recuperar y proteger el medio ambiente;
- Establecer cronogramas de todas las fases del proyecto;
- Asegurar la salubridad ambiental, aun después del cierre de la mina, conservando la calidad de la tierra / suelo y de las aguas;
- Promover el manejo de sustancias peligrosas de una manera segura;
- Promover la auto sustentabilidad de los ecosistemas, conservando la biodiversidad (Fauna y Flora);
- Integrar la recuperación ambiental de forma simultánea con actividad productiva (gestión integrada);
- Buscar acciones compensatorias para impactos importantes;
- Invertir en mejoras tecnológicas, sobre todos para reducir los impactos medioambientales;
- Quitar las instalaciones y los equipamientos después del cierre de mina;
- Prever medidas del complemento después del límite;

- Administrar y monitorear todas las áreas de influencia del proyecto;
- Contribuir con las percepciones de los varios segmentos de la sociedad de los beneficios de la actividad;
- Proveer de estrategias de desarrollo comunitario cuanto a agregar valores económicos, sociales, ambientales y culturales - (maximizar la satisfacción social);
- Mejorar el diálogo con las comunidades y las involucran de la concepción / exploración al cierre, siempre de forma participativa;
- Compartir los beneficios económicos e mantener la sociedad informada;
- Evaluar y asegurar el uso futuro viable de la tierra y la calidad de vida después del cierre de la actividad minera y en el contexto de la integración regional.

Para el éxito de las propuestas a los desafíos, necesitamos mejorar las condiciones y necesidades básicas de la estructura gubernamental, dando lo mínimo para el desempeño de su papel de gestor, controlador y fiscalizador de la actividad minera en todas las fases, desde la concepción a la fase de cierre, incluso las perspectivas de uso futuro de la tierra. En esto sentido, destacamos:

- Proveer el País del conocimiento geológico básico de todo su territorio;
- Ejercer la función del controlador y fiscalizador de una manera articulada en los varias ámbitos gubernamentales;
- Intensificar el diálogo entre el Gobierno, industria mineral y sociedad civil (ONG y comunidad local);
- Incentivar a los proyectos mineros auto-sostenidos;

- Proveer los organismos de mando y fiscalización con numero adecuado de técnicos, equipamientos y condiciones de trabajo;
- Establecer programas de entrenamiento y capacitación de personal;
- Ejecutar un amplio diagnóstico de lo pasivo ambiental en el país, áreas degradadas activas, abandonadas o huérfanas;
- Optimizar el uso de los recursos financieros que son disponibles por el gobiernos para lo sector de minería;
- Armonizar las normas y los procedimientos en todas las provincias o regiones;
- Promover la captación de recursos para proyectos ambientales en el sector minero – pequeña minería;
- Crear mecanismos de apoyo técnico y económico para las garantías ambientales;
- Intensificar las aparcerías entre los varios organismos sectoriales;
- Modernizar y actualizar, cada vez mas, la legislación vigente en el País;
- Administrar los recursos hídricos. – Secretarías del ambiente de las provincias o otra institución.

Cuanto a las presiones sobre la sustentabilidad de lo sector minero brasileño, tenemos un rápido resumen de las demandas del sector minero y que son percibidas por el organismo – Departamento Nacional de la Producción Minera – DNPM.

### **DEMANDA DEL SECTOR MINERO FORMAL**

#### **Actos publicados y procesos DNPM**

Volumen total de procesos en tramitación:

- Más de 155.000 procesos activos hasta jun./2002, en un total de áreas pleiteadas = 232 millones de Hectáreas (27% do País) / 26.898.247 hectáreas con titularidad.

#### **TIPOS DE LICENCIAS / PERMISOS**

Portarias de Lavra: 5.878

Alvarás de Pesquisa: 32.287

Licenciamentos: 7.847

Registros de Extração: 60 (25 en 2002)

#### **PRINCIPALES LICENCIAS MINERAS EN 2002 (HASTA JUNIO)**

Alvarás de Pesquisa: 3.884 (exploración)

Licencimentos: 688 (piedras & arenas)

Portarias de Lavra: 145 (explotación) / (relieve para las aguas minerales y las rocas ornamentales)

Enumeramos abajo, algunos de los principales problemas ambientáís del sector minero actual pendientes y que hay un desafío a sí vencer.

**Serra Pelada** y otras áreas de minería artesanal con pasivos ambientales no solucionados – destacamos el sur de la provincia de PARÁ – AMAZÔNIA BRASILEÑA.

El caso **ICOMI** – grande mina de Manganese en el municipio de SERRA DO NAVIO no estado do AMAPÁ. La mina en fase de cierre de faena minera, donde hay problemas con las comunidades, algunos residuos con la presencia de contaminantes, cuestiones de transferencias de patrimonio para la provincia, algunos pasivos viejos y montones de desechos y otros.

**Asbestos** – proyecto de prohibición en el País. Vale destacar que las fibras brasileñas son del tipo “Chrysotile”, que es un mineral del grupo de las serpentinas, distinto de los anfíbolitos condenados por la comunidad de los países europeos del occidente. La única mina brasileña esta certificada con las series ISO 9.000 y 14.000, así como las convenciones de OIT.

**Minería en Áreas Metropolitanas** – arena y otros agregados / la pequeña y media minería que atienden a los mercados locales con minerales de uso en las construcciones. Si considerar que el déficit de habitaciones y los precios practicados que reflejen en los costos finales, en especial para las familias de menor poder de compra, ese tema tornase un grande desafío de todos.

**Pasivos ambientales y actividades irregulares** – en esto tenemos las minas abandonadas o huérfanas, muy anteriores a actual legislación, actividades irregulares, sea por la falta de licencias ambientales o minera.

**Áreas especiales** – Son las áreas de protección ambiental – APA’s, la faja de Frontera, las Áreas Indígenas y otras con restricciones.

**Carbón mineral** – Provincia en el sur de país (Santa Catarina) – hay un grupo de trabajo con los gobiernos central, de la provincia, el sector productivo, comunidades y ONG’s para solucionar los extensos pasivos ambientales en la región de “CRICIUMA” y buscando mejores técnicas del proceso minero.

A fin de acompañar y avanzar en las cuestiones sobre el tema, el Ministerio de Minería, a través de la Secretaria de Minas y Metalurgia, participa de varios foros importantes para tratar de esas cuestiones, donde destacamos: **GEO BRASIL** – Perspectiva Global para el Medio Ambiente -documento sobre el subsuelo elaborado para IBAMA – Instituto Brasileño de Medio Ambiente.

**CAMMA** – Conferencia Anual de los Ministerios de Minas de las Américas – Minería y Desarrollo Sostenido – último

documento: Ciudad de Santo Domingo – República Dominicana (2001).

**MMSD** – Minerales y Metales y el Desarrollo Sostenido – Informe Final Brasil concluido en marzo / 2002.

**MERCOSUR** – Grupos de trabajo

- SGT's 02 + 09 – Minería y Energía:

Tema – llave: Minería & Desarrollo Sostenido

- SGT 06 – Medio Ambiente:

Cuestiones ligadas al sector minero-metalúrgico – realce para la competitividad y medio ambiente.

### **CONCLUSIONES**

Entendemos que los Indicadores de Sustentabilidad para la Industria Extractiva Minera deben considerar los aspectos Económicos, Sociales y Ambientales, junto a la disponibilidad técnica o tecnológica, siempre respetando las necesidades de cada nación, territorio área o lugar.

Cuestión llave a ser enfrentada por empresas y gobierno:

- ✓ Establecer con precisión los indicadores del desarrollo sostenido para el sector minero y mantener la sustentabilidad en equilibrio, de una manera dinámica y continua, entre las varias acciones antrópicas en el medio físico y las cuestiones económicas, sociales y ambientales, antes, durante y después de la actividad minera”

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD**

*Rocio Gordillo*

PUCP - Perú

---

Hoy en día, la visión de “desarrollo” del sector minero debe ser compatible con un enfoque de sustentabilidad. Este enfoque requiere de parte de los actores involucrados (empresa, gobierno y comunidades) la generación y establecimiento de indicadores de sustentabilidad que permitirán medir logros, de manera efectiva y confiable.

La herencia de pasivos ambientales de la minería en América Latina, ha generado desconfianza de parte de la población, y resulta difícil convencerla de los beneficios de un proyecto minero. La contaminación de cuencas con metales pesados, la destrucción de hábitats y en general la existencia de áreas impactadas por la minería, constituyen una imagen negativa que obliga a desarrollar estrategias y establecer programas de trabajo en zonas aledañas a su operación, llevándose a cabo desde su fase exploratoria, como puede verse últimamente. Estos programas deben coincidir con las metas de desarrollo social, económico y ambiental de la población, teniendo en cuenta que la minería debe manejarse bajo un enfoque de desarrollo sustentable. Las empresas mineras hoy en día, deben desarrollar una mejor comunicación con los actores involucrados, que les permita un trabajo conjunto, con responsabilidades y roles claramente definidos.

En general, las regulaciones ambientales existentes, apuntan cada vez más a estándares mucho más exigentes que aseguren no sólo las más altas normas en salud y seguridad de los trabajadores sino también la protección ambiental del entorno, lo que incluye, hábitats, población, suelos, agricultura y recursos naturales en general.

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

La actividad minera involucra a varios actores: gobiernos nacionales y locales, Instituciones representativas, Organizaciones de la sociedad Civil y ONG's, comunidades locales, trabajadores y empresa. La articulación ordenada y comprometida entre estos actores, permitirá contar con:

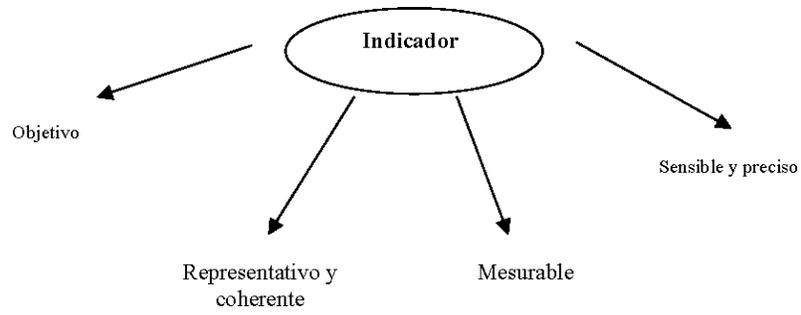
- Ciudadanos informados sobre sus derechos y obligaciones respecto al medio ambiente.
- Un Estado que a través de sus diferentes instancias informe a los ciudadanos y fiscalice las actividades públicas y privadas que tienen obligaciones ambientales fiscalizables.
- Empresas e Instituciones que sean responsables ambientalmente y con disposición para aportar en acciones y compromisos de gestión ambiental ciudadana.

En la práctica los roles no son asumidos en su totalidad, originándose conflicto entre las partes, pudiéndose identificar:

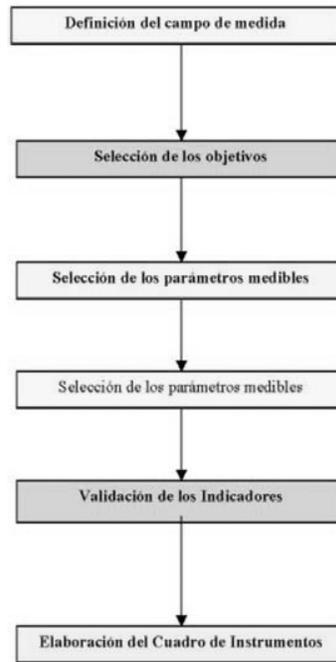
- Del lado de la Empresa: falta de información a la población de las actividades a desarrollar en el proyecto minero, que permite especular sobre posibles contaminaciones y genera una mayor desconfianza y rechazo de parte de la población. La negativa labor de algunas instituciones en contra de la minería, ha conseguido exista recelo de la empresa por comunicar el detalle de las operaciones.
- De lado de las Comunidades, existen expectativas altas de compensación, no teniendo en consideración los beneficios del proyecto, como podría ser una diversificación de la economía, nuevas oportunidades de empleo, desarrollo de infraestructura. Asimismo, la participación ciudadana es vista como un referéndum: “Si nosotros no aprobamos, no se ejecutan los proyectos empresariales”.

- Del lado del Gobierno: los gobiernos nacionales tienen la responsabilidad de crear un marco regulatorio para la actividad minera. Pero resulta necesario el fortalecimiento de los gobiernos locales para que sean capaces de asumir su rol en las aplicaciones de las regulaciones como en el manejo de la riqueza generada por la actividad minera. En muchos de los casos, puede verse que es la Empresa minera la que asume establece programas de inversión en la localidad, priorizando necesidades y asumiendo roles que deberían ser competencia de los gobiernos locales.
- Ausencia de planificación adecuada para homogeneizar criterios en la recolección de información. Se necesita mayor eficiencia para lograr información confiable, precisa y accesible, que permita establecer una línea de base y posteriormente conocer los cambios producidos.

La concepción de la minería con un enfoque de desarrollo sustentable, supone vigilar que la actividad minera contribuya al bienestar no sólo de la generación presente sino de la futura. Para poder comprobar que la realidad coincide con el concepto de desarrollo sustentable, se requieren de medidas verificables que permitan evaluar el progreso obtenido y fomentar avances en los logros. Es así como el concepto de indicadores de sostenibilidad cobra importancia y se convierte en la herramienta para el seguimiento y control de la gestión.



### **Construcción de un Indicador**



El diseño y selección de estos indicadores debe estar basado en información confiable y precisa, siendo responsabilidad de los gobiernos y de las mismas empresas el utilizarlos como herramienta que permita comprobar los resultados obtenidos de su gestión ambiental y del desarrollo que la actividad pudiera haber ayudado a conseguir.

### **CASO DE PERÚ: PROYECTO TAMBOGRANDE**

En el Perú existe un marco legal que regula la actividad minera:

- Constitución vigente, que establece el derecho de “habitar en un ambiente saludable y equilibrado, que sea adecuado para el desarrollo de la vida”.
- El Código de Medio Ambiente y los recursos Naturales, DL 613 del 7/9/90 que establece la obligatoriedad de los estudios de Impacto Ambiental y el principio de participación ciudadana en el proceso de aprobación de los Estudios.
- DS 016-93-EM que aprueba el Reglamento de protección Ambiental para las Actividades Minero-Metalúrgicas
- Normas y leyes de otros sectores involucrados directamente con la operación, como sería las regulaciones del Ministerio de Agricultura para el uso de Aguas, las del Ministerio de Salud para el caso de almacenamiento de residuos y descargas de efluentes y las del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para las construcciones de carreteras.

Existe a la fecha un proyecto minero situado al norte del país que ha merecido el rechazo de la población desde su fase exploratoria y que a pesar de constituir una gran fuente de riqueza por el contenido mineral (Cu, Ag, Au) resulta una amenaza para las comunidades agrícolas asentadas en la región, producto de un mal

manejo de la comunicación, estudios insuficientes y falta de planes de desarrollo en el ambiente local.

El Proyecto Tambogrande se encuentra ubicado en la parte norte del Perú, en el distrito de Tambogrande, provincia de Piura, departamento de Piura, a 50 km de la frontera con Ecuador. Este proyecto, cuenta con dos cuerpos mineralizados, estando uno de ellos ubicado en el propio pueblo de Tambogrande, lo que requerirá de una nueva ubicación para una parte de la población, en caso de que el proyecto sea viable. Es un desafío llevar este proyecto adelante y constituirá una necesidad y responsabilidad de las partes involucradas el seleccionar desde el inicio, indicadores adecuados que permitan:

- a) la evaluación y seguimiento de la gestión ambiental de la empresa minera a cargo,
  - b) las mejoras obtenidas en beneficio de la población y
  - c) los avances de los programas de desarrollo planteados.
- a) Desde el punto de vista de la operación (gestión ambiental de la empresa) hay ciertas variables que deben ser tomadas en cuenta desde el inicio. La factibilidad del proyecto permitirá estimar y evaluar los impactos y las consiguientes medidas preventivas. Por ello es necesario definir las variables que deben ser tomadas en cuenta:

**Atmósfera:**

- Clima
- Calidad de aire y ruido

**Ambiente terrestre:**

- Fisiografía y geología
- Geología Superficial y suelos
- Potencial de generación de aguas superficiales

- Vegetación
- Vida Silvestre

**Ambiente Acuático:**

- Hidrología Superficial
- Calidad de aguas superficiales
- Recursos pesqueros
- Invertebrados bénticos
- Hidrogeología

**Recursos Históricos y Arqueológicos:**

- Patrimonio Cultural
- Aspectos de paisaje

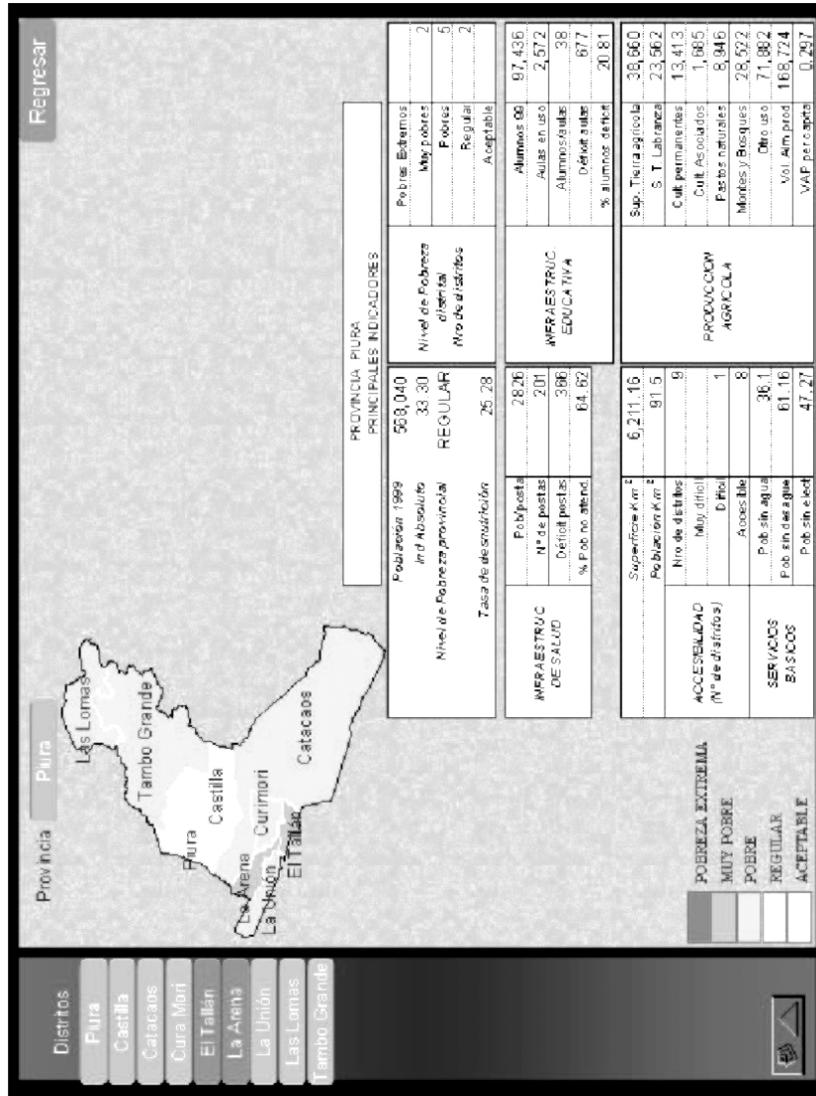
**Condiciones Socio-Económicas:**

- Población y demografía
- Economía regional
- Transporte y Comunicaciones
- Infraestructura comunal
- Comunidades y servicios comunitarios

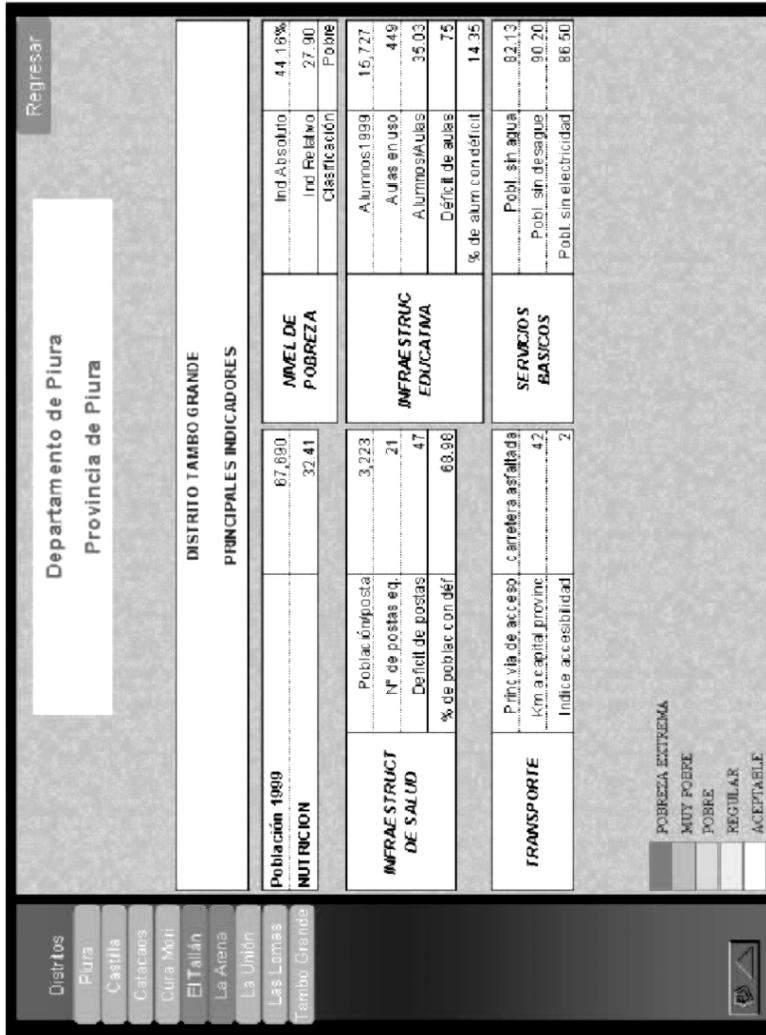
Todas éstas constituyen las variables definidas en un Estudio de impacto Ambiental y a las que se les hará seguimiento a través del monitoreo continuo, sea de parte de la misma empresa o a través de la fiscalización exigida por la autoridad. Los indicadores seleccionados nos proporcionarán a través de los resultados obtenidos, la efectividad de los planes propuestos.

- b) La minería constituye una fuente de generación de mano de obra indirecta y ayuda al desarrollo de la economía local, a través de

mejoras que se reflejan en capacidad de ofrecer servicios, crear nuevos mercados y todos estos beneficios pueden también ser monitoreados, debiendo para ello contar con información base. La selección de indicadores en base a los objetivos que se desean alcanzar (por ejemplo, capacidad organizativa de la población, mejora en la productividad agrícola, etc). Y aquí es donde surge el problema, ya que se advierte la falta de homogenización en el levantamiento de la información, obteniéndose por un lado información del último Censo poblacional (1993) que difiere de la información levantada por Foncodes, otra institución de gobierno. A continuación se presentan los indicadores de pobreza de la región, trabajados por Foncodes, y luego los indicadores socioeconómicos del distrito de Tambogrande cuya fuente es el último Censo Nacional de Población y Vivienda (1993).



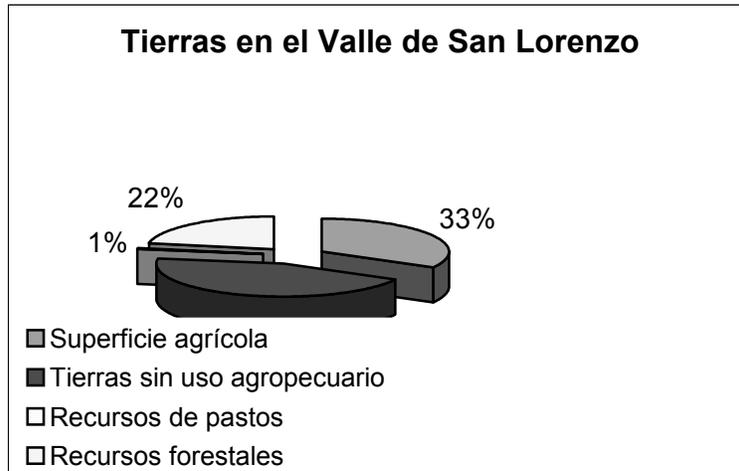
Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores



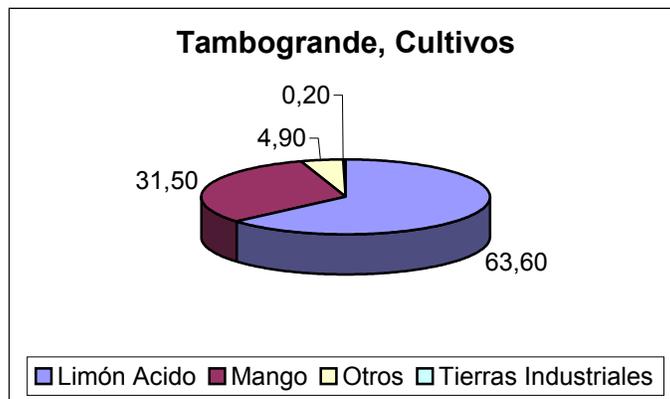
En la zona se encuentra en el Valle de San Lorenzo, donde existe un reservorio con una capacidad aproximada de 258 millones

Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores

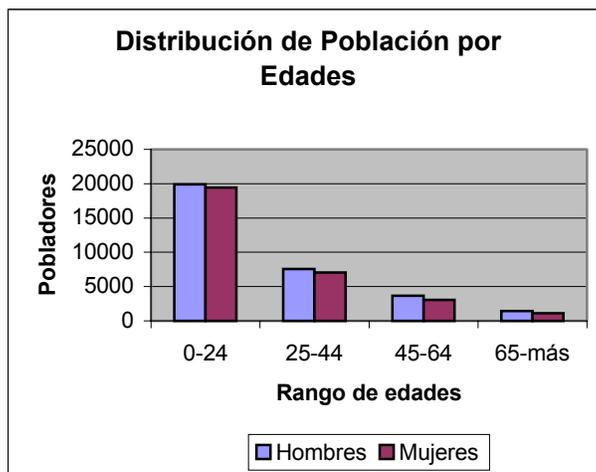
de metros cúbicos que alimenta una extensa red de irrigación que se extiende hacia el sur y hacia el oeste. El valle abarca un área aproximada de 114 603 Has., de las cuales la superficie agrícola representa el 33% y las tierras sin uso agropecuario el 44.5%. Los recursos de pastos (alfalfa, pastos cultivados y naturales) representan el 0.5% de área total y los recursos forestales (algarrobos, zapote, sauce, casuarinas, carrizo, etc.), representan el 22% restante.



Sin embargo, viendo desde una escala menor, refiriéndonos específicamente a Tambogrande, de un total de 11,132 Hectáreas más del 90 % está dedicado a cultivos permanentes, siendo el 63.6% dedicado a la producción de limón mientras que sólo el 0.20 % pertenece a tierras industriales. Po eso es que deben definirse escalas convenientes para el área estudiada.



Según el Censo más reciente (1993), la población del distrito de Tambogrande ascendía a 63,183 habitantes, de las que el 64% corresponde a centros poblados rurales y el 36% a centros poblados urbanos. En cuanto a la distribución de población por edades, constatamos que se trata de una población mayoritariamente joven:



La Población Económicamente Activa (PEA) de Tambogrande la conforman 19 608 personas (31 % de la población total), de los que el 84.5 % son hombres y el 15.5% mujeres. Para el 76 % de esta PEA, la agricultura constituye la fuente de ingresos.

De todos estos indicadores presentados, serán seleccionados aquellos que sean considerados como más sensibles a variaciones ante un factor externo, como sería la existencia de la minería en la zona, además de las otras consideraciones que deben ser tomadas en cuenta. Sin embargo, es necesario que el Estado asuma la responsabilidad de poder estandarizar el levantamiento de información que, como puede verse, difiere en el mismo indicador elaborado por diferentes instituciones gubernamentales.

- c) El conocimiento o diagnóstico de la zona permitirá llevar adelante planes para el desarrollo de Tambogrande. En la actualidad, la empresa minera a cargo enfrenta desconfianza de la población, originada por la herencia de contaminación en otros lugares del país, la falta de información referente a actividades que realizará la empresa en la zona y de otro lado se tienen exigencias de la población, muy por encima de la capacidad de la empresa.

Dentro de las actividades económicas de Tambogrande se pueden identificar:

**Actividad comercial:** incipiente y dedicada a venta de productos de pan llevar, teniendo mercados potenciales para desarrollar como producto de la necesidad de ciertos servicios que puedan generarse. El difícil acceso al crédito y la falta de infraestructura adecuada son factores que deberán ser tomados en cuenta para fomentar la diversificación de esta actividad.

**Actividad Industrial:** que podría ser estimulada a través de asistencia técnica y capacitación a pequeños industriales dedicados al procesamiento de frutas y actividades de embalaje de las mismas.

**Actividad Agropecuaria:** en la que se advierte poca capacidad organizativa, servicio de riego deteriorado por falta de mantenimiento de la represa de San Lorenzo, mal estado de vías, poco acceso al crédito, siembra no planificada de cultivos.

De otro lado, de los indicadores socioeconómicos mostrados, la problemática de Tambogrande la constituye, la falta de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica, además de deficiencias en el área de salud, educación y transporte.

Este diagnóstico inicial, permitirá llevar a cabo planes de desarrollo en base a la priorización de las necesidades y el fomento de actividades económicas que sean potencialmente expandibles.

Medir el progreso a través de los indicadores puede ser un asunto más o menos complejo, y se necesita que se eliminen las deficiencias en el diseño de levantamiento de información de parte de los organismos gubernamentales responsables. De esta manera, las empresas asumen la responsabilidad de implementar indicadores que les permita medir sus logros, y aseguren que los cambios obtenidos, respondan a lo ejecutado y no a otras razones.

## INDICADORES SOCIO ECONÓMICOS DEL DISTRITO DE TAMBOGRANDE – 1993

	Tambogrande	Piura	Perú
<b>Indicadores demográficos y de salud:</b>			
Población Total	63,950	1'409,262	22'639,443
Tasa de crecimiento poblacional 81-93	1.4	1.7	2
% Población rural	64	29.6	29.9
Tasa mortalidad infantil		65.7	58.3
% niños 1º primaria con desnutrición crónica	50.5	49.9	48.3
<b>Indicadores de vivienda y del hogar</b>			
% hogares sin agua, ni desagüe, ni electricidad	58.6	25.9	18.8
% hogares sin agua de red o de pozo	74.4	33.9	29.5
% hogares sin alumbrado eléctrico	86.2	57.3	42.9
% jefes de hogar analfabetos	26.9	17.9	13.7
<b>Indicadores de educación:</b>			
Tasa de analfabetismo población 15 años y más	25.5	16.3	12.8
Tasa de analfabetismo mujeres 15 años y más	33.2	21.2	18.3
<b>Indicadores de Trabajo y Empleo:</b>			
% población ocupada de 15 años y más en agricultura	75.5	45.0	31.0
% población ocupada de 15 años y más en servicios	18.4	38.4	50.6
% población ocupada de 15 años y más en establecimientos de menos de 5 personas	84.3	73.8	67.1
% población ocupada de 15 años y más asalariadas	53.6	42.3	47.0

# IV. Regiões

## Estudio de casos

---

## A UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA EXTRACTIVA DA CE

*Luís Martins*

Director de Departamento do Instituto Geológico e Mineiro,  
Apartado 7586, 2721- 866 Alfragide, Portugal, Tel.: (351) 214 718  
922, Fax: (351) 214 718 940, e- mail: [luís.martins@igm.pt](mailto:luís.martins@igm.pt)

---

### INTRODUÇÃO

Os 15 países da CE consumiram em 2000 cerca de 30 toneladas/ per capita de matérias primas minerais, necessários para manter o seu nível de vida, o que representou um consumo total de **11 295 Mt**. A indústria extractiva é a única que pode obter estes materiais para uso doméstico e industrial. É obvio que o processo usado para extrair da Terra estes produtos minerais tem um impacto no nosso ambiente.

No entanto e apesar da moderna indústria extractiva (pós anos 60) não ser dos sectores mais poluentes, é vista pela opinião política e pelos media e classe política com uma má imagem. Contudo esta imagem é muitas vezes injusta e deturpada, confundindo-se muitas vezes impacte ambiental com impacte visual. Sublinhe-se que estimativas recentes publicadas pela Agência Europeia do Ambiente indicam que a área total da Europa afectada por poluição de nitratos e pesticidas resultantes da **agricultura é 600 a 1200 vezes** superior à causada pela actividade mineira, embora esta actividade seja normalmente vista como um mal necessário. Por outro lado a aprovação, implementação e desenvolvimento das recentes directivas da Comunidade Europeia, tem limitado consideravelmente o acesso da indústria a recursos geológicos essenciais, o que é altamente penalizante, já que a localização geográfica de um depósito

geológico de alto valor económico é controlado pelo processo natural e não pode ser escolhido ou modificado.



Na indústria extractiva o carácter de “contaminado” que pode vir a ser conferido ao meio ambiente, por via da exploração, resulta principalmente da acumulação de produtos “estéreis” da extracção e de rejeitados da concentração dos minérios e da circulação de efluentes líquidos portadores de metais pesados e reagentes (alguns com componente orgânica na sua constituição). São, assim, as questões de natureza “**química**” que adquirem, na maior parte das vezes, maior relevância, quer pela toxicidade inerente aos elementos e componentes envolvidos, quer pela extensão da sua influência. Porém, esta vertente da problemática ambiental não pode ser dissociada de outros aspectos como, por exemplo, os relacionados com a segurança de pessoas e bens, sendo certo que situações de risco podem ocorrer devido à existência de estruturas físicas abandonadas e, frequentemente, em ruína, de escavações, poços e

galerias sem vedações ou qualquer outro tipo de protecção e ainda de eventuais fenómenos de subsidência provocados por abatimentos ou desmoronamentos de trabalhos subterrâneos.



### **Minas do Lousal- Faixa Piritosa Ibérica, Alentejo, Portugal**

É sabido que, nos países desenvolvidos, as autoridades e os operadores económicos vêm a observar, cada vez mais, o princípio genérico de que um “desenvolvimento industrial verdadeiramente sustentado tem que incluir uma componente ambiental”, por forma a que a extracção mineral não venha a prejudicar o uso subsequente da terra e das águas superficiais e subterrâneas, nem o ordenamento das regiões. Por outro lado, é facto que, no passado, a exploração mineira se norteava por critérios do melhor aproveitamento das jazidas com base em critérios essencialmente económicos. Do exercício desta forma de política resultaram situações de evidente perigosidade ambiental que foram sofrendo natural agravamento com o decorrer do tempo de abandono, sem controlo, da actividade. Estes factos deram lugar a que os governos dos países desenvolvidos, nomeadamente da CE, considerem actualmente os factores ambientais com um peso

muito superior aos económicos e sociais, ou seja, o desequilíbrio inverteu-se ou está em vias disso. Este quadro, com expressiva visibilidade num continente com largas tradições e história mineiras como a Europa, gerou a necessidade de serem definidos **indicadores de desenvolvimento sustentável**, que possam medir objectivamente estes desequilíbrios e contribuir decisivamente para um melhor balanço entre os factores económicos, ambientais e sociais.



**Mina de São Domingos- Faixa Piritosa Ibérica, Alentejo,  
Portugal.**

### **O GRUPO DE TRABALHO "RAW MATERIALS SUPPLY GROUP" (RMSG)**

O objectivo principal deste grupo, formado há alguns anos, sob a égide da Direcção- Geral Empresa da CE, é melhorar a competitividade sustentável da indústria extractiva. Pretende-se promover a troca de informação e a discussão de assuntos relacionados com aquela temática, envolvendo vários "stakeholders", como representantes da própria Comissão, delegados dos países membros e dos países candidatos, associações industriais e "NGOs" interessadas em participar.



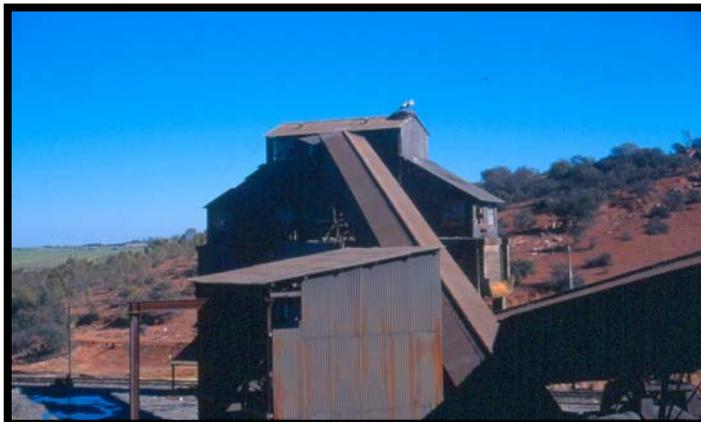
### **Exploração de argilas na área de Barracão, Pombal, zona centro de Portugal**

Em 2000 este grupo de trabalho conseguiu produzir uma Comunicação- COM (2000) 265- sobre a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável na indústria extractiva (foi o primeiro sector industrial europeu a fazê-lo), intitulada "**Promoting sustainable development in the EU non- energy extractive industry**", na qual se propõem algumas acções prioritárias, de que se salienta a necessidade de manter e incrementar o diálogo entre todos os parceiros e consequentemente de se criarem grupos de trabalho que abordem de forma pragmática aquelas prioridades. Assim, posteriormente foram criados grupos para estudarem os temas "Segurança Mineira", "**Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**", "Alargamento" e "Reestruturação do RMSG".

## **O "MINERALS POLICY SECTOR" DOS "EUROGEOSURVEYS"**

A Associação dos Serviços Geológicos Europeus, "Eurogeosurveys", inclui neste momento todos os países da Europa dos 15 e ainda a Noruega, Suíça e Islândia e mais recentemente a Bulgária, Polónia, Hungria e República Checa. A sua estrutura contempla 11 diferentes tópicos temáticos ("Policy Sectors"), que têm como principal objectivo divulgar e promover o papel dos Serviços Geológicos em cada uma daquelas áreas de intervenção junto aos organismos da CE.

Um daqueles grupos de trabalho, denominado "**Mineral Resources**", integra vários membros com uma longa tradição mineira, os quais contribuiriam decisivamente para a descoberta de novos depósitos minerais, que têm garantido o abastecimento destas matérias primas à Europa e mantendo assim a qualidade de vida dos cidadãos europeus, assegurando ao mesmo tempo um desenvolvimento sustentável e equilibrado.



**Antigas instalações das Minas de Aljustrel- Faixa Piritosa  
Ibérica, Alentejo, Portugal**

Por outro lado, estas organizações têm sido actores essenciais no processo de manter-se um equilíbrio entre as necessidades da indústria e as do ambiente, fornecendo **conhecimento geocientífico multidisciplinar** em aplicações práticas, de uma forma imparcial. Este conhecimento tem assim ajudado os governos, a indústria e o público em geral a assegurar que a actividade mineira decorra de uma forma ambientalmente amigável. O "Minerals Policy Sector" (MPS) tem como membros, representantes dos Serviços Geológicos de Portugal (IGM- coordenador), França (BRGM), Espanha (IGME), Suécia (SGU) e Reino Unido (BGS), os quais formam o Comité Executivo e ainda, como membros correspondentes, a Grécia (IGME), Noruega (NGU), Alemanha (BGR), Irlanda (GSI), Áustria (GBA), Finlândia (GTK), Dinamarca (GEUS), Holanda (TNO/NITG), Islândia (OS) e Hungria (MAFI). A sua missão assenta nos seguintes pontos:

- Promoção e acompanhamento do desenvolvimento de todas as acções relacionadas com recursos minerais.
- Aplicação de informação e conhecimento geocientíficos na prospecção de recursos minerais na CE.
- Intervenção no estabelecimento de uma política europeia de investigação de matérias primas minerais, sem esquecer os aspectos relacionados com o ordenamento do território.
- Contribuição para a solução de problemas relacionados com o abastecimento de matérias primas minerais e o ambiente, abordando ainda aspectos relacionados com o património geomineiro.

O MPS tem vindo a participar regularmente nas reuniões e actividades do "Raw Materials Supply Group", tendo inclusivamente produzido vários documentos de opinião em matérias relacionadas com a sua missão, além de estar representado nos grupos de trabalho

"Alargamento", "Segurança Mineira" e "Indicadores de Desenvolvimento Sustentável".

### **INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CE: METODOLOGIA E CRITÉRIOS**

Podemos utilizar diferentes tipos de indicadores de desenvolvimento sustentável, nomeadamente de **pressão**, que descrevem as variáveis que causam os problemas ambientais, de **estado**, os quais reflectem as condições mais comuns do meio ambiente,



**Antiga fábrica de enxofre da Achada do Gamo- Mina de São Domingos, FPL, Alentejo, Portugal**

de **impacte**, mostrando os efeitos finais de uma mudança significativa do contexto ambiental e finalmente de **resposta**, que ilustram os esforços desenvolvidos para solucionar aqueles problemas. A escolha destes indicadores muitas vezes não é fácil, já que eles deverão ser suficientemente relevantes para retratarem fielmente a especificidade de cada uma das situações, bem como serem alicerçados cientificamente e por dados objectivos e concludentes, resistentes a mudanças no espaço e no tempo e do enquadramento social, suficientemente claros, compreensíveis e coerentes, facilmente acessíveis e mensuráveis e capazes de identificar situações de alarme.



### **Pedreira de calcário ornamental em Salgueiras, Maciço Calcário Estremenho, Portugal**

Além disto, os indicadores de desenvolvimento sustentável agrupam-se segundo as seguintes classes ou categorias: social, económica, ambiental e institucional. De salientar o trabalho produzido neste domínio pela "Comission on Sustainable Development" das Nações Unidas.

O grupo de trabalho "indicadores de desenvolvimento sustentável" formado no âmbito do "Raw Materials Supply Group" e atrás referido, tem vindo a trabalhar neste assunto desde o início de 2001, tendo tentado definir critérios e metodologia de trabalho na selecção de indicadores a serem utilizados na CE, de forma a que eles tenham uma aceitação consensual pela respectiva indústria extractiva e por todos os restantes "stakeholders". Assim, os seguintes passos foram já dados:

- 1) O grupo planeou inicialmente apresentar uma série de indicadores para aprovação do Plenário do RMSG até ao final do 1º semestre deste ano, tendo realizado já um total de 6 reuniões.
- 2) Na 1ª reunião foram discutidos, objectivos, âmbito e metodologia, concluindo-se que os indicadores serviriam para melhorar a

comunicação entre os diferentes parceiros envolvidos (indústria, órgãos de administração, público em geral). Os indicadores serão definidos segundo os seguintes níveis: a) empresas e/ ou locais; b) sectores da indústria; c) regional ou nacional; d) CE.

- 3) Nas 2ª e 3ª reuniões foi decidido que os indicadores seriam estabelecidos segundo as categorias ou classe convencionais: a) social; b) ambiental; c) económica; d) institucional.



**Minas da Panasqueira, Centro de Portugal- escombreiras depositadas junto à antiga lavaria do Rio**

- 4) Na 4ª reunião concluiu-se que seria definido um grupo de indicadores para ser testado por um conjunto de empresas, através do envio de um questionário. A IMA ("Industrial Minerals Association") ofereceu-se para seleccionar 15 empresas, o que foi aceite.
- 5) Na 5ª e 6ª reuniões foram discutidas as respostas ao questionário atrás referido, o qual teve uma excelente aceitação. Desta discussão, resultou a selecção de **22 indicadores**, 16 dos quais serão usados à escala de empresa/ local, 6 ao nível nacional dos diferentes estados membros, enquanto 2 deles serão usados em

ambas. Os seguintes tipos de indicadores foram debatidos: Emprego e Educação; Saúde e Segurança- Condições de Trabalho; Investigação, Investimento e Prospecção; Comunicação; Uso de Energia e Recursos. Como casos exemplificativos desta discussão podemos referir que se considerou que a separação entre emprego directo e indirecto era geradora de confusão, pelo que serão tratados em conjunto e quantificados através de um índice denominado "full time employment equivalent" e que o indicador "proximidade de parques naturais" só será utilizado à escala nacional. Finalmente foi sugerido que os objectivos e forma deste exercício deviam ser melhor clarificados, bem como ter especial atenção na publicação dos resultados, já que muitos dos dados são delicados e/ ou confidenciais.

- 6) Em reunião plenária do RMSG realizada em 8 de Março de 2002, estas conclusões foram apresentadas e aceites, tendo sido ainda decidido continuar o trabalho do grupo, no sentido de clarificar os aspectos referidos no ponto anterior, bem como comparar os resultados com outras iniciativas similares e contemporâneas.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CE, *Promoting sustainable development in the EU non- energy extractive industry*, COM (2000) 265, Brussels, May 2000.
- Espí, J. A., *Métodos actuais de análise de qualidade e gestão ambiental, aplicados a operações mineiras*, conferência proferida no IGM, Março de 2002.
- Martins, L., Regueiro, M., Arvidsson, S., *Mining in Europe: the Future*, Documents du BRGM 297, pp. 24-27, BRGM, Orléans, Novembro de 2000.
- Regueiro, M., Martins, L., Féraud, J., Arvidsson, S., *EGS' Opinion on the document of the European Commission Directorate-*

*General Environment, Towards an European strategy for the sustainable use of natural resources*, Madrid, Maio de 2002.

Santos Oliveira, J. M., Matos, J., Farinha, J., Ávila, P., Rosa, C., Martins, L., Machado, M. J. C., Daniel, F., Machado Leite, M. R., *Diagnóstico preliminar das minas abandonadas do País*, Relatório interno do IGM, Lisboa, Maio de 2001.

## **UNIDO'S POSITION**

### **STRATEGY OF THE ORGANIZATION TO ACHIEVE SUSTAINABILITY IN PROJECTS RELATED TO MERCURY POLLUTION OF INTERNATIONAL WATERS CAUSED BY SMALL-SCALE GOLD MINING**

*Christian Beinhoff*

---

Artisanal mining which is sometimes used synonymously with small-scale mining means different things to different people. There is no universal definition of what constitutes an artisanal or small-scale mine. In general, artisanal mining is used to refer to those mining activities carried out by individuals, families, and/or adhoc groups (some form of co-operatives) of indigenous people, the majority of which have no technical skills and lack adequate working tools. Although the term “artisanal mining” is used in some countries, e.g., Zimbabwe, to refer to illegal alluvial gold mining activities, it is used in others to refer to those activities that are carried out without following conventional mining engineering norms. As such a good number of artisanal miners in countries like Brazil, Indonesia and Tanzania are licensed and there are policy drives to get all mining activities licensed as a way of transforming them into organized small-scale mining activities. Although there have been improvements by various countries in recognizing artisanal mining as a significant economic activity, the promulgation of legal frameworks that are conducive to this sector remains elusive.

Despite these activities being individually small, their combined economic and social impacts are substantial for the economies of many developing countries. Globally, it is estimated that up to 12% of metallic minerals, 31% industrial minerals, 20% coal, 10% diamonds and 75% of gemstones production come from small-scale mining operations. In individual countries the economic

benefits are even higher. For example, whereas in Brazil activities of garimpeiros are estimated to produce 50% of the country's total gold production averaging around 60 tons, it is estimated that in both Tanzania and Zimbabwe artisanal miners have the capacity to produce 10 tonnes of gold per year. On average, it is estimated that artisanal miners in Indonesia and Laos have annual gold production of nearly 50 and 0.5 tonnes respectively. Although statistics are hard to establish, estimates show that in Sudan where artisanal gold mining is relatively limited, 10 tonnes of gold have been produced over the last thirty years (1970 to 1999). These activities provide considerable employment especially in the rural areas and thus contribute substantially to poverty alleviation. It was estimated in 1993 by the International Labour Organization, (ILO), that out of the 30 million mineworkers throughout the world, 6 million were engaged in artisanal mining in developing countries. Given the fact that rural poverty is prevalent in most developing countries, artisanal mining has room to contribute fully to economic and social development. It is now widely accepted by large mining companies that artisanal miners are one of the most important tools for finding sizeable gold deposits. Artisanal mining also allows the exploitation of marginal reserves that would otherwise be classified as uneconomical.

Although artisanal mining has shown some positive contributions, it has also suffered negative conceptualization as a misnomer to mineral sector development by host Governments. Whereas some countries choose to ignore the existence of such activities, others lack adequate legal frameworks to regulate them. As a result, the activities are carried out illegally thus denying the host Governments the badly needed revenues. Even in countries that have enacted legal and regulatory frameworks for controlling such activities, the lack of adequate resources limits the capacity to institute them effectively. The combination of this and the lack of technical know-how and financial means make it difficult for miners

to invest in appropriate technology. Mining and processing activities are carried out by manual means or through application of locally improvised but inefficient equipment and tools. As a result, the activities have become synonymous to negative environmental impacts, inefficiency, lack of adherence to health and safety standards, and activities that have negative social impacts. The uncontrolled use of mercury as a cheap means for recovering gold is now threatening the health of miners and members of communities far away from mining areas. Most of the negative factors tend to reinforce one another resulting in a vicious circle that is difficult to break. For example, the lack of regulatory mechanisms means that Governments lose the much-needed revenue that in turn makes it impossible to provide adequate control due to lack of resources. The lack of, technical know-how, access to credit facilities, and technical support coupled with poor organizational structures means that miners are unable to invest in technology and hence cannot improve their working methods. This results in negative environmental impacts, low productivity and hence earnings and the vicious circle continue.

In many gold producing countries, women are major participants in artisanal mining activities. In Laos it is estimated that almost 80% of all artisanal gold panners are women. In Zimbabwe, the majority of the 350,000 estimated artisanal miners are in gold digging and panning with 50% comprising of women and children. In Tanzania, 26% of all 600,000 artisanal miners are estimated to be women most of which mine gold and gemstones. In Sudan it is estimated that 35% and 10% of the miners consist of women and children in the Southern Blue Nile and Eastern Bayuda Desert regions respectively. Despite these impressive figures, the number of women miners with mineral rights is still limited. In other words the majority of women operators are still in the illegal miners category. Direct entry into mining production activities is often determined by taboo,

socio-cultural factors, financial and economic capacity, technology and organizational aspects.

### **ARTISANAL GOLD MINING ACTIVITIES IN INTERNATIONAL WATERBODIES**

Recently a new project has been approved by the Global Environment Facility (GEF) for UNIDO execution in six countries (GLO/01/G34). The selection of countries participating in this project was done based on the intensity of mercury based artisanal gold extraction activities and their impacts on water bodies of global significance. In the South American region, the Amazon Basin is the largest drainage system in the world with an area of about 6.0 million square kilometres. The Amazon River has a total length of 6400 kilometres, which is slightly shorter than the Nile. Stretching almost 2760 kilometres from north to south at its widest point, the Basin occupies a great part of Brazil and Peru, significant parts of Columbia, Ecuador and Bolivia and a small area of Venezuela. Almost two-thirds of the Amazon's main streams and by far the largest portion of its Basin are within Brazil. More than two thirds of the Basin is covered by an immense Amazon Rain Forest which represents about half of the Earth's remaining rain forest and constitutes the largest reserve of biological resources. At the peak of the gold rush in the 1980s, it was estimated that nearly 1.0 million people were directly involved in the activities, with 400,000 of those being in the Tapajos area alone. Available figures show that nearly 1,000 tonnes of mercury were dumped into the Amazon Basin during the 1980s and nearly 130 tonnes are currently dumped annually.

Within the participating countries of the African Region, the significant International Waterbodies include the Nile River system, Lake Victoria and the Zambezi River system. The Nile River system is composed of the Blue Nile (Abbai) River that originates from Lake Tana and the White Nile that rises from Lake Victoria. Sudan

occupies a major part of the River Nile basin. Along its course (6825 km), the Nile drains from the Equator up to the Mediterranean coast in Egypt. Areawise, the Nile basin represents one tenth of the African continent. Mining along the Nile covers nearly 2,000 km<sup>2</sup> in the Southern Blue Nile region with mine workings developed in old river terraces along the riverbanks and its tributaries at the foothills of the Ethiopian highlands. It is estimated that nearly 120,000 people are engaged in these activities. On the other hand, Lake Victoria which has an area of more than 70,000 km<sup>2</sup> is Africa's largest lake and second largest in the world only to North America's Lake Superior. The Lake, which is surrounded by one of the most highly populated areas in the world and is shared by Tanzania (51% of the Lake area), Uganda (43%) and Kenya (6%), is a source of employment for nearly 30 million people. The Lake Victoria Goldfields which cover almost 200,000 km<sup>2</sup> are estimated to employ nearly 300,000 people and produce nearly 70% of the country's total gold production. Nearly 12 tonnes of mercury are released annually to the environment in Tanzania alone. More than 50% of artisanal gold panning activities in Zimbabwe are carried out within the Zambezi River system (more than 2400 kilometres are panned) and its tributaries. The Zambezi flows along the northern and Southern borders of Zimbabwe and Zambia respectively before cutting across central Mozambique on its way to the Indian Ocean. There are about 350,000 gold panners in the country with as many as 300 panners concentrated in every kilometre of the widely panned sections of the Zambezi River system and releasing nearly 12 tonnes of mercury annually to the environment.

River Mekong in Laos and River Kahayan in Central Kalimantan, Indonesia are the significant International Waterbodies within the Asian participating countries. The River Mekong which is about 4,500 kilometres long and is a life-stay for almost 50 million people and their cultures sets out at the Qinghai plateau in Western China before flowing into Laos, Myanmar, Thailand, Cambodia and Vietnam. Although the upper portions of the river are characterized

by turbulence, the lower Mekong is more placid, and the annual flooding supports a biologically diverse ecosystem. In Laos, alluvial mining activities are carried out as seasonal activities during the dry non-agricultural season mainly by dredging on the River Mekong and its tributaries. Up to 3,000 miners have been found at any one time working on River Mekong. The Kahayan River, is the largest river in Central Kalimantan and drains directly into the Java sea and thus with effects to Singapore, the Islands of Sumatra, Java, Bali and others. Most activities are based on alluvial operations within the river systems with a few mining hard rock gold veins. However, even those in hard rock mining transport the ore to the rivers for processing. The Kahayan River in Central Kalimantan and the Tapan River in North Sulawesi are known to have a high concentration of miners per kilometre length. It has been reported that more than 2,000 illegal miners would converge on single mining site following a reported gold recovery. In Indonesia where artisanal gold mining activities are carried out either through village cooperative units or through illegal operations and are found in the provinces of West and Central Java, Sumatra, Central and East Kalimantan, North Sulawesi and others, nearly 180 tonnes of mercury are released to the environment annually.

#### **NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACTS DUE TO ARTISANAL GOLD MINING**

Artisanal gold mining activities within the participating countries under review show negative environmental impacts that tend to overshadow their positive contributions. Mining is carried out either by pitting in both hard rock and in old riverbed alluvium or by dredging existing riverbeds all of which generate substantial amounts of rubble. Whereas pits in abandoned areas are dangerous to people and animals, the mined rubble blanket the top fertile soil and thus lead to loss of grazing and agricultural land. The exposed mined areas

are susceptible to accelerated erosion from both wind scour and surface runoffs and may lead to Acid Mine Drainage. Piles of tailings most of which contain toxic chemicals, e.g., mercury, are directly washed into rivers resulting to siltation and water pollution problems. Pools of stagnant water left behind during washing and abandoned flooded pits turn into breeding grounds for Malaria spreading mosquitoes. Poor sanitation from mining camps, hydrocarbons from machinery, uncontrolled use of explosives and others, add to pollution of surface and ground water systems.

During the preparatory phase of this project, it was revealed that mercury is directly released into rivers and lakes during panning of the alluvial ore or washing of the hard rock-based ore within the waterbodies. The key concerns here are the direct release of mercury into the waterbodies, its accumulation and subsequent methylation to organo-mercury and hence transfer into the food chain through the aquatic ecosystem. The transformation of inorganic mercury to an organo-metallic compound, methyl mercury, is the most significant in terms of uptake and accumulation of mercury by man as this compound can block enzymes and so damage essential metabolic processes.

Available data indicate that the amount of mercury released during burning of the amalgam is approximately in the ratio of 1.2 - 1.5:1 to the amount of gold produced. There are clear indications that mercury pollution from small-scale mining is a threat to public health not only in the proximity of mineral processing activities, but also in the mining villages themselves and even far downstream of contaminated rivers. New results from UNIDO projects in Ghana and Philippines give evidence that approximately 50 percent of gold mining communities in these countries must be considered as mercury-intoxicated, i.e. the threshold limits in body fluids are by far exceeded and the neurological symptoms can be detected.

At present, there is not any single “off-shelf ” solution to problems related to artisanal mining. The introduction of cleaner mining and extraction technology would go a long way to minimize the activities impacts to the environment, maximize the socio-economic benefits and ensure that operations are sustainable and adhere to health and safety standards. Although piecemeal solutions have been tried in many countries, a more holistic approach is required in dealing with artisanal mining problems. Attempts to such an approach that will ensure the introduction of cleaner mining and extraction technologies is a priority for UNIDO.

## **INTERNATIONAL AND NATIONAL ACTIONS**

The plight of artisanal and small-scale mining has attracted the world attention since the seventies. In 1972, the United Nations Department of Economic and Social Affairs published the proceedings from a seminar organized to discuss small-scale mining activities. Although a number of meetings have since been held and strategies laid on how to transform the sector, there have been limited actions "on the ground". A meeting of different international organizations and mining experts that was convened in Harare, Zimbabwe in 1993 in search for solutions to artisanal mining problems, came up with what is known as “The Harare Guidelines on small / Medium-Scale Mining”. The implementation of the guidelines whose main objective was to provide a framework for encouraging development of small and medium-scale mining as legal sustainable activities was left to individual countries and has had limited impacts.

In 1995 the World Bank hosted a “Round Table on Artisanal Mining” meeting in Washington to chart out a strategy for dealing with the sector's problems. The meeting came up with what the Bank published as a proposal for assistance known as “A Comprehensive Strategy Towards Artisanal Mining” aimed at minimizing the negative side effects and thus maximize socio-economic benefits of

artisanal mining. The strategy which has since been implemented in a number of countries identified the negative side effects of artisanal mining as being; unacceptable environmental practices; poor social, health and safety conditions; illegal mining and marketing and waste of resources. Where it has been implemented, the programme has succeeded in strengthening the institutional capacity and introducing internationally competitive legal, regulatory and fiscal frameworks and hence enhanced the process of legalizing the artisanal mining activities. With the increase in poverty in the developing world and the lack of coordinated international actions, the amount of mercury that is released to the environment from artisanal gold mining activities is bound to keep increasing.

Following the problems of the gold rush experienced during the 1980s, the Brazilian House of Representatives commissioned the Centre for Minerals Research, CETEM, of the Brazilian Research Council, to evaluate the state of the art of the operations, propose solutions, and advise the House on possible control legal measures. Through a four-year programme, comprehensive descriptions of the activities, data related to mercury and particulate matter pollution, proposals for control legislative measures, were produced. However, practical implementations of the findings of this programme were hampered by the lack of adequate resources especially when dealing with such a large area like the Amazon Basin. Some years later, the Government of Tanzania in collaboration with the World Bank formulated the Mineral Sector Development Technical Assistance Project in order to provide the Government with necessary technical, managerial and material support for the implementation of its new private sector oriented mining development strategies. One of the major components of the US \$13.9 million five-year project was to improve the economic, social and environmental performance of the artisanal mining in order to encourage and expand private investment in the mining sector. Although the project resulted in the country's first mining environmental legal and regulatory framework, it has not

addressed itself fully to the negative environmental impacts resulting from artisanal mining activities. The European Union in collaboration with the Government of Zimbabwe has embarked on a US \$38.7 million project part of which will be spent on development and control of the small-scale mining sector. Although there are similar programmes in other countries, most do not address environmental problems of a global nature.

### **UNIDO'S RELEVANT EXPERIENCE AND POSITION REGARDING SUSTAINABILITY OF SMALL-SCALE MINING OPERATIONS**

Over the years, UNIDO has gained a lot of experience in dealing with artisanal related problems especially in developing countries. In 1995, UNIDO initiated a programme named "High Impact Programme" with the main theme being to "Introduce New Technologies for the Abatement of Global Mercury Pollution". Following the launch of this programme, an international workshop was conducted in November 1995, in Jakarta, Indonesia on "Ecologically Sustainable Gold Mining and Processing" and it attracted 41 participants from 14 countries. Based on the recommendations of the workshop and with support from the donor community and host Governments, UNIDO initiated programmes in a number of countries, e.g., Cameroon, Ghana, Philippines, and Tanzania, aimed at assessing the potential for the introduction of new technologies for the abatement of mercury pollution. These programmes, some of which are ongoing, have enabled UNIDO to gain experience and appreciation of the magnitude of the mercury pollution problems, project co-ordination and establishment of working relationships with Governments and local institutions. In addition, during the preparatory phase of this GEF project, UNIDO conducted preliminary investigations in the six countries participating in order to assess the intensity of the artisanal mining activities and

their impacts on the International Waterbodies. Review of previous related studies, identification of the “hot spots” areas (rivers and waterbodies) and estimation of levels of pollution resulting from the application of mercury around these areas, were carried out. Apart from assessing the most affected International Waterbodies, barriers limiting the introduction of cleaner technologies were identified in each of the participating countries.

### **CURRENT OPTIONS FOR DEVELOPING SUSTAINABLE ARTISANAL MINING**

The barriers limiting artisanal miners from adopting sustainable and cleaner technology result from the fact that both the miners and the relevant Governments find themselves in negative circles of cause and effect. The application of poor technology leads to low productivity that in turn results in low revenue earnings and hence inability to invest in appropriate technology, it traps miners in crude and inefficient working methods and hence results in severe negative impacts to the environment, health and safety. On the other hand, the institutional weaknesses that lead to inability to enforce the existing legislation results in illegal operations, poor environmental, health and safety standards and loss of the badly needed fiscal revenues. The loss of fiscal revenues makes the authorities unable to perform their regulatory functions and hence perpetuates uncontrolled artisanal mining. In order to develop artisanal mining into sustainable and environmentally acceptable activities, both negative circles must be broken.

In view of the difficulties facing both miners and the governing authorities, the increase in knowledge and awareness and the introduction of efficient and cleaner technologies are at present the best option for developing environmentally acceptable activities. Prior to such intervention measures, the baseline data regarding environmental, technological and socio-economic issues, should be

established. Both training and awareness campaigns should be developed through involvement of miners and their organizations in order to enhance their acceptability. Such programmes should provide special considerations for women whose direct entry into artisanal mining activities is often limited by socio-cultural issues and the strenuous nature of the activities.

Since there is medical evidence that women and the unborn are especially vulnerable to mercury, it is regarded as indispensable to give priority to women miners during training and awareness campaign programmes so that the majority of them can adopt cleaner technology. Demonstration of efficient and cleaner technologies should be conducted in selected demonstration sites so as to enable miners appreciate the monetary and non-monetary benefits. Assistance should be provided to Governments to enable them develop policies and legislation that would lead to implementable standards. Development of enforcement programmes and building capacity to enable local institutions to carry out continuous monitoring, is essential for promotion of environmentally acceptable artisanal gold extraction activities.

### **IMPORTANCE OF THE GEF INTERVENTION**

It is now widely accepted that the problems associated with artisanal mining in developing countries are similar and require integrated solutions and partnership between different players. The problems relate to protection and effective resources utilization, to general environmental conditions in areas surrounding the mines and in remote areas receiving mine waste and contaminants and to safe working and health conditions of miners. Whereas most attempts indicate appreciation of the extent of the negative environmental impacts resulting from these activities, no single programme within the six countries has addressed itself to the effects of these impacts on International Waterbodies.

The GEF intervention will show, through the establishment of the envisioned demonstration projects, how the current uncontrolled artisanal mining activities can be transformed into more organized, environmentally acceptable and sustainable operations. In each of the participating countries, the programme will aim at assessing the extent of mercury pollution, raising awareness and increasing knowledge of the miners and the public, introducing and demonstrating the application of cleaner and efficient technology, assisting the Government to put in place practical and implementable policies and legislation and building capacity to ensure continuous monitoring of mercury pollution on the surrounding waterbodies.

## **PROJECT STRATEGY**

### **LONG-TERM OBJECTIVE**

The long-term objective of the GEF project is to protect international waters from mercury pollution emanating from small-scale mining operations. Measures and methods to reduce this pollution are demonstrated in a pilot suite of developing countries located in several key transboundary river/lake basins. The main tools for reducing the pollution consist in assessing the extent of mercury pollution from current activities, introducing cleaner gold mining and extraction technology that minimize or eliminate mercury releases and developing capacity and regulatory mechanisms that will enable the sector to minimize negative environmental impacts.

### **BROAD DEVELOPMENT OBJECTIVE**

The broad development objectives of the six participating countries is to transform the current artisanal mining activities into organized activities in order to enhance incomes of the participating members of the population,

minimize negative environmental impacts and enhance development of the mineral sector and hence the economy. Like in many developing countries, artisanal mining activities are carried out in the six participating countries mainly as a way of dealing with poverty by the rural populations. As a result, the short-term gains envisaged by miners in order to escape from poverty have largely been outweighed by the negative impacts caused by these activities to their environment, health and safety and the neighboring communities. In addressing the negative environmental impacts resulting from these activities, some Governments have initiated programmes to address the issues related to the uncontrolled use of mercury in the recovery of gold. However, since most activities have been operating outside the legal framework, major efforts are still directed towards putting in place legislative and regulatory frameworks upon which artisanal mining activities can be conducted.

#### **GLOBAL ENVIRONMENTAL OBJECTIVE**

The global environmental objective is to assist developing countries in creating conditions necessary to minimize mercury pollution and other negative environmental impacts on International Waterbodies resulting from artisanal gold mining and extraction activities. Most artisanal gold mining activities within the participating countries are carried out within basins of major ecological significance and that cross geographical boundaries to many countries, e.g., the basins of the Amazon, River Nile, Lake Victoria, River Zambezi, River Mekong and River Kahayan in Indonesia. As such, the negative environmental impacts on the International Waterbodies within these basins are bound to affect many countries most of which do not even have gold mining activities. The Governments of the participating countries, acting

unilaterally are unable to finance the high initial start up costs of dealing with mercury related pollution problems. The GEF project will lead to an assessment of the extent of mercury pollution, increase of knowledge and awareness on environmental issues, introduction and demonstration of the application of efficient and clean technology and provision of assistance to Governments to enable them develop policies and legislation that are practical and enforceable. These efforts will in turn lead to artisanal mining activities that are efficient and environmentally acceptable.

### **SPECIFIC PROJECT OBJECTIVES**

There is general agreement on the need for a globally consistent approach to address the removal of barriers to the introduction of cleaner artisanal gold mining and extraction technologies. Since the issue cannot be addressed at the same time in dozens of countries suffering from the same problem, typical cases for mercury pollution of international waters have been selected.

The following specific project objectives and related activities will be implemented within the participating countries.

Objective 1A: To ensure effective project coordination and support (providing information, communications, professional assistance, programme implementation and evaluation and assessment) through establishment of a UNIDO based Programme Coordination Unit (PCU) and a Global Project Task Force.

Objective 1B: Identification of, and provision of resources for the establishment of the programme management structures in each of the six participating countries and the creation and operation of the basin and country specific project task forces.

- Objective 2: Identify project demonstration sites and organize training aimed at increasing knowledge and raising awareness of miners, Governments, NGOs and the general public on the environmental and health impacts associated with the current artisanal mining practices and the environmental, health and economic benefits of employing appropriate technology.
- Objective 3: Identify hotspots in project demonstration sites, conduct geochemical and toxicological studies and other field investigations in order to assess the extent of environmental (mercury) pollution in surrounding water bodies and devise intervention measures.
- Objective 4: Establish a databank comprising of technological requirements relevant to artisanal gold mining and extraction activities through field investigations, interviews with miners, miners' associations and other relevant institutions.
- Objective 5: Acquire and demonstrate, within the project demonstration sites, the application of affordable high-efficiency clean technology with improved gold processing methods while avoiding environmental degradation from mercury contamination.
- Objective 6: Based on the acquired experience, develop sustainable extraction indicators and hence assist Governments to develop generic and to the extent possible, country specific policies and legislation that will lead to implementable standards on the application of mercury with special attention to minimization of environmental impacts.
- Objective 7: Promote the dissemination of the produced project results and identify opportunities that will allow the

project to continue beyond the three-year time frame through self-financing and to initiate and conduct a Donor Conference to solicit financing.

## **CONCLUSION**

One of the priority areas identified by GEF under the “international waters focal area” is the degradation of the quality of the transboundary water resources, primarily due to pollution from land-based activities. The negative impacts resulting from artisanal mining, which is a land-based activity, lead to degradation of the selected International Waterbodies resulting to far reaching consequences. The project is also consistent with the GEF Operational Programme #10, which targets projects that “help to demonstrate ways of overcoming barriers to the adoption of best practices, waste minimization strategies and pollution prevention measures that limit contamination of the international waters environment”. The activities aim at removing barriers that inhibit artisanal miners from applying cleaner and efficient technology. Apart from removing the barriers the project is demonstrating the application of cleaner technology and conduct training to the miners in order to enhance the application of cleaner technology and thus reduce pollution and minimize waste resulting from the currently applied poor technology. Supplementing ongoing activities of the respective countries in developing the artisanal activities to the level of an organized small-scale gold mining sector, the project contributes to a substantial incremental progress regarding the reduction of mercury pollution.

V. CVRD

Cia. Vale do Rio Doce

## **COMPANHIA VALE DO RIO DOCE – CVRD**

---

Fundada el 1<sup>er</sup> de junio de 1942 como una compañía estatal y privatizada el 7 de mayo de 1997, CVRD es la mayor compañía minera diversificada en las Américas, con capitalización de mercado de aproximadamente US\$ 11 mil millones. Compuesta por un holding y por más de 50 subsidiarias, CVRD tiene sus acciones negociadas en reales (Bolsa de Valores de San Pablo – BOVESPA), en dólares estadounidenses (Bolsa de Valores de Nueva York – NYSE) y en euros (Bolsa de Valores de Madrid – LATIBEX), constituyéndose la mayor compañía brasileña exportadora. En 2001, las ventas internacionales llegaron a un volumen de US\$ 3,3 mil millones.

La Companhia Vale do Rio Doce es la mayor compañía productora y exportadora de mineral de hierro y perdigones en el mundo y uno de los principales productores mundiales de manganeso y aleación de hierro. Produce también bauxita, oro, caolín, potasa, alúmina y aluminio. CVRD es una de las principales compañías de transporte de carga en Brasil, donde detiene y maneja una serie de ferrocarriles y puertos. Ella ha se interesado en dos plantas de energía hidroeléctrica en operación y en otras siete en construcción. Ella también tuvo participación en las compañías productoras de acero y fertilizadores en Brasil y en el extranjero.

## **CALIDAD AMBIENTAL EN CVRD**



**CVRD considera la calidad ambiental de sus productos y servicios un factor fundamental para su competitividad.**

*“Todos tienen el derecho a un medio ambiente ecológicamente equilibrado, un bien de uso común del pueblo y esencial a la saludable calidad de vida, siendo un deber de las Autoridades Públicas y de la comunidad la defensa del medio ambiente y su preservación para las generaciones presentes y futuras”.*

Constitución Federal de Brasil

CVRD tiene una percepción nítida de la gran influencia que las cuestiones del medio ambiente causan al mercado. Su Política Ambiental y directrices de gestión expresan el compromiso de la Compañía a la calidad ambiental. La plena conformidad a la ley es la exigencia mínima incondicional que se observa por todas sus

unidades en funcionamiento, las que también cumplen con las normas y criterios internos de la Compañía, que llevan un enfoque emprendedor y preventivo.

En el inicio de los años noventa, con la ECO 92, en Rio de Janeiro, se empezó a tratarse de cuestiones ambientales en la arena económica, influenciando decisiones estratégicas de compañías y exigiéndose más acciones gubernamentales rigurosas y de amplio alcance, en respuesta a las crecientes demandas de la sociedad.

De acuerdo con estos cambios, en 1994, CVRD introduzco su Programa de Auditoría Ambiental, un movimiento pionero en Brasil, que implicó un diagnóstico ambiental completo de sus operaciones y permitió una mejor planificación de una acción correctiva y preventiva. Consecuentemente, se formuló el Primer Programa Ambiental CVRD 1994-2000, abarcando más de setenta proyectos, con una inversión de cerca de US\$ 110 millones.

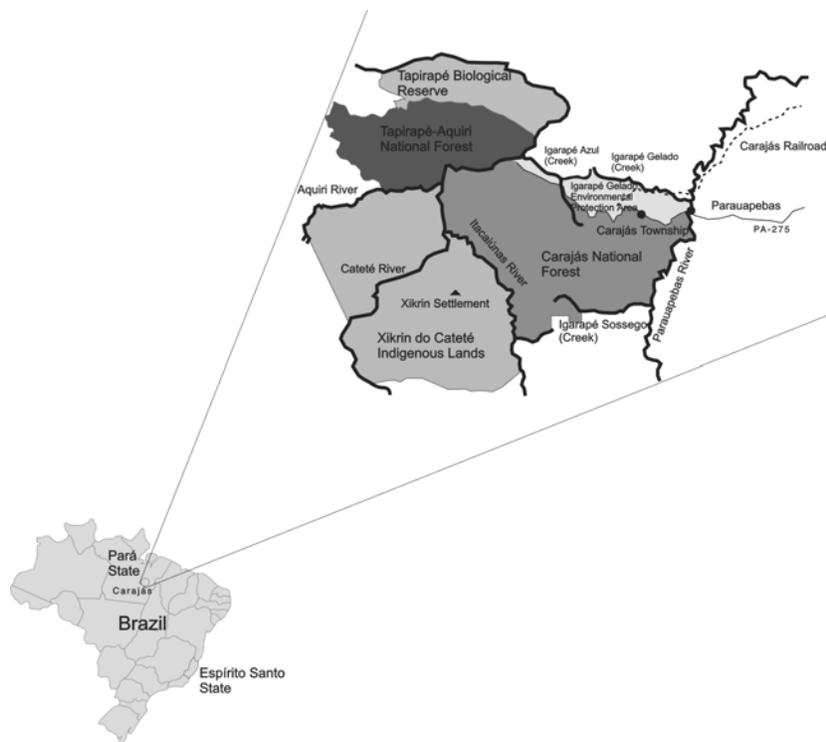
CVRD puso aspectos ambientales junto a otras cuestiones de gestión con la introducción de su Sistema de Gestión de Calidad Ambiental - SGQA, fundamentado en las especificaciones del criterio ISO 14001. Los primeros dos certificados ISO 14001 obtenidos por CVRD (Centro de Desarrollo Mineral – Estado de Minas Gerais - 04/1997 y Minas de Mineral de Hierro y Manganeseo en Carajás – Estado de Pará - 10/1998) fueron los primeros mundialmente en su campo.

### **PROYECTO DE HIERRO CARAJÁS**

Se reconoce mundialmente el Proyecto de Hierro Carajás de CVRD por sus iniciativas pioneras en la consideración de las inconstancias ambientales desde su concepción inicial. Visto que en esa época no habían ni leyes ni tampoco criterios específicos, CVRD organizó el Grupo de Asesoría y Estudio Ambiental - GEAMAM, formado por científicos brasileños bien conocidos, los cuales hicieron más de 200 recomendaciones, todas ellas implementadas por CVRD.

### **Preservación de las áreas que circundan las minas de Carajás**

Desde 1987, el IBAMA (Instituto Brasileño del Medio Ambiente) y CVRD han mantenido un contrato conjunto para proteger las Unidades de Conservación localizadas alrededor de la Región Mineral de Carajás. Gracias a la introducción del Proyecto de Hierro de Carajás y la consecuente creación de unidades de conservación, se designó un área continua como una de las mayores y mejores áreas preservadas de floresta tropical primitiva en el sur del estado de Pará. Este área, junto con las tierras de los indígenas del Xikrin do Cateté, totalizan más de 1,1 millón de hectáreas.



## **CVRD Y COMUNIDADES INDÍGENAS EN LA REGIÓN DE CARAJÁS**

La Constitución Federal Brasileña concede derechos especiales a las comunidades indígenas con el propósito de garantizar su integridad. La responsabilidad de proveer asistencia a las comunidades indígenas es de la Unión Federal, a través de la Fundación Nacional del Indio.

A pesar de que la mayoría de las comunidades indígenas localizadas dentro del área de influencia del Proyecto de Hierro de Carajás tiene relaciones próximas con las poblaciones rurales y urbanas – algunas hace más de un siglo, desde el inicio del Proyecto de Hierro de Carajás al final del año 2001, CVRD ha gastado US\$ 25 millones en apoyo a proyectos para comunidades indígenas.

Con el apoyo de CVRD, 2,8 millones de hectáreas de 20 Territorios Indígenas fueron demarcados por el gobierno brasileño; se implementaron programas de educación, higiene, salud y preservación ambiental; se han implementado y perfeccionado la infraestructura local de aldeas, construcción de viviendas, instalaciones sanitarias, puestos de primeros auxilios, escuelas, sistemas de comunicación y carreteras. La autosuficiencia de las comunidades indígenas, a pesar de la promoción de proyectos de gestión forestal y de agricultura, también es un proyecto importante apoyado por CVRD.

La comunidad Xikrin do Cateté es la más próxima a las minas de Carajás, por eso es objeto de especial atención por parte de CVRD. Uno de los más significantes indicadores del éxito de esta asociación es la reversión en la curva decreciente de la población: en 1982 había un total de 397 indios en esta comunidad, mientras hoy hay más de 700.

## **CALIDAD AMBIENTAL DE OPERACIONES INDUSTRIALES**

CVRD invierte más de US\$ 30 millones por año en el perfeccionamiento continuo del desempeño ambiental de sus actividades industriales. En todas las instalaciones de la Compañía, se dirigen y controlan emisiones atmosféricas, flujos efluentes, generación de desperdicios, tratamiento y distribución, utilizando la tecnología más adecuada para la actividad o proceso de cada unidad operacional. Sólo en el Puerto Tubarão y en el Complejo Industrial, en Vitória, CVRD ha invertido más de US\$ 90 millones en el control de emisiones de partículas, lográndose una reducción de cerca del 75%.



## **REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR ACTIVIDADES DE MINERACIÓN**

CVRD ha desarrollado tecnologías para la rehabilitación de tierras degradadas por actividades de minería. En la Reserva Natural de Linhares (22.000 hectáreas de Floresta Atlántica Primitiva, abierta al público en 2001), CVRD es capaz de reproducir más de 800 especies tropicales. Sólo en 2001, se produjeron seis millones de árboles en los viveros de CVRD.

En 2001, la Compañía empezó la rehabilitación de siete minas ya cerradas, un total de 436 hectáreas. Ello implica perfilar nuevamente los declives, hidrogeología, revegetación y monitoreo. Los proyectos de revegetación llevan en consideración la diversidad de los ecosistemas, dando prioridad a especies nativas para que la nueva vegetación se mezcle naturalmente.

## **FLORESTAS EN ÁREAS INDUSTRIALES**

En el Complejo Industrial Tubarão, se está realizando la fertilización de la vegetación que abarca 411 hectáreas de tierra, con el plantío de un millón de plántulas en más de tres años, sumándose a más de cinco millones de árboles ya plantadas. La vegetación abarca en el Complejo Tubarão cerca del 53% del área industrial total y es la mayor floresta en la municipalidad de Vitória. Se están plantando especies que actúan de forma similar a las áreas naturales protegidas alrededor de pateos de reserva y las áreas donde se manejan sólidos voluminosos, perfeccionándose en la función existente de nubes de polvo transportadas por el aire y partículas volantes.

En el Complejo de Minería de Itabira, CVRD conduce la fertilización de las florestas para que se formen líneas divisorias de árboles naturales entre las minas y las áreas urbanas.

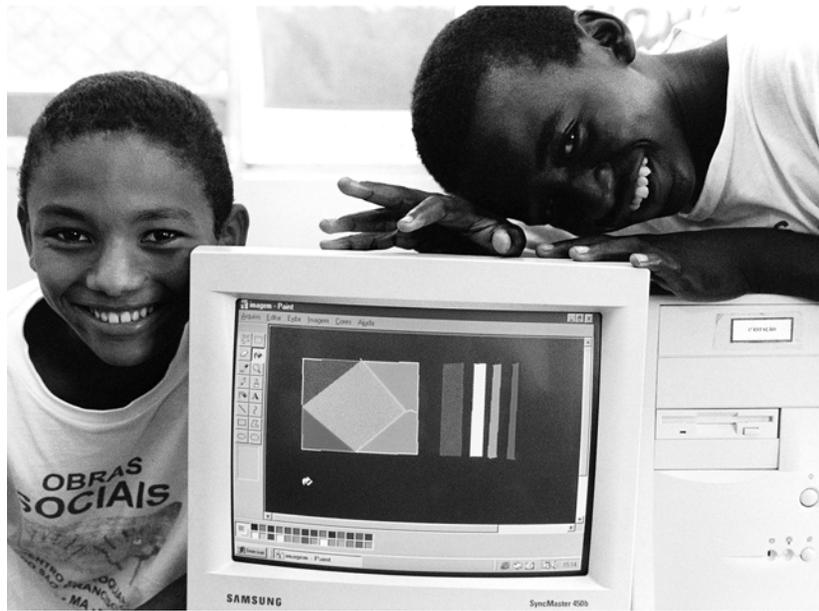
## **RESPONSABILIDAD SOCIAL**

La Fundación Vale do Rio Doce - FVRD, instrumento de acción social de CVRD, tiene como propósito principal el perfeccionamiento de la calidad de vida en las comunidades. Desde 1998, FVRD ha realizado una serie de proyectos que buscan promover el desarrollo regional, en asociación con estados, municipalidades, compañías del sector privado y organizaciones civiles. Ella implementa y apoya iniciativas que se centralizan en educación, desarrollo social y cultura en regiones donde CVRD actúa. Durante 2001, CVRD invirtió cerca de US\$ 10 millones en programas sociales, que han beneficiado millares de ciudadanos.

El Programa *Escola que Vale* (escuela que vale) ha beneficiado más de 15.000 personas, entre alumnos, profesores y profesionales en 33 escuelas. En 2001, este programa recibió el Premio de Educación ECO 2001, concedido por la Cámara Americana de Comercio en San Pablo.

El Tren de la Ciudadanía ofrece a las comunidades localizadas en el área de influencia de Ferrocarriles de Carajás la posibilidad de obtener documentos básicos y provee acceso a servicios de salud. Además de tratamiento médico y dental, el promueve prevención a enfermedades. En 2001, el Tren de la Ciudadanía tuvo 118.684 visitas.

Educación ambiental, enseñanza de música, alfabetización, deportes, tecnología de información (instalación de computadores en 300 escuelas), también son programas sociales desarrollados por CVRD.



CVRD es un partícipe mundial, reconocido por su capacidad en todas sus áreas de actuación. La inclusión de los factores ambientales y sociales como un elemento fundamental en su capacidad para concurrir, así como su valor de mercado, es una postura típica de una compañía moderna, empeñada en satisfacer sus accionistas, clientes, las comunidades en que actúa y otras partes interesadas.

Para seguir beneficiándose, visto que ocupa la posición de destaque como una compañía de referencia, nacional e internacionalmente, CVRD posee una cultura ambiental y acción social consolidadas, con estrategias claramente definidas por el Directorio, aplicando una gestión profesional a cuestiones ambientales y a sus relaciones con las comunidades.

*Roberto Villas Bóas y Christian Beinhoff, Editores*

## **CYTED XIII**

### **Secretaria General**

*Jose Antonio Cordero* – Secretario General

<http://www.cetem.gov.br/cyted-xiii>

Coordinadores Internacionales

Roberto C. Villas-Bôas (desde 1998)

Lelio Fellows Filho (1986 a 1996)

### **Redes:**

Benjamin Calvo Pérez, Roberto C. Blanco Torrens, Arsenio González Martínez, Luís M. P. Martins

### **Subprogramas por Áreas Temáticas**

#### **APOYO A POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

##### **I. METODOLOGIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA**

*Dr. Jesús Blanco Álvarez*

##### **XVI. GESTION DE LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO**

*Dra. María Carlota de Souza Paula*

#### **MEDIO AMBIENTE**

##### **XII. DIVERSIDAD BIOLÓGICA**

*Dr. Peter Mann de Toledo*

##### **XV. CORROSION E IMPACTO AMBIENTAL SOBRE MATERIALES**

*Dra. M<sup>a</sup>. Carmen Andrade Perdrix*

##### **XVII. APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

*Dra. Alicia Fernández Cirelli*

##### **XVIII. TECNOLOGÍAS DE PREVISIÓN Y EVALUACIÓN DE DESASTRES NATURALES**

*Dr. Hugo Alfonso Yepes Arostegui*

#### **RECURSOS ENERGÉTICOS**

##### **IV. BIOMASA COMO FUENTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y ENERGIA**

*Dr. Roberto E. Cunningham*

VI. NUEVAS FUENTES Y CONSERVACION DE LA ENERGIA  
(EXCLUIDA BIOMASA)

*Dr. Luis Roberto Saravia (VI)*

**TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y DE LAS  
COMUNICACIONES**

VII. ELECTRONICA E INFORMATICA APLICADAS

*Dr Ricardo Baeza Yates (VII)*

IX. MICROELECTRONICA

*Dr. Jordi Aguiló*

**TECNOLOGÍA DE LA SALUD Y DE LA ALIMENTACIÓN**

II. ACUICULTURA

*Dr. Manuel M. Murillo (II)*

III. BIOTECNOLOGIA

*Dr. Mitermayer Galvao dos Reis*

X. QUIMICA FINA FARMACEUTICA

*Dr. Mahabir P. Gupta*

XI. TRATAMIENTO Y CONSERVACION DE ALIMENTOS

*Dra. Jenny Ruales Nájera (XI)*

XIX. TECNOLOGÍAS AGROPECUARIAS

*Dr. José Ramón Díaz Álvarez*

**TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES**

V. CATALISIS Y ADSORBENTES

*Dr. Paulino Andreu*

VIII. TECNOLOGIA DE MATERIALES

*Dra. Osmara Ortíz Núñez*

XIII. TECNOLOGIA MINERAL

*Dr. Roberto Cerrini Villas Bôas*

XIV. TECNOLOGIA DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL

*Dr. Edin de Jesús Martínez Ortega (XIV)*

**Diretoria Executiva do CNPq**

*Esper Abrão Cavalheiro*  
Presidente

*Alice Rangel de Paiva Abreu*  
Vice-Presidente

*Lélio Fellows Filho*  
Chefe de Gabinete da Presidência

*Albanita Viana de Oliveira*  
Diretoria de Programa Temáticos e Setoriais

*Celso Pinto de Melo*  
Diretoria de Programas Horizontais e Instrumentais

*Gerson Galvão*  
Diretoria de Administração

*Maria Claudia Miranda Diogo*  
Assessoria de Cooperação Internacional



**Global  
Environment  
Facility**

<http://www.gefweb.org>



<http://www.unido.org>



<http://www.undp.org>

**CETEM**

<http://www.cetem.gov.br>



<http://www.cyted.org>  
<http://www.cetem.gov.br/cyted-XIII>



**Companhia  
Vale do Rio Doce**

[www.cvrd.com.br](http://www.cvrd.com.br)

**Other books of interest:**

Zero Emission

Roberto C. Villas Bôas & James R. Kahn, Eds

IATAFI & CETEM Publishers

Technological Challenges Posed by Sustainable Development

Roberto C. Villas Bôas & Lelio Fellows Filho , Eds.

CYTED & IMAAC Publishers

Mining Closure in Iberoamerica

Roberto C. Villas-Bôas & Maria Laura Barreto, Eds.

CYTED & IMAAC Publishers

Quarries Schools in Iberoamerica

Roberto C. Villas Bôas & Gildo Sá , Eds.

CYTED & CNPq Publishers

Mining Heritage and Mine Closure in Iberoamerica

Roberto C. Villas Bôas & Arsenio Gonzalez-Martinez, Eds.

CYTED & SEDPGyM , CNPq Publishers

Land Use in Mining

Roberto C. Villas-Bôas & Roberto Page , Eds.

CYTED, SEGEMAR & CNPq Publishers

Mercury in the Tapajos Basin

Roberto C. Villas-Bôas , Christian Beinhoff & Alberto Rogério da Silva ,  
Eds.

UNIDO & GEF Publishers

Indicators of Sustainability for the Mineral Extraction Industry

Roberto C. Villas-Bôas & Christian Beinhoff, Eds.

UNIDO & GEF Publishers



Global  
Environment  
Facility

EG/GLO/97/G43



Companhia  
Vale do Rio Doce



CETEM