



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

# *Valor Agregado Sustentable en la Minería Mundial*

*Seminario para optar al Título de Ingeniero Comercial, Mención Economía*

Autor:	Gabriel Rojas Sandoval
Profesor Guía:	Eugenio Figueroa
Profesor Guía:	Dieter Linneberg

Santiago de Chile  
2011

## **RESUMEN EJECUTIVO**

---

En este seminario se evalúa si la minería realiza o no una contribución al logro del desarrollo en forma sustentable. Para ello se analiza el desempeño de 10 de las mayores compañías mineras del mundo, en su dimensión ambiental, económica y social, por medio de un indicador integrado, llamado Valor Agregado Sustentable (VAS), desarrollado por Figge & Hahn (2004). Siguiendo la regla de capital constante o regla de Hartwick, se establece un benchmark considerado sustentable, contra el cual se compara el desempeño de las diferentes compañías. Si una compañía hace un uso más eficiente de los recursos que el benchmark, esta obtendrá un VAS positivo, realizando una contribución al desarrollo sustentable. Los resultados indican que estas compañías en conjunto realizan una contribución al logro del desarrollo sustentable, al crear en el 2010 Valor Agregado Sustentable por 7.845 MMUSD respecto de la economía mundial en su conjunto, contraviniendo la creencia común de que la minería sería una actividad insustentable.

## **CONTENIDO**

---

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>II. ANTECEDENTES Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE .....</b>	<b>8</b>
Cuestionamientos al modelo de desarrollo .....	8
Desarrollo sustentable en tres principios .....	10
La minería y los desafíos del desarrollo sustentable .....	11
<b>III. LA TEORÍA ECONÓMICA DEL DESARROLLO SUSTENTABLE .....</b>	<b>14</b>
Interpretación débil y fuerte .....	15
Recursos naturales renovables y no renovables .....	16
Recursos naturales críticos .....	17
El problema de valorar .....	18
La sustentabilidad a nivel de la empresa .....	19
La metodología del valor agregado sustentable (VAS).....	21
<b>IV. VALOR AGREGADO SUSTENTABLE EN LA INDUSTRIA MINERA MUNDIAL.....</b>	<b>24</b>
Objetivo y alcances de la aplicación.....	24
Origen de los datos y selección de las empresas reportadas.....	24
Variables reportadas y caracterización de las empresas y los benchmark .....	28
Eficiencia en el uso de los recursos .....	34
Costos de oportunidad del uso de los recursos .....	36
Valor agregado sustentable de las compañías mineras reportadas .....	38
Implicaciones de la medición del VAS .....	42
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>

**VI. BIBLIOGRAFÍA ..... 46**

## **I. INTRODUCCIÓN**

---

Como resultado del desarrollo económico, motivado por el progreso técnico acelerado de los tres últimos siglos, la población mundial ha aumentado, al igual que su consumo, imponiendo una carga creciente sobre el medio ambiente y sus recursos. A partir de los presagios de agotamiento de los recursos naturales no renovables, de la pérdida de la capacidad de los ecosistemas de sostenerse en el tiempo, y de las propias preferencias de las personas, surgen múltiples cuestionamientos que apuntan a ampliar el concepto de desarrollo, incorporando aspectos ambientales y sociales, siendo la sustentabilidad el concepto sintetizador de esta discusión.

El debate acerca del rol que corresponde a las empresas en relación a las exigencias de un desarrollo más sustentable, es cada vez más relevante para la toma estratégica de decisiones. Existen actividades, que por su naturaleza son altamente intensivas en capital natural y social, por lo que se encuentran centralmente afectadas por esta discusión. Es el caso de las actividades extractivas, como la minería, que es altamente intensiva en el uso de agua, de energía y de productos químicos. Genera también un gran número de desechos, que van a parar a la atmosfera en forma de gases contaminantes, al agua, o bien son depositados en parques de desechos. La extracción de minerales es una actividad riesgosa, a pesar de que las exigencias en seguridad implementadas son cada vez mayores.

Por otra parte, debido a los montos de inversión involucrados en el desarrollo de los proyectos mineros, así como por los largos horizontes de planificación adoptados, la actividad minera conlleva importantes riesgos. Por esta razón, el desarrollo futuro de la minería dependerá de la capacidad de dar respuesta adecuada a los problemas propios de su actividad en relación a la sustentabilidad. Esto obliga a contar con mecanismos de medición que permitan la toma de decisiones estratégicas bien orientadas hacia el objetivo social del desarrollo sustentable.

El objetivo de este seminario es evaluar la contribución de la minería al desarrollo sustentable, y a su vez mostrar como las compañías mineras en forma individual contribuyen a dicho propósito, considerando para este efecto aspectos, económicos, sociales y ambientales del mismo, es decir, evaluando su sustentabilidad. Con esto se

pretende informar de manera más completa a todos los públicos de interés como afectan las actividades de las compañías mineras sobre el desempeño económico, ambiental y social de sus espacios de influencia.

Existen múltiples dificultades que hacen de la tarea de evaluar si las acciones de las empresas mineras son o no sustentables, o si contribuyen o no a la sustentabilidad no sea simple. El desafío consiste, en primer lugar, en plantear la discusión conceptual en torno a la sustentabilidad y su relación con la minería. El segundo desafío consiste en establecer metodologías, criterios e indicadores fiables que puedan proporcionar información adecuada que guíe las acciones públicas y privadas hacia resultados sustentables de la industria minera.

La disciplina económica ha abordado el problema desde una perspectiva macro como una extensión de los modelos de crecimiento, donde la pregunta a responder es cuales deben ser los patrones de ahorro/inversión que garantizan que las futuras generaciones cuenten con al menos las mismas posibilidades de bienestar que la generación actual. Aceptando que la respuesta depende crucialmente de los supuestos adoptados por los modelos, prevalece la conclusión general que se resume en la *regla de Hartwick*, que establece que las rentas generadas por la explotación de toda forma de capital deben invertirse en otras formas de capital reproducible, lo que equivale a que el stock de capital sea no-decreciente en un horizonte infinito de tiempo.

Desde una perspectiva micro, se aborda la pregunta sobre si determinada entidad es o no sustentable proponiendo que esto equivale a evaluar cuanto contribuye dicha entidad al logro de la sustentabilidad macro. La metodología desarrollada por Figge & Hahn (2004) asume este enfoque, estableciendo un objetivo de desempeño económico, ambiental y social contra el cual cada compañía es comparada. De este modo, el indicador de sustentabilidad propuesto (valor agregado sustentable, VAS), resume el desempeño individual de cada empresa en relación a un grupo de empresas o a toda la economía, en cuanto a su contribución al desarrollo sustentable.

La evaluación de la sustentabilidad por medio del VAS tiene como fin señalar de qué forma se debieran realizar reasignaciones de recursos entre las empresas, permitiendo

alcanzar mejores resultados económicos sin aumentar el impacto total en el uso de recursos. El VAS indica como realizar reasignaciones pareto-óptimas de recursos ambientales, económicos y sociales entre las compañías, satisfaciendo de este modo la *regla de Hartwick*.

Haciendo uso de la información pública reportada por las empresas según los estándares de la *Global Reporting Initiative (GRI)*, se aplica la metodología SVA a un grupo de 10 compañías mineras de gran tamaño, tomando en cuenta su desempeño económico, sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), su consumo de agua y de energía, y el número de accidentes fatales registrados. Los resultados muestran la contribución de cada una de las compañías al desarrollo sustentable.

La obtención de resultados sustentables por parte de las compañías mineras, no quiere decir que se este creando el mayor VAS posible, solo indica que empresas crean más VAS y que, por ende, podrían compensar a las empresas menos eficientes por renunciar a utilizar determinados recursos ambientales, económicos y/o sociales. Por esto se sugiere la creación de mercados de cuotas u otros mecanismos de transferencia, que hagan efectivas las reasignaciones que permitan alcanzar el máximo VAS posible.

Por último se propone que para avanzar hacia el desarrollo sustentable es necesario mejorar los estándares de información por parte de las compañías, desagregando según las operaciones y productos. De este modo será posible establecer en términos más exactos la eficiencia en el uso de factores ambientales y sociales, estableciendo adecuadamente sus costos de oportunidad.

## **II. ANTECEDENTES Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE**

---

### ***Cuestionamientos al modelo de desarrollo***

El hombre primitivo se valió únicamente de su fuerza para obtener de la naturaleza lo necesario para subsistir. Hacia el término de la última glaciación hacia el 8.500 a. C., la domesticación animal y la agricultura condujeron al asentamiento humano en poblados, dando paso a las primeras transformaciones ambientales orientadas a mejorar el bienestar humano. El avance técnico permitió por primera vez generar excedentes que podían ser administrados para enfrentar los de tiempos escasez, o bien destinarlos para el intercambio, aunque para las principales civilizaciones antiguas, la producción continuó siendo eminentemente agrícola y artesanal.

Junto con el continuo crecimiento poblacional y la intensificación en el uso de recursos naturales y de fuentes de energía combustibles, se comenzaron a manifestar de manera cada vez más clara los impactos generados sobre el medio ambiente, y, con ello, las primeras críticas acerca de la viabilidad de largo plazo del paradigma de desarrollo *ad infinitum*. Las etapas tempranas del desarrollo de las naciones estarían inevitablemente acompañadas por un deterioro ambiental como resultado del uso de tecnologías menos eficientes y menos costosas, y que conforme el desarrollo tuviera lugar los impactos ambientales tenderían a mitigarse, y la escasez a reducirse. A partir de este planteamiento se desprendería una conclusión categórica: la mejor solución a los problemas derivados del desarrollo sería el desarrollo en sí mismo.

Diversos autores cuestionaron la posibilidad de un crecimiento sin límites de la economía en un mundo de recursos finitos. Es así que Robert Malthus (1766 – 1834) publica en 1798 su famoso libro “*Ensayo Sobre el Principio de la Población*”, en el que desarrolla una hipótesis sobre el efecto de crecimiento poblacional, que presagia una enorme escasez de alimentos que llevaría inevitablemente a la hambruna y finalmente a la reducción de la población. Para evitar esta tragedia propone que se detenga el crecimiento poblacional, es decir, que las personas dejaran de tener hijos, lo cual iba exactamente en la



dirección contraria a la creencia que había prevalecido durante siglos, que basaba su prosperidad en una población creciente.

David Ricardo (1772 – 1823) se ocupó en su libro “*Principios de economía política y tributación*” (1817) del problema de la asignación económica, para lo cual introduce la “*ley de los rendimientos decrecientes*”, que permite explicar cómo la tierra, así como cualquier recurso escaso genera renta económica. La escasez no estaría dada necesariamente por el agotamiento de un recurso, sino que dependerá de su calidad y ubicación, y serán estas diferencias a partir de las que se generará la renta. Este enfoque es complementado por el economista inglés John Stuart Mill (1806 – 1873) al incorporar el factor tecnológico en la definición del “*efecto escasez*”, que implica que conforme la tecnología avanza reduciendo los costos de explotación de un recurso, su escasez es menor.

La máquina a vapor de James Watt (1736-1819) y sus aplicaciones, permitieron al hombre dar un salto cuantitativo en su capacidad de transformar la naturaleza a su alrededor. La transición desde una economía predominantemente agraria hacia la imagen icónica de la ciudad y sus chimeneas humeantes, proceso conocido como *Revolución Industrial*<sup>1</sup>, se caracterizó por i) la sustitución de la fuerza humana y animal en la producción, ii) la organización de la producción en unidades más grandes, y iii) la creciente especialización de las manufacturas. (Roberts, 2010). Con el notable aumento en la productividad derivado de la introducción de la máquina, el presagio “pesimista” de Malthus no sólo no se cumplió, sino que la población mundial siguió aumentando junto con la expansión de la economía. A mediados del siglo XVIII, la población mundial llegaba a 750 millones de personas, duplicándose en los siguientes 150 años. En 1950 la población ya era de 2.500 millones de personas y al comenzar el nuevo milenio ya había superado los 6.000 millones de personas (Roberts, 2010).

Durante la segunda mitad del siglo XX el tema de la escasez de los recursos naturales retorno a la palestra de la mano del libro “*Los Límites del Crecimiento*”, estudio encargado por el llamado *Club de Roma* a un equipo de investigadores del MIT, cuyo fin era modelar

---

<sup>1</sup> Este hito marca en forma definitiva la transición hacia la segunda etapa de la evolución tecnológica, caracterizada por la introducción de la máquina en la producción. (Richta, 1972).

las consecuencias futuras del modelo de crecimiento. Su conclusión fue que si se mantenía sin variación el incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales, se alcanzarían los límites absolutos de crecimiento en la tierra dentro de los próximos cien años. La alternativa propuesta por el equipo investigador se resume en la idea de que solo es viable en el largo plazo un *crecimiento cero o estado estacionario* (Meadows & et ál, 1972).

Aunque se criticara intensamente la metodología aplicada en el estudio, lo cierto es que en el transcurso de la década de 1970, occidente enfrentó dos crisis del petróleo, lo que llevó a pensar que las predicciones del informe pudiesen estar adelantándose. Este debate generó un entorno que favoreció la creación de múltiples iniciativas tendientes a observar la relación entre economía y medio ambiente.

El mismo año que se publicó el informe del *Club de Roma*, se celebró en Estocolmo la primera *Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano*, la cual si bien no permitió arribar a acuerdos, incrementó significativamente la atención mundial en el tema. Dos años más tarde tuvo lugar en México la *Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, donde se oficializa el término “*desarrollo sustentable*”, el que aparece ante la necesidad de contar con un marco consistente e integral que responda a los desafíos pendientes identificados en la siguiente sección. De este modo, el desarrollo sustentable es un proyecto político que busca repensar el paradigma económico predominante, incorporando nuevas dimensiones al desarrollo (Pesquex, 2009).

### ***Desarrollo sustentable en tres principios***

El concepto de desarrollo sustentable de mayor difusión hoy debe su origen a la publicación en 1987 del libro “*Nuestro Futuro Común*”, más conocido como Informe Brundtland, en el que se resume el trabajo de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de Naciones Unidas. En él se define que el desarrollo sustentable es “*el progreso económico que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer el de las generaciones futuras*” (WCED , 1987, pág. 43.). A partir de esa definición se reconocen tres principios: desarrollo económico, calidad ambiental y equidad social.

### *1. Sustentabilidad Económica*

La sustentabilidad económica refleja el vínculo entre desarrollo económico y bienestar, donde es necesario satisfacerse las necesidades de la sociedad como alimentación, ropa, vivienda, trabajo. Pero no es suficiente con proveer bienestar material inmediato a la sociedad si esto limita la posibilidad de alcanzar un nivel similar de bienestar de forma permanente. El éxito en este sentido radica en la capacidad de la sociedad de asignar de forma eficiente los recursos escasos.

### *2. Sustentabilidad Ambiental*

La sustentabilidad se vincula con la ecología y la biofísica, ciencias que permiten esclarecer los mecanismos e interrelaciones por medio de los cuales es posible la vida como la conocemos. El hombre se beneficia y goza las bondades que la naturaleza provee, en consecuencia, la sustentabilidad ambiental implica proteger las formas de vida y los sistemas biofísicos que permiten la mantención de las funciones del planeta, de modo que el desarrollo sea viable en el futuro.

### *3. Sustentabilidad Social*

La sustentabilidad social se refiere comúnmente a que los costos y beneficios del desarrollo deben ser distribuidos de manera adecuada, tanto dentro de la población, como entre las generaciones presentes y futuras. Más allá, se concibe el desarrollo humano como aumento permanente de la calidad de vida humana en forma equitativa y, entonces, como objetivo propio (Anand & Sen, 2000). Implica además de la distribución del ingreso, la equidad entre los géneros, la equidad entre las razas, las culturas, entre las personas que habitan las regiones o los territorios a nivel nacional, y la equidad entre los países.

## ***La minería y los desafíos del desarrollo sustentable***

En 1998, con motivo de los diez años de la *Cumbre de Río*, nueve de las más grandes compañías mineras del mundo lanzaron la *Global Mining Initiative* (GMI), cuyo fin era definir un nuevo marco de referencia para la industria minera mundial que respondiera a las tensiones surgidas en relación al desarrollo sustentable. El trabajo encargado al

*International Institute for Environment and Development (IIED)* decantó en la creación del *Mining and Metals Sustainable Development Project (MMSD)*,

El proyecto tuvo como objetivo evaluar la minería y la metalurgia en términos de la transición al desarrollo sostenible, identificar cómo los servicios prestados por el sistema de minerales pueden ser entregados de conformidad con el desarrollo sustentable en el futuro, proponer elementos claves para mejorar el sistema de los minerales, y construir plataformas de análisis e involucramiento para la cooperación entre los grupos de interés en torno a la minería. Los resultados del proceso de consulta decantaron en el informe conocido como *Breaking New Ground* (MMSD, 2002) y en una conferencia que tuvo lugar en Toronto y que llevó por nombre *Resourcing the Future*. Sus principales conclusiones se señalan a continuación:

#### *1. Mayores Presiones Económicas y de los Inversionistas*

Es posible reconocer presiones económicas y de los inversionistas, tanto en dirección hacia la sustentabilidad como en dirección contraria. Los inversionistas privados demandan cada vez mayores retornos, dado los niveles de riesgo de los proyectos mineros. Por otra parte, en el mundo cada vez cobran mayor importancia el rol de los inversionistas institucionales en los mercados financieros, los que pueden estar mandatados a aplicar criterios sobre el desempeño ambiental y social de las empresas para considerarlas elegibles como inversión.

#### *2. Mayores Demandas de los Gobiernos y las Comunidades Locales*

Los gobiernos, tanto como las comunidades locales, demandan a su vez participar de los beneficios que genera la actividad minera. Los primeros desean que la minería sea un motor de desarrollo de largo plazo, para lo cual utilizan los impuestos y otro tipo de políticas orientadas a ese fin. Las comunidades, por su parte, esperan que la ejecución de proyectos extractivos genere empleo, mejore la infraestructura y dinamice las economías locales por la prestación de servicios a la minería.

### 3. *Mayor Regulación Ambiental*

Existen diversos asuntos relacionados con la sustentabilidad que encuentran a su vez respaldo en la regulación y las leyes. Existen múltiples normativas que regulan la emisión de gases, el tratamiento de materiales peligrosos, el manejo de residuos, el uso del agua, etc. Las políticas globales orientadas a afrontar, por ejemplo, el *cambio climático*, son un ejemplo de cómo las presiones medioambientales inciden en el entorno competitivo de las empresas, no sólo localmente, sino que también a escala global.

### 4. *Mayores Exigencias de los Empleados*

Los empleados son más exigentes en materia de seguridad y de remuneraciones. En muchos casos sus demandas son respaldadas por la regulación, como ocurre con el salario mínimo, el pago de provisiones para la salud y la jubilación, así como de la extensión máxima de la jornada laboral, entre otros.

### 5. *Mayores Exigencias de los Consumidores*

Hoy existe una mayor facilidad para acceder a información, lo que ha dotado a los consumidores de un mayor poder sobre las empresas. Los consumidores están más dispuestos a castigar a las empresas que no se ajustan a sus estándares éticos, así como a pagar un sobrepago por aquellos bienes o servicios que destacan en el desempeño en esta dimensión.

Estas crecientes demandas se han traducido en importantes cambios en los entornos competitivos de las empresas mineras, las que deben adaptarse y responder integralmente para garantizar la existencia del negocio en largo plazo.

---

### III. LA TEORÍA ECONÓMICA DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

---

En la moderna economía del bienestar, influida por la contribución de John Rawls, el desarrollo sustentable ha sido definido como *el mantenimiento en el tiempo del bienestar humano promedio* (Pezzey, 1992). Weitzman (1976) justifica la utilización del ingreso como una medida adecuada de bienestar, pues este representa un aproximación al valor presente descontado del consumo futuro, que es en última instancia lo que provee bienestar. Solow (1974) concluye en línea con este último argumento que la condición de sustentabilidad equivale a que el consumo sea no decreciente en el tiempo, deficiencia que es adoptada también por Hartwick (1977).

Debido a las características del problema, la disciplina económica ha abordado típicamente la evaluación de la sustentabilidad como una extensión de los problemas del crecimiento económico. Solow (1956) desarrolla uno de los más difundidos modelos de crecimiento económico para evaluar el comportamiento de la producción ( $Q$ ) y del consumo ( $C$ ) en el tiempo. Propone una economía que produce un único *commodity*, utilizando capital ( $K$ , stock de *commodity*) y trabajo bajo diferentes formas funcionales.

$$Q = f(K, L) \quad (1.1)$$

$$Q = C + \Delta K \quad (1.2)$$

$$\Delta K = s * Q \quad (1.3)$$

Concuerda con Harrod – Domar que en ausencia de cambio tecnológico el crecimiento económico depende del crecimiento de la oferta de trabajo ( $L$ ) y de las preferencias de ahorro/inversión de las personas y las empresas ( $s$ ). No obstante, también señala que la conclusión de que la *tasa natural de crecimiento* constituye un equilibrio inestable, descansa críticamente en el supuesto de que la tecnología es de proporciones fijas (Solow, 1956, p. 65). Como demuestra utilizando una función de producción Cobb-Douglas con retornos constantes de escala y con posibilidad de que el capital y el trabajo sean en algún grado sustituibles, es posible llegar a tasas de crecimiento de equilibrio estables en condiciones menos restringidas, incluso con crecimiento de la fuerza laboral, cambio tecnológico, tasa de ahorro variable e impuestos.

En la década de los '70s estas conclusiones fueron sometidas a evaluación debido a la agudización de la crisis del petróleo, ampliando los modelos económicos a escenarios de escasez y agotamiento de recursos naturales. El problema fue abordado ampliando los factores incluidos en el análisis económico, reflejando las consecuencias sobre el consumo y el crecimiento de la menor disponibilidad de diferentes formas de capital en la producción (CTA, del inglés *capital theory approach*) (Stern, 1997). Desde una mirada funcional, se entiende por capital “*un stock que conlleva flujos de bienes y servicios valiosos en el futuro*”, así el capital económico son las máquinas, las fábricas y las herramientas; el capital social es la educación, las habilidades y la cultura; y el capital natural es el agregado de flujos y stocks de recursos naturales (ver ecuación 2).

$$K_{total} = \left( \vec{K}_{económico} + \vec{K}_{natural} + \vec{K}_{social} \right) \quad (2)$$

### ***Interpretación débil y fuerte***

Existen diferentes consideraciones respecto de la forma en que las formas de capital pueden o no ser sustituidas por otras formas de capital en la producción, y es este elemento el que distancia a las dos principales corrientes de interpretación respecto de la sustentabilidad que adoptan un enfoque CTA.

Por un lado, la *sustentabilidad débil* implica que las formas de capital son sustituibles entre sí, por lo que se admite que la reducción en el capital ambiental puede ser compensada por un aumento en el capital económico o social, mientras que el output total no decrezca. Se deriva que la sustentabilidad débil se alcanza toda vez que la suma total de las formas de capital cumple al menos con la *regla del capital contante*. La condición de sustentabilidad débil puede ser escrita como:

$$\Delta \vec{K}_{total} = \Delta \vec{K}_{económico} + \Delta \vec{K}_{natural} + \Delta \vec{K}_{social} \geq \mathbf{0} \quad (3)$$

Solow (1974) formaliza un modelo de una economía en que se produce un solo bien, utilizando un recurso de disponibilidad limitada y un stock de capital manufacturado, el cual puede ser consumido o invertido con el fin de evaluar la evolución del consumo per cápita bajo diferentes formas funcionales y cambios en los determinantes exógenos del

modelo. Una de las principales conclusiones de Solow (1974) es que es posible crecer en forma sustentable en la medida en que el stock de capital, o los servicios que el capital provee, permanezcan al menos constantes en el tiempo.

El criterio de sustentabilidad utilizado por Solow (1974) califica como una forma de *sustentabilidad débil*, pues permite el remplazo entre diferentes formas de capital. Esta interpretación ha sido criticada por diversos autores que consideran que las distintas formas de capital no admiten ser sustituidas por otras (Constanza & Daly, 1992), lo que es conocido como *sustentabilidad fuerte*. La condición de *sustentabilidad fuerte* puede ser escrita como:

$$\Delta \vec{K}_{económico} \geq 0 \wedge \Delta \vec{K}_{natural} \geq 0 \wedge \Delta \vec{K}_{social} \geq 0 \quad (4)$$

Es decir, la condición de *sustentabilidad fuerte* equivale a un óptimo de Pareto, donde el capital debe permanecer constante, aplicado en dimensiones separadas. La justificación reside en que las distintas formas de capital actúan en forma complementaria en los procesos de producción, por lo que la reducción del stock de cualquier forma de capital, asumiendo que existen rendimientos decrecientes del capital manufacturado y social, conlleva a una situación inevitablemente peor que antes de la reducción de dicho stock.

### ***Recursos naturales renovables y no renovables***

Dentro del estudio de la relación entre las distintas formas de capital surge la distinción entre los llamados *recursos naturales renovables* y los *recursos naturales no renovables* (en adelante RR y RNR, respectivamente).

Los recursos naturales renovables, RR, son aquellos bienes, como la madera de los bosques o los peces en el mar, y servicios, como la atmosfera que regula el clima o los bosques que evitan la erosión, que se regeneran a partir de sí mismos y de la energía solar a un ritmo mayor que el de su utilización. Por su parte, los recursos naturales no renovables, RNR, no juegan un rol activo en el mantenimiento de las condiciones ambientales y no proveen servicios ambientales tampoco. Son, por ejemplo, los recursos fósiles como el carbón, el gas y el petróleo, y los minerales, los cuales tienen ritmos geológicos de renovación, por lo que su explotación lleva a su agotamiento.



Respecto de este último punto, las predicciones de agotamiento se fundan en el *paradigma de la reserva fija*, sin embargo, existen críticas respecto de los supuestos adoptados, debido a que muchos recursos naturales no renovables se explotan y utilizan, pero en la práctica no se consumen. El *paradigma de costos de oportunidad* propone que la escasez se traduce en un alza de precios que induce a la revalorización del reciclaje y la reutilización cuando el recurso no se degrada, y a la sustitución cuando si lo hace.

John Hartwick en su famoso artículo de 1977 *Intergenerational Equity and the Investing of Rents From Exhaustible Resources*, señala que es posible explotar los recursos naturales no renovables y cumplir con el criterio de equidad intergeneracional definido por Solow (1974) (consumo no decreciente en el tiempo), si es que el total de las rentas generadas es invertido en otra forma de capital reproducible, lo que se conoce como *regla del capital constante* o *regla de Hartwick*.

Alcanzar la sustentabilidad en un sentido débil obliga a que el uso de RNR sea compensado por la reinversión del ingreso generado en otras formas de capital reproducible, manteniendo la condición de la *ecuación 3*. No obstante, para lograr una sustentabilidad fuerte el uso de RNR debe ser compensado por la reinversión del ingreso generado en RR, de modo que el capital natural total permanezca al menos constante (Constanza & Daly, 1992), como se muestra en la *ecuación 5*.

$$\Delta \vec{K}_{\text{natural}} = \Delta \vec{K}_{\text{natural renov.}} + \Delta \vec{K}_{\text{natural no renov.}} \geq \mathbf{0} \quad (5)$$

### ***Recursos naturales críticos***

La explotación excesiva de los RR puede llevar a que los ecosistemas pierdan su capacidad regeneradora. Debido a la condición de *resiliencia* de los ecosistemas, definida como su capacidad de resistir las perturbaciones manteniendo sus condiciones estructurales, se desprende que existen niveles mínimos críticos de RR que deben ser preservados en pos de mantener las condiciones de regeneración de los ecosistemas. La contracara de esta afirmación es que existe un nivel de flujos de capital natural renovable que puede ser utilizado sin afectar la sustentabilidad ambiental, lo que se expresa en las *ecuaciones 6.1* y *6.2*. Esta posibilidad no puede ser considerada sustentabilidad fuerte como la define

Constanza & Daly (1992), pues conlleva la sustitución de diferentes formas de capital natural.

$$\vec{K}_{natural\ renov} = \vec{K}_{natural\ no\ crítico} + \overline{\vec{K}_{natural\ crítico}} \quad (6.1)$$

$$\Delta\vec{K}_{natural} = \Delta\vec{K}_{natural\ no\ crítico} + \Delta\vec{K}_{natural\ no\ renov.} \quad (6.2)$$

### ***El problema de valorar***

De la ecuación 3 resulta evidente que si se acepta algún grado de sustitución entre las distintas formas de capital, será necesario estandarizar todo a una unidad común para evaluar el efecto sobre el stock total de capital. Por lo tanto, junto con medir los aspectos ambientales y sociales en términos de cantidades, es necesario utilizar algún método que permita calcular el valor de los flujos y stocks en términos monetarios, asignándoles un precio (Stern, 1997).

A partir de este requerimiento, la ecuación 2 puede ser re expresada como:

$$K_{total} = \vec{P}_{keconómico} * \vec{K}_{económico} + \vec{P}_{knatural} * \vec{K}_{natural} + \vec{P}_{ksocial} * \vec{K}_{social} \quad (7)$$

Como señala Constanza & Daly (1992), la asignación óptima de los recursos debe satisfacer la condición de que los costos marginales igualen a los beneficios marginales de la utilización de cierta cantidad de capital natural. La utilización óptima de capital natural descansa entonces en la señalización correcta de los precios, para lo cual estos deben ser valorados sobre la base de los costos y beneficios sociales de largo plazo.

La dificultad reside en que en muchos casos no existen mercados en los cuales se transen el capital natural y social, y se les asigne por tanto un precio que señalice la condición de óptimo. Aún existiendo mercados en que se transan algunos recursos naturales, el precio corresponde un proceso de valoración entre las partes involucradas que refleja los beneficios y costos privados de su utilización, lo que puede acarrear consecuencias positivas o negativas sobre terceros. En el caso de los bienes y servicios ambientales, los costos y beneficios públicos son relevantes, por lo que, existe una tendencia a sub-valorar el recurso, llevando a la sobre utilización del mismo (Constanza & Daly, 1992).

Coase (1960)) señala que si hay derechos de propiedad establecidos y no existen costos de transacción relevantes, el problema se resuelve dejando negociar a las partes involucradas. Sin embargo, parte del problema de valorar el capital ambiental reside en que los derechos de propiedad están escasamente delimitados, y adicionalmente existen importantes costos de transacción. Las principales propuestas para abordar estos problemas son i) establecer derechos de propiedad y crear mercado cuando sea posible y eficiente, ii) utilizar técnicas que revelen la disponibilidad a pagar por bienes (DAP) para los cuales no es posible o eficiente establecer un mercado y iii) realizar un *análisis de energía* (AE) que asigne un precio al capital en función de su nivel entrópico.

Otra discusión que se deriva directamente del problema de la valoración de los recursos naturales dice relación con la elección de tasas de descuento que reflejen adecuadamente los horizontes de evaluación involucrados. Esto representa una dificultad debido a la existencia de sesgos cognitivos que conducen a lo que se ha reconocido en la literatura como *trampa social*, que no es otra cosa que la inconsistencia entre las preferencias individuales de corto plazo con las preferencias sociales de largo plazo, que resulta en la utilización de tasas de interés demasiado altas en la valoración del capital natural (Constanza & Daly, 1992). Es más, señalan que si la tasa de interés relevante a nivel macroeconómico es mayor que la tasa de renovación del capital natural, incluso en ausencia de problemas de propiedad, trae como consecuencia el agotamiento del recurso natural.

### ***La sustentabilidad a nivel de la empresa***

Hasta ahora todas las referencias a la evaluación de la sustentabilidad en este capítulo han estado enfocadas al problema desde una mirada macro, es decir, de la economía en su conjunto. Las propuestas basadas en un enfoque de *CTA* se han centrado en la contabilización de los beneficios y costos internos y externos, dando como resultado una medida de *valor agregado neto* o *valor agregado verde*.

Atkinson (2000) propone abordar el desempeño sustentable de unidades económicas individuales extendiendo la lógica de costo - beneficio del uso de recursos naturales, económicos y sociales que resultan como consecuencia de las decisiones de producción de las empresas. En forma análoga al problema macro, la empresa será sustentable en la

medida en que el valor agregado ajustado por los costos y beneficios externos sea positivo, y al ser monitoreado en el tiempo, los cambios positivos en el *valor agregado neto* por la empresa representan una mejora en su desempeño sustentable. Se concluye que este enfoque permite evaluar el desempeño sustentable en relación a la propia empresa, y establece además un vínculo directo con la sustentabilidad a nivel macro (Atkinson, 2000).

Esta, así como otras medidas absolutas de sustentabilidad, son un medio potente para evaluar si el resultado de las decisiones de la empresa es o no sustentable, sin embargo, no permiten responder a la pregunta de si se ha alcanzado el máximo nivel de sustentabilidad posible (Figge & Hahn, 2004). Adicionalmente, en la medida en que los costos y beneficios son agregados en una base común, estos enfoques adoptan implícitamente la forma débil de sustentabilidad, y por ende están sujetos a las mismas dificultades para valorar en términos económicos identificadas en la sección anterior.

Otro tipo de enfoques, que se clasifican dentro de la llamada *eco-eficiencia* (EE), proponen evaluar la sustentabilidad en términos relativos, por medio del cálculo de indicadores que relacionan la creación valor (valor agregado, VA), con los impactos ambientales agregados por la empresa (IAA). La agregación de impactos ambientales es el resultado de la ponderación de los diferentes impactos que resultan de la generación de valor agregado según su peligrosidad o daño potencial sobre el medio ambiente, mientras que el valor agregado es el resultado de sustraer todos los costos incurridos en la adquisición de bienes y servicios a los ingresos de la empresa. Una expresión de *eco-eficiencia* del recurso *i* en la empresa es la siguiente:

$$EE_{i,empresa} = \frac{VA_{empresa}}{IAA_{i,empresa}} \quad (8)$$

El uso de este tipo de indicadores revela que las mejoras en la *eco-eficiencia* representan contribuciones a la sustentabilidad de la empresa. Esta puede ser una contribución débil a la sustentabilidad en el caso en que el aumento de EE refleje un cambio en sólo uno de los componentes (un aumento en VA o una reducción en IAA), mientras que una contribución fuerte a la sustentabilidad se logra toda vez que la empresa

mejore simultáneamente su desempeño económico, a la vez que reduce los impactos ambientales agregados en el proceso de creación de valor (Figge & Hahn, 2004).

Figge & Hahn (2004) advierten tres deficiencias en las medidas relativas, como la EE, para medir de forma adecuada la sustentabilidad. La primera es que no indican el grado de sustentabilidad efectivamente alcanzado, así como tampoco informan sobre el total de recursos utilizados, por lo que no son una medida de *efectividad*. La segunda consecuencia es que las mejoras en EE se pueden ver contrarrestadas por un efecto escala, por lo que no se puede garantizar que el desempeño sustentable efectivo mejore como consecuencia del aumento en la eficiencia. Por último, con el propósito de analizar en forma agregada el desempeño en las tres dimensiones relevantes es necesario igual que antes, representar todo en una medida común, lo que presenta las dificultades ya discutidas.

### ***La metodología del valor agregado sustentable (VAS)***

La propuesta de Figge & Hahn (2004) intenta conciliar las bondades y deficiencias de las medidas absolutas y relativas de sustentabilidad, por medio del cálculo del *valor agregado sustentable* (VAS), indicador que refleja la eficiencia y la efectividad con que la empresa se desempeña en las múltiples dimensiones de la sustentabilidad.

Mientras que la mayor parte de los trabajos se han centrado en el cálculo de los costos y beneficios externos, el indicador VAS estima de manera diferente el valor de los recursos utilizados. Figge & Hahn (2004) proponen costear los recursos naturales y ambientales según el valor que generaría su uso alternativo por un *benchmark* o referencia, es decir por medio del costo de oportunidad incurrido por el uso del recurso en la empresa evaluada (CO). Esta relación se expresa de la forma más simple para el caso de un solo factor ambiental o social, de un total de  $n$ , denotado  $i$ , por medio de la siguiente ecuación:

$$CO_{i,empresa} = EE_{i,benchmark} * EIA_{i,empresa} \quad (9)$$

Las empresas harán contribuciones a la sustentabilidad si es que el valor agregado que crean permite cubrir los costos de oportunidad de los recursos utilizados, lo que equivale a que la empresa utilice el recurso en forma más eficiente que el *benchmark*, según la ecuación 10.1. , que puede ser re-expresada también como la ecuación 10.2.

$$VAS_{i,empresa} = VA_{empresa} - CO_{i,empresa} \quad (10.1)$$

$$VAS_{i,empresa} = (EE_{i,empresa} - EE_{i,benchmark}) * IAA_{i,empresa} \quad (10.2)$$

Según esta última expresión el indicador VAS es un indicador de la *eficiencia* de la empresa, pues esta creará valor agregado en forma sustentable con un determinado recurso en la medida en que sea más eficiente que el valor de referencia determinado o *benchmark*. Adicionalmente, el resultado de las ecuaciones 9, 10.1 y 10.2 está expresado en términos monetarios sin haber dispuesto expresamente de un precio del recurso, evitando así los problemas de la valoración de los recursos naturales y sociales descritos anteriormente. Por último, el resultado es un valor absoluto que permite establecer un nivel determinado de desempeño sustentable, que refleja la *efectividad* de la empresa en crear valor a partir de un recurso escaso.

En el caso descrito sólo se consideró un recurso no económico, sin embargo, en la práctica las empresas utilizan múltiples recursos, por lo que las ecuaciones deben ser modificadas para reflejar adecuadamente este hecho. La ecuación 10.1 refleja la contribución en valor sustentable de la utilización del recurso *i*. Por medio de la agregación simple de este indicador para el caso en que *n* recursos son utilizados lleva a una sobre contabilización del valor agregado de la empresa (Figge & Hahn, 2004), por lo que es necesario ponderar la suma de los costos de oportunidad por *1/n*, resultando en la siguiente fórmula:

$$VAS_{empresa} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n VAS_{i,empresa} \quad (11.1)$$

$$VAS_{empresa} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n VA_{empresa} - CO_{i,empresa} \quad (11.2)$$

$$VAS_{empresa} = VA_{empresa} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n CO_{i,empresa} \quad (11.3)$$

$$VAS_{empresa} = VA_{empresa} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n EE_{i,benchmark} * IAA_{i,empresa} \quad (11.4)$$

El costo de oportunidad total (segundo término del lado derecho de la ecuación 11.4), es el resultado de una sumatoria de los impactos ambientales y sociales generados por la empresa, ponderados por la *eco-eficiencia* del *benchmark* dividido en  $n$ . Debe resultar claro de esta definición de costo de oportunidad y de valor agregado sustentable que la sustentabilidad así definida depende crucialmente del *benchmark* seleccionado. Es este *benchmark* el que define lo que se considera sustentable o no, así, es posible establecer diferentes *benchmark* y evaluar a un grupo de empresas en función de ellos.

Es también posible entonces asignar cantidades arbitrarias de cada forma de capital en función de algún rango meta a alcanzar para un nivel de sustentabilidad, como puede por ejemplo suceder en el caso de las emisiones de CO2 causantes del cambio climático. Entonces, la meta de reducción de 8% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los países de la Unión Europea con respecto a 1990, sumado a las proyecciones de crecimiento de la economía, conlleva en forma inambigua un aumento en la *eco-eficiencia* del *benchmark*. En este caso, una empresa que se desempeña de forma neutra en el periodo  $t_0$  (i.e.  $VAS = 0$ ), y que no mejora ni empeora su *eco-eficiencia*, verá caer su VAS en el periodo  $t_1$  tras la implementación de la meta de reducción de emisiones de GEI.

#### **IV. VALOR AGREGADO SUSTENTABLE EN LA INDUSTRIA MINERA MUNDIAL**

---

##### ***Objetivo y alcances de la aplicación.***

La metodología VAS (Figge & Hahn, 2004) fue aplicada a un grupo de 65 compañías europeas de diversos sectores económicos con información que abarca los años 2001 a 2003, publicándose los resultados de dicha investigación en 2006 (Advance Project, 2006). La minería no formó parte de ese estudio y la revisión en revistas académicas no señala experiencias similares, por lo que la evaluación del VAS de las mayores compañías mineras que se presenta en este capítulo busca contribuir a la disponibilidad de información sobre la contribución de esta industria al desarrollo sustentable.

Aquí se calcula el VAS de un grupo de 10 compañías mineras, mostrando cuales compañías son o no sustentables según la metodología de Figge & Hahn (2004). Se desea identificar, en la medida en que la información esta disponible, qué factores ambientales, económicos y sociales son utilizados por las compañías mineras en forma sustentable, es decir creando valor económico.

Las compañías que crean valor agregado sustentable (VAS) están en posición de compensar a las compañías representadas por el *benchmark* por que estas renuncien a usar determinado recurso. De este modo, la reasignación es pareto-óptima, pues permite que las compañías más eficientes produzcan más, y aquellas que son menos eficientes produzcan menos. Entonces, los resultados de esta aplicación permiten orientar las decisiones de múltiples actores hacia un mejoramiento en la eficiencia y la efectividad en el uso de recursos, al indicar desde donde y hacia donde asignar los recursos ambientales y sociales para su máximo beneficio.

##### ***Origen de los datos y selección de las empresas reportadas***

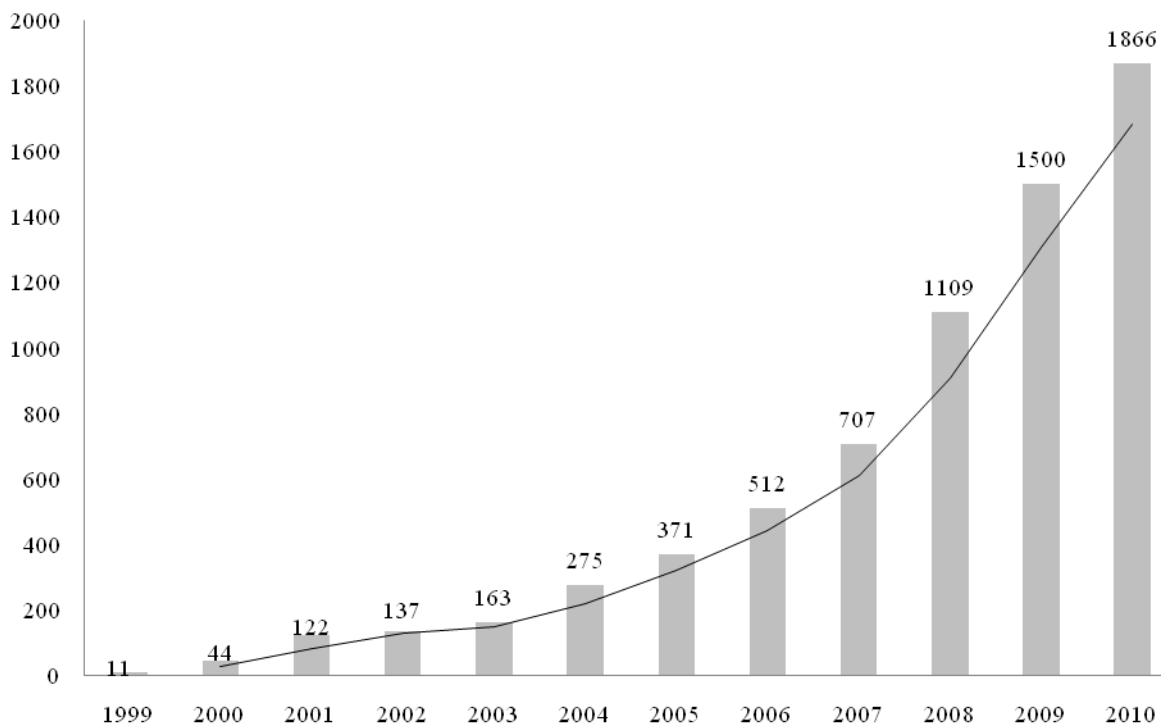
Para realizar una evaluación del valor agregado sustentable de la industria minera es necesario contar con la información del desempeño ambiental, económico y social de cada compañía en una base comparable. Una forma en que esto se puede llevar a cabo es por



medio de la aplicación de una encuesta que contenga todas las variables a incorporar en el análisis, junto con la metodología adecuada para su medición. Esta opción tiene la fortaleza de que recoge exactamente la información requerida, pero demanda un esfuerzo adicional por parte de la empresa en relación a los requerimientos legales de información.

En respuesta a las crecientes demandas por parte de los diversos grupos de interés, las compañías en todo el mundo han adoptado prácticas de divulgación de su desempeño económico, social y ambiental por medio de reportes o memorias de sustentabilidad, que van más allá de sus obligaciones legales. Esta tendencia puede proveer de información adecuada para el objetivo del estudio. Tiene a su favor que es una fuente pública y directa, pero presenta el inconveniente de que la calidad de la información puede ser cuestionada por la falta de metodologías adecuadas, o por el manejo estratégico de esta información por parte de las compañías.

*Gráfico 1*  
Empresas Reportadas Según Estándar GRI

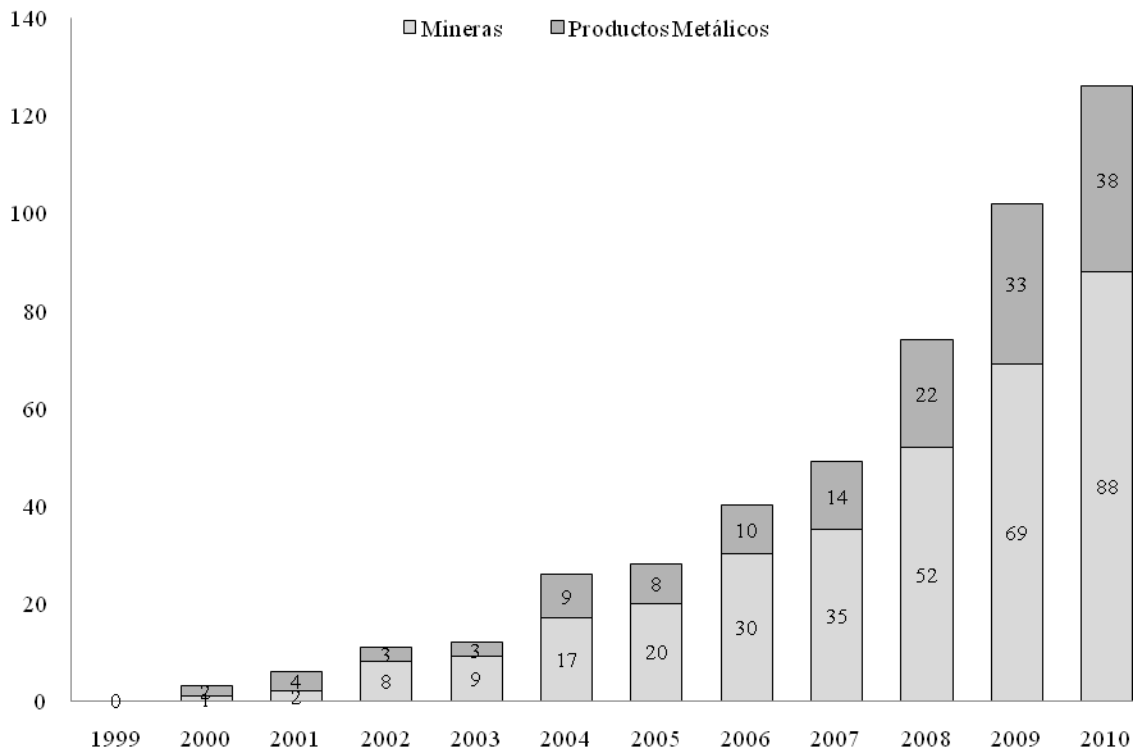


Fuente: *Elaboración propia, a partir de las estadísticas publicadas en [www.gloralrreporting.org](http://www.gloralrreporting.org)*

La *Global Reporting Initiative (GRI)*, ha impulsado con gran éxito durante los últimos 15 años la adopción de un marco común para la divulgación de información sobre sustentabilidad por parte de diversos tipos de organizaciones. El *Gráfico 1* muestra la evolución del total de reportes de sustentabilidad declarados según los lineamientos GRI, que en el año 2010 llegaron a un total de 1.866, lo que representa un incremento de 24,4% en relación al año 2009.

Los 5 sectores económicos con mayor número de empresas reportadas en el 2010 son la energía (255;13,7%), los servicios financieros (254;13,6%), minería y productos metálicos (127;6,8%), alimentos y bebidas (111;5,9%) y construcción (66;3,5%), aunque se registraron 35 actividades diferentes en el 2010. El *Gráfico 2* resume la evolución de los reportes realizados según el estándar GRI por parte de compañías mineras y metalúrgicas.

*Gráfico 2*  
Compañías Mineras y de Productos Metálicos Reportadas según GRI

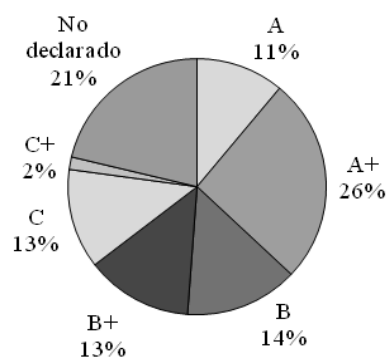


Fuente: Elaboración propia, a partir de las estadísticas publicadas en [www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org)

Según el estándar GRI, las memorias de sustentabilidad deben satisfacer las necesidades de información de los principales *stakeholders* de la compañía. La calificación del reporte reconoce el cumplimiento de este objetivo con la letra “A” si es que satisface, “B” si satisface parcialmente, o “C” si no satisface la exigencia de informar los aspectos más relevantes del desempeño de la empresa. Adicionalmente, los reportes pueden ser respaldados por las revisión de un equipo auditor, en cuyo caso el signo “+” acompaña a la letra que califica la “cantidad” de información. En el Gráfico 4 se puede ver como fueron calificadas las memorias de sustentabilidad correspondientes al 2010 de las compañías mineras y de productor metálicos.

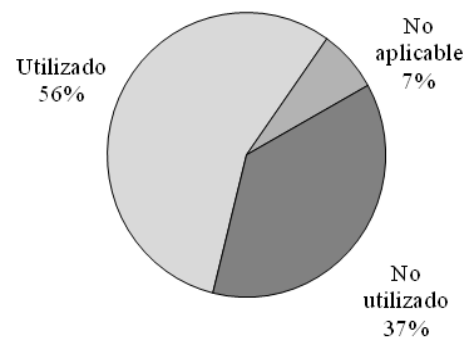
En el 2004 fue divulgado el primer suplemento metodológico para el sector minero según los lineamientos de GRI, el cual fue desarrollado en conjunto con un equipo técnico del ICMM. Este suplemento es utilizado en forma complementaria para proveer de información que es relevante para los grupos de interés de las compañías mineras. En 2010 el uso del suplemento sectorial alcanzó al 56% del total de reportes registrados por compañías mineras y metalúrgicas (*ver Gráfico 4*).

*Gráfico 3*  
Nivel de Aplicación Reportes GRI de las Compañías Mineras y de Productos Metálicos 2010



*Fuente: Elaboración propia, a partir de las estadísticas publicadas en [www.gloralrreporting.org](http://www.gloralrreporting.org)*

*Gráfico 4*  
Uso de Suplementos Sectoriales GRI de las Compañías Mineras y de Productos Metálicos 2010



*Fuente: Elaboración propia, a partir de las estadísticas publicadas en [www.gloralrreporting.org](http://www.gloralrreporting.org)*

Tomando en cuenta estas consideraciones, se ha decidido reportar el desempeño de 10 de las mayores compañías mineras del mundo, cuyas memorias de sustentabilidad siguen los lineamientos *GRI – G3*, utilizado el suplemento sectorial elaborado por *GRI* junto al *ICMM*. Se consideró solo empresas que incluyen en la memoria de sustentabilidad toda la información relevante para los grupos de interés, y que es verificada en forma externa por una empresa auditora, recibiendo la memoria la calificación “A+” (ver *Tabla 3*).

*Tabla 3*  
Empresas Mineras Incorporadas en el Estudio

	ICMM	Aplicación GRI	Suplemento Sectorial	Última Info Disponible
Anglo American	si	A+	si	SD Report 2010
Barrick Gold Corp.	si	A+	si	SD Report 2010
BHP Billiton	si	A+	si	SD Report 2010
Codelco	si	A+	si	SD Report 2010
Freeport-McMoRan	si	A+	si	SD Report 2010
Grupo México	no	A+	si	SD Report 2010
Rio Tinto	si	A+	si	SD Report 2010
Teck	si	A+	si	SD Report 2010
Vale	si	A+	si	SD Report 2010
Xstrata	si	A+	si	SD Report 2010

*Fuente: Elaboración propia, a partir de las estadísticas publicadas en [www.gloralreporting.org](http://www.gloralreporting.org), [www.icmm.com](http://www.icmm.com), e información emitida por las propias compañías mineras*

### ***Variables reportadas y caracterización de las empresas y los benchmark***

Es de interés analizar el desempeño de las empresas según su uso de diferentes recursos naturales y sociales, por ello es necesario seleccionar las variables que reflejarán el uso de estos recursos. En la aplicación de 2006 del estudio se incluyeron aspectos ambientales, como la emisión de GEI y otros gases dañinos para la capa de ozono, el consumo de agua y la generación de desechos. La inclusión de variables depende crucialmente de la disponibilidad de información y de la utilización de enfoques metodológicos similares. Tomando esto en consideración, los recursos incluidos en el análisis de las 10 compañías mineras son:

### 1. Valor Agregado (VA)

El indicador con el cual se representará el output económico de las compañías mineras será el valor agregado, pues representa la contribución de la empresa al producto interno bruto. No obstante, la información financiera reportada no da cuenta de este valor, por lo cual, siguiendo el método aplicado por Advance Project (2006), este es aproximado por el EBITDA más las remuneraciones y salarios pagados en el periodo.

El VA atribuible a las 10 compañías mineras reportadas alcanzó en 2010 un total de 159.378 millones de USD, mientras que la economía mundial produjo un VA total de 62.911.253 millones de USD en el mismo periodo (IMF, 2011). De este modo, la selección de compañías reportadas representa un 0,25% del VA mundial. BHP Billiton es la compañía que mayor valor agregado reportó en 2010, con 35.250 millones de USD, seguida por la brasilera Vale con 29.016 millones de USD, y por Rio Tinto en tercer lugar con 28.636 millones de USD.

### 2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Uno de los principales riesgos ambientales hoy proviene del cambio climático, el cual es causado principalmente por la quema de combustibles fósiles, que libera a la atmósfera miles de millones de toneladas de gases de efecto invernadero por año. El protocolo de Kioto categoriza estos gases en función de su potencial de cambio climático y establece equivalencias entre estos y una unidad estandarizada denominada CO<sub>2</sub>e.

Según la *U.S. Energy Information Administration* (EIA), durante el 2010 la economía mundial emitió 30.313 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (EIA, 2011), mientras que las compañías reportadas emitieron en conjunto 180,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, equivalente al 0,59% del total mundial. Destacan en este indicador BHP Billiton, que emitió 46 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, Rio Tinto emitió 43 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e y Xstrata emitió 24 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e en el 2010.

### 3. *Consumo de Energía*

La industria minera es altamente intensiva en energía. Según las leyes de la termodinámica la formas de energía se degradan al ser utilizadas. Por esta razón, el uso de energía representa en la industria minera una reducción de la energía disponible en el futuro. Es necesario reconocer que también es posible utilizar energía renovable proveniente de diversas fuentes, no obstante, al no contar con cifras desagregadas respecto de todas las fuentes de energía, el consumo total se incluye dentro de los indicadores ambientales reportados.

La información más reciente publicada por la *International Energy Agency* (IEA) señala que a nivel mundial el consumo de energía alcanzó los 517.863 Peta Joules (PJ) (IEA, 2008), mientras que el conjunto de las empresas reportadas consumió 1.555 PJ en el mismo periodo, lo que representa el 0,3% del consumo mundial de energía. Rio Tinto es la minera que reportó el mayor consumo de energía, llegando a 512 PJ en el año. BHP Billiton se ubica segunda, con un consumo total de 280 PJ, seguida en tercer lugar por Vale, con un consumo anual de energía de 267,5 PJ.

### 4. *Consumo de Agua*

Múltiples procesos mineros requieren de grandes volúmenes de agua, por lo que este es un recurso estratégico para la viabilidad de largo plazo de la industria. Adicionalmente, en muchos casos, la ubicación geográfica de los proyectos mineros hace que este recurso sea escaso. Por esta razón, el agua es en gran medida reutilizada con el fin de minimizar la extracción de agua adicional para los procesos mineros. En consecuencia, es de interés conocer cuánta agua entra en el proceso, y por ende, deja de estar disponible para otros usos, como el consumo humano y animal, o para el riego.

El total mundial de agua consumida anualmente en el mundo es de 3.949.274 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>), si se excluye el uso domestico de agua (Pacific Institute, 2011). Las compañías reportadas consumieron, en el 2010, un total de 1.926 millones de m<sup>3</sup>, representando solo 0,049% del total mundial. Rio Tinto

fue la compañía que reportó el mayor consumo de agua, el que alcanzó los 516 millones de m<sup>3</sup>. Muy por debajo le siguen Vale con 294,3 millones de m<sup>3</sup> y Xstrata con 280 millones de m<sup>3</sup>.

### 5. *Accidentes Fatales*

La minería es considerada una actividad riesgosa, por lo que los aspectos relacionados con la seguridad y con la salud ocupacional son centrales dentro de la estrategia de sustentabilidad de las compañías mineras. No obstante, y a pesar de los esfuerzos por controlar los riesgos para las personas, existen fatalidades año a año.

Según la Organización Mundial del Trabajo, anualmente mueren más de 2,2 millones de personas como consecuencia de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo, y alrededor de 350.000 son debido a accidentes en el mismo lugar de trabajo (ILO, 2011). Las compañías en conjunto reportaron 70 casos de personas accidentadas con consecuencia de muerte. La compañía que registra el mayor número de personas accidentadas con resultado de muerte es Anglo American con 14 fallecimientos. Comparten el segundo lugar Grupo México y Vale, con 11 personas accidentadas con resultado de muerte.

De la Tabla 4, a partir del cálculo del *coeficiente de correlación*<sup>2</sup> entre el VA y IAA de los diferentes factores extra económicos analizados, resulta claro que las emisiones de GEI están directamente vinculadas con la creación de valor en la empresa (coef. correlación = 90%), así como el uso de energía (coef. correlación = 84%). De manera más débil, el consumo de agua refleja una relación similar (coef. correlación = 58%). En este sentido, las compañías mineras parecen afrontar un *trade-off*, donde estas deben decidir si renunciar a no a crear valor, y en que medida hacerlo, en pos de mejorar su efectividad ambiental medida como el *EIA*. En el caso de las fatalidades, no existe una relación entre esta medida

---

<sup>2</sup> *Coeficiente de correlación* =  $\frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$ . Este indicador mide la fuerza de la relación entre dos variables, sin embargo, no explica causalidad

de seguridad laboral con la creación de valor (coef. correlación = 2%), por lo que las empresas no administran esta variable para aumentar o disminuir su VA. Esta interesante conclusión se reafirma en los gráficos del 5.1 al 5.4, donde se muestra la relación del VA con respecto a las cuatro variable extra económicas incluidas en el análisis.

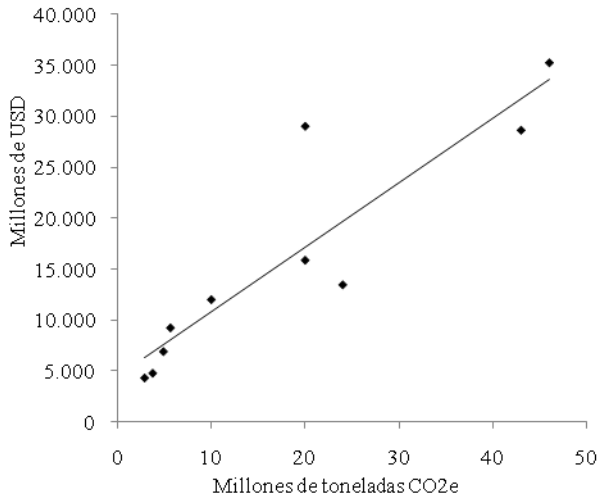
*Tabla 4*  
Desempeño Ambiental, Económico y Social

	<b>Valor Agregado Millones de USD</b>	Emisiones de GEI Millones de tons. CO2e	Consumo de Energía Peta Joules	Consumo de Agua Millones de m3	Accidentes Fatales
Anglo American	<b>15.863</b>	20,0	100,8	115,2	14
Barrick Gold	<b>6.887</b>	4,9	50,1	77,8	6
BHP Billiton	<b>35.250</b>	46,0	280,0	150,0	5
Codelco	<b>9.219</b>	5,6	44,7	146,6	7
Freeport-McMoRan	<b>11.990</b>	10,0	88,0	120,0	2
Grupo México	<b>4.769</b>	3,8	54,6	101,2	11
Rio Tinto	<b>28.636</b>	43,0	512,0	516,0	3
Teck	<b>4.297</b>	2,9	44,0	125,0	1
Vale	<b>29.016</b>	20,0	267,5	294,3	11
Xstrata	<b>13.451</b>	24,0	113,1	280,2	10
<b>Total Industria</b>	<b>159.378</b>	<b>180,2</b>	<b>1.554,8</b>	<b>1.926</b>	<b>70</b>
<b>Promedio Industria</b>	<b>15.938</b>	<b>18,02</b>	<b>155,5</b>	<b>193,6</b>	<b>7</b>
<b>Coef. de Correlación</b>	<b>-</b>	<b>90%</b>	<b>84%</b>	<b>58%</b>	<b>2%</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>62.911.253</b>	<b>30.313</b>	<b>517.863</b>	<b>3.949.274</b>	<b>350.000</b>

*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas. Valor Agregado mundial desde International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Data Mapper. Emisiones mundiales de GEI desde U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2011. Consumo mundial de energía desde International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008. Consumo de Agua desde Pacific Institute (PI), The World's Water, Volume 7. Fatalidades en el trabajo desde International Labour Organization (ILO).*

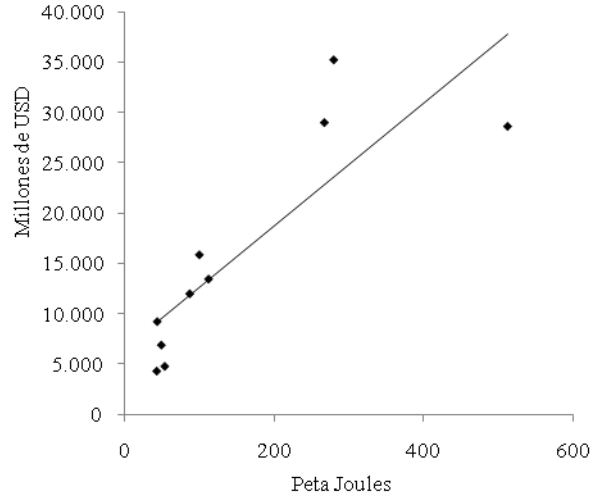


*Grafico 5.1*  
Valor Agregado  
v/s  
Emisiones de GHG



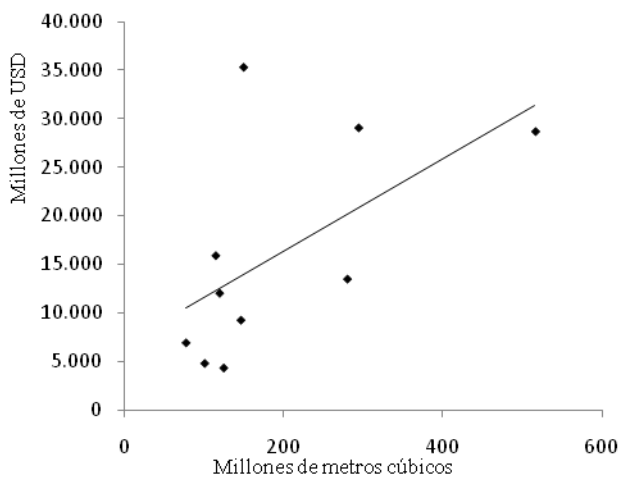
*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas*

*Grafico 5.2*  
Valor Agregado  
v/s  
Consumo de Energía



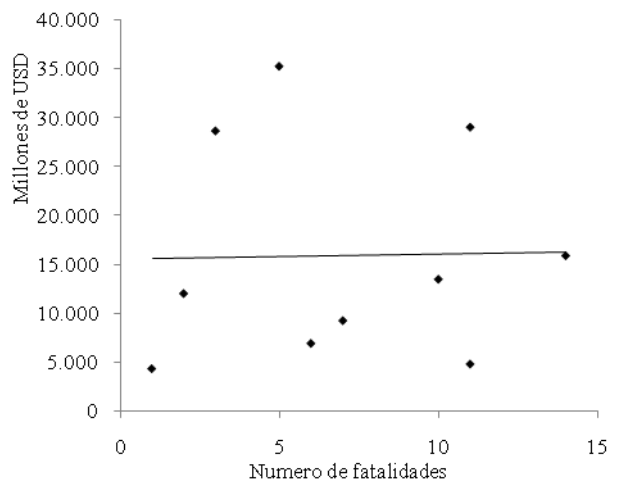
*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas*

*Grafico 5.3*  
Valor Agregado  
v/s  
Consumo de Agua



*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas*

*Grafico 5.4*  
Valor Agregado  
v/s  
Accidentes Fatales



*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas*

### ***Eficiencia en el uso de los recursos***

Utilizando los valores representativos del desempeño económico, ambiental y social de las compañías mineras reportadas en este estudio es posible realizar el cálculo de la contribución relativa a la sustentabilidad por medio del indicador de *eco-eficiencia* (EE) en el uso de cada uno de los factores según se indica en la ecuación 8 del capítulo anterior. Los valores obtenidos se reportan en la Tabla 5.

Respecto de la eficiencia en la creación de valor a partir de las emisiones de GEI, las 10 compañías agregadas muestran una *eco-eficiencia* de 884 USD por cada tonelada de CO<sub>2</sub>e emitida a la atmósfera. La compañía que exhibe el mejor desempeño es Codelco, que crea VA con una eficiencia de 1.635 USD/tCO<sub>2</sub>e. Más abajo se agrupan la canadiense Teck con una *eco-eficiencia* de 1.481 USD/tCO<sub>2</sub>e, Vale con una *eco-eficiencia* de 1.450 USD/tCO<sub>2</sub>e, y Barrick con una *eco-eficiencia* de 1.405 USD/tCO<sub>2</sub>e. La compañía menos *eco-eficiente* en esta dimensión es Xstrata, cuyo indicador es solo de 560 USD/tCO<sub>2</sub>e. De este modo, 6 compañías mineras superan el promedio mientras que las 4 restantes se encuentran por debajo de este. La economía mundial, en tanto, muestra una *eco-eficiencia* de 2.075 USD/tCO<sub>2</sub>e, por lo que ninguna de las compañías reportadas se desempeña mejor individualmente que la economía mundial.

En cuanto a la eficiencia en el uso de energía, las 10 compañías agregadas muestran un *eco-eficiencia* de 102,5 USD por Giga Joule (GJ), de modo que 7 de ellas se desempeñan por sobre este valor. La economía mundial se desempeña mejor que el promedio de las compañías reportadas, con una *eco-eficiencia* de 121,5 USD/GJ, así, 5 compañías superan este valor de eficiencia y 5 se encuentran por debajo. A nivel individual se destaca Codelco, creando VA en proporción de 206,2 USD/GJ, mientras que Rio Tinto tiene el desempeño más débil, con un índice de *eco-eficiencia* de 55,9 USD/GJ.

El agua es utilizada con una *eco-eficiencia* (EE) de 83 USD por cada metro cúbico de agua (m<sup>3</sup>) por el conjunto de compañías reportadas, y son 5 las compañías que muestran una eficiencia mayor que este valor. Destaca en este sentido BHP Billiton, que muestra una *eco-eficiencia* de 235 USD/m<sup>3</sup>, seguida más atrás por Anglo American que usa el recurso en una relación de 137,7 USD/m<sup>3</sup>. En cuanto a las compañías mineras más rezagadas, Teck

es la que muestra el desempeño más débil con un índice de 34,4 USD/m<sup>3</sup>. En cuanto a la economía mundial, esta crea valor en una relación de 16 USD/m<sup>3</sup>, muy por debajo del agregado de compañías reportadas, cuya totalidad se desempeña de forma más eficiente que la economía mundial.

El indicador de la seguridad en el trabajo es el aspecto más difícil de incluir en este análisis de eficiencia. El coeficiente  $VA/Fatalidades$  puede mal interpretarse, en el sentido de que las empresas administrarían el riesgo de sus trabajadores en función de obtener beneficios económicos, no obstante, como se señaló anteriormente, y como es posible constatar en el examen del Gráfico 5.4, es posible descartar esta percepción. La totalidad de las compañías mineras reportadas declaran como objetivo tener 0 accidentes con consecuencia de muerte, por lo que la inclusión de este coeficiente en el análisis tiene como fin reconocer el grado de cumplimiento de este compromiso.

Dicho lo anterior, las empresas reportadas crearon en forma agregada 2.277 MMUSD por cada fatalidad registrada, por lo que 5 compañías tienen un desempeño individual que las ubica por sobre este valor de eficiencia y 5 se encuentran por debajo. Destaca en esta dimensión el desempeño de Rio Tinto, cuya eco-eficiencia alcanza los 9.545 MMUSD/Fatalidad. El desempeño de la economía mundial en este aspecto es muy inferior al del agregado de compañías y al de cada una de ellas en forma individual, creando VA en una relación de 180 MMUSD/Fatalidad.

En la Tabla 5 se expresa también el cálculo del *coeficiente de variación*<sup>3</sup>, que refleja la dispersión de una muestra en forma estandarizada. El objetivo de incluir este indicador es dar indicios respecto de si las empresas analizadas tienen una función de producción implícita similar o no. Si la tecnología de producción fuese similar y los precios de los factores que enfrentan también lo fueran, sería esperable que bajo rendimientos constantes de escala, la eficiencia en el uso de recursos mostraran una baja dispersión. Aunque esta hipótesis no se testea estadísticamente en este informe, se puede apreciar que el *coeficiente*

---

<sup>3</sup> *Coeficiente de variación* =  $\frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$ . Cuando el indicador es grande (> 5%), la media aritmética no es lo suficientemente representativa en la distribución, y en caso de que este se pequeño (< 5%) la media representa adecuadamente a la distribución.

*de variación* es positivo y alto para todos los factores analizados, por lo tanto, la media no es un indicador poco representativo de la muestra y es probable que la tecnología de producción difiera de forma importante entre empresas.

*Tabla 5*  
Eficiencia Ambiental y Social

	VA/ Emisiones GEI USD / Tons. CO2e	VA/ Uso Energía USD / Giga Joules	VA/ Consumo de Agua USD / m3	VA/ Fatalidades Mill USD / Fatalidad
Anglo American PLC	793,2	157,4	137,7	1.133
Barrick Gold	1.405,5	137,5	88,5	1.148
BHP Billiton	766,3	125,9	235,0	7.050
Codelco	1.634,6	206,2	62,9	1.317
Freeport-McMoRan	1.199,0	136,3	99,9	5.995
Grupo México	1.268,4	87,4	47,1	434
Rio Tinto	666,0	55,9	55,5	9.545
Teck	1.481,7	97,7	34,4	4.297
Vale	1.450,8	108,5	98,6	2.638
Xstrata	560,5	118,9	48,0	1.345
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>44%</b>	<b>40%</b>	<b>72%</b>	<b>136%</b>
<b>Total Industria</b>	<b>884</b>	<b>102,5</b>	<b>83</b>	<b>2.277</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>2.075</b>	<b>121,5</b>	<b>16</b>	<b>180</b>

*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas. Valor Agregado mundial desde International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Data Mapper. Emisiones mundiales de GEI desde U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2011. Consumo mundial de energía desde International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008. Consumo de Agua desde Pacific Institute (PI), The World's Water, Volume 7. Fatalidades en el trabajo desde International Labour Organization (ILO).*

### **Costos de oportunidad del uso de los recursos**

Como se señaló en el capítulo anterior, la metodología de evaluación de la sustentabilidad de las compañías se basa en la valoración de los recursos ambientales y sociales utilizados, según el valor que estos generarían al ser utilizados por una entidad alternativa o *benchmark*. En el caso de estudio presentado en este seminario se consideran dos *benchmark*, que darán como resultado diferentes valores de sustentabilidad. En el primer caso se utiliza sencillamente el desempeño característico del conglomerado de empresas reportadas (PM, de promedio de la muestra), mientras que en el segundo caso el

*benchmark* contra el que se compara el desempeño de las empresas es la economía mundial en su conjunto (EM, de economía mundial).

En la Tabla 6 se reportan los valores de los costos de oportunidad obtenidos según la ecuación 8 del capítulo anterior para todas las compañías y para los dos *benchmark* seleccionados. La información más interesante se aprecia en la última línea de la tabla, donde es posible comparar el costo de oportunidad total de las compañías para cada recurso. Debido a que la eficiencia de la economía mundial es superior para el caso de las emisiones de GEI y del consumo de energía, el costo de oportunidad será mayor al utilizar EM como *benchmark*. En forma análoga, la economía mundial es menos eficiente en el consumo de agua y la seguridad en el trabajo, por lo tanto, el costo de oportunidad en este caso será mayor al usar PM como *benchmark*. Se desprende también de la ecuación 8 que la conclusión anterior es también válida para los costos de oportunidad a nivel de compañías individuales, ya que este depende de la *eco-eficiencia* del *benchmark*, que puede ser PM o EM, y del IAA, que no cambia en este caso.

Obsérvese también en la Tabla 6 que la suma de las columnas del costo de oportunidad usando PM como *benchmark* es en todos los caso igual a la suma del VA de las compañías. Esto ocurre por que la última línea es equivalente a:

$$CO_{i,industria} = \sum_{\text{empresa}}^{10} CO_{i,empresa} \quad (12.1)$$

$$CO_{i,industria} = \sum_{\text{empresa}}^{10} EE_{i,benchmark} * IAA_{i,empresa} \quad (12.2)$$

$$CO_{i,industria} = EE_{i,benchmark} * \sum_{\text{empresa}}^{10} IAA_{i,empresa} \quad (12.3)$$

$$CO_{i,industria} = EE_{i,benchmark} * IAA_{i,benchmark} \quad (12.4)$$

$$CO_{i,industria} = VA_{benchmark} \Leftrightarrow VA_{industria} \quad (12.5)$$

*Tabla 6*  
Costo de Oportunidad (CO) Ambiental y Social  
Total de las Empresas Reportadas (PM) y la Economía Mundial (EM) como Benchmark  
Millones de USD

	CO por Emisiones de GEI		CO por Consumo de Energía		CO por Consumo de Agua		CO por Accidentes Fatales	
	PM	EM	PM	EM	PM	EM	PM	EM
Anglo American	17.689	41.507	10.332	12.245	9.531	1.835	31.875	2.516
Barrick Gold	4.333	10.169	5.135	6.086	6.437	1.239	13.661	1.078
BHP Billiton	40.684	95.467	28.702	34.015	12.410	2.389	11.384	898
Codelco	4.988	11.705	4.582	5.430	12.129	2.335	15.937	1.258
Freeport-McMoRan	8.844	20.753	9.020	10.690	9.928	1.911	4.553	359
Grupo México	3.325	7.803	5.595	6.631	8.373	1.612	25.045	1.977
Rio Tinto	38.031	89.241	52.484	62.199	42.692	8.219	6.830	539
Teck	2.564	6.018	4.510	5.345	10.342	1.991	2.276	179
Vale	17.689	41.507	27.420	32.496	24.349	4.688	25.045	1.977
Xstrata	21.226	49.809	11.593	13.739	23.183	4.463	22.768	1.797
<b>Total Industria</b>	<b>159.378</b>	<b>373.985</b>	<b>159.378</b>	<b>188.879</b>	<b>159.378</b>	<b>30.685</b>	<b>159.378</b>	<b>12.582</b>

*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas. Valor Agregado mundial desde International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Data Mapper. Emisiones mundiales de GEI desde U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2011. Consumo mundial de energía desde International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008. Consumo de Agua desde Pacific Institute (PI), The World's Water, Volume 7. Fatalidades en el trabajo desde International Labour Organization (ILO).*

### **Valor agregado sustentable de las compañías mineras reportadas**

Habiendo calculado los costos de oportunidad asociados al uso de los factores ambientales y sociales por parte de las 10 mayores compañías mineras, según la *eficiencia* del grupo de empresas, como de la economía mundial, sólo resta realizar la sustracción de los costos de oportunidad al valor agregado de cada compañía para obtener el VAS. Las 4 columnas de la derecha en las Tablas 7 y 8 representan el VAS parcial de cada factor, es decir, su contribución a la creación de valor agregado sustentable VAS total según se expresan en la ecuación 10.1, ponderado por  $1/n$ . La columna VAS total

representa el efecto conjunto de los factores en la creación de valor según se expresa en la ecuación 11.1.

La Tabla 7 resume las contribuciones de cada factor al VAS total, considerando como *benchmark* al desempeño agregado de las compañías mineras reportadas (PM). Representa un análisis intra-industria de como se desempeña cada compañía en el uso de factores de producción extra-económicos expresado en términos monetarios. Como se planteó respecto de los costos de oportunidad en la ecuación 12.5, resulta equivalente en este caso hablar de VA o de CO, por lo que la última línea de la Tabla 7 suma cero en todas las variables.

Desde esta perspectiva, solo 3 compañías crearon valor agregado de manera sustentable, exhibiendo un VAS total positivo. A nivel individual BHP Billiton lidera la lista, con un VAS total que alcanza los 11.955 MMUSD, y le sigue Vale, cuyo desempeño sustentables es de 5.390 MMUSD, y Freeport con un VAS total de 3.903 MMUSD. Rio Tinto es la compañía que se desempeña de manera menos eficiente y eficaz en contribuir a la sustentabilidad con un VAS total de -6.374 MMUSD. La segunda empresa peor evaluada es Xstrata, alcanzando un VAS total de -6.242 MMUSD, y la tercera es Grupo México, que destruyó -5.816 MMUSD en VAS total.

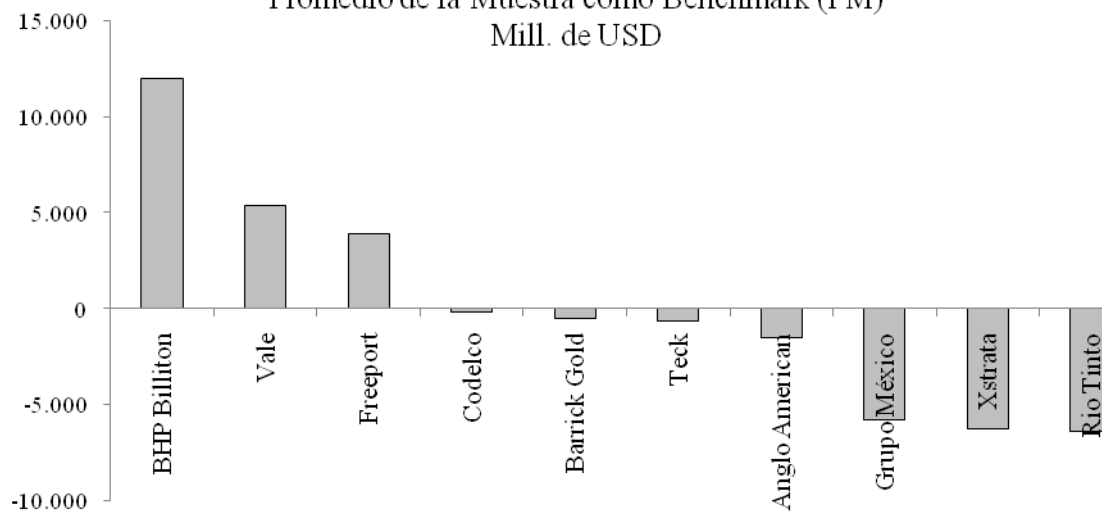
Estos resultados cambian de forma significativa al realizar el cálculo del VAS total utilizando la economía mundial con *benchmark* (EM). La Tabla 8 resume la forma en que las compañías mineras crean valor en relación El grupo empresas reportadas creó en forma conjunta VA por 159.378 MMUSD, mientras que la contribución del sector a la sustentabilidad fue positiva también, alcanzando lo 7.845 MMUSD, cifra se compone la suma del VAS parcia de cada factor. Las contribuciones parciales positivas al VAS total provienen, en primer lugar, de las estadísticas de seguridad en el trabajo, cuyo VAS parcial llega a los 36.699 MMUSD, seguido de la contribución a la sustentabilidad del uso de agua por un valor monetario de 32.173 MMUSD. La destrucción de VAS es resultado de la ineficiencia en la emisión de GEI por un valor monetario total de -53.652 MMUSD en el periodo, seguido por el uso de energía, que destruyó VAS total por -7. 375.

*Tabla 7*  
VAS Usando el Promedio de la Muestra como Benchmark (PM)  
Mill. de USD

	VA	VAS Total	VAS Emisiones de GEI	VAS Consumo de Energía	VAS Consumo de Agua	VAS Accidentes Fatales
Anglo American	15.863	-1.494	-457	1.383	1.583	-4.003
Barrick Gold	6.887	-505	638	438	112	-1.693
BHP Billiton	35.250	11.955	-1.359	1.637	5.710	5.966
Codelco	9.219	-190	1.058	1.159	-728	-1.680
Freeport	11.990	3.903	786	742	515	1.859
Grupo México	4.769	-5.816	361	-207	-901	-5.069
Rio Tinto	28.636	-6.374	-2.349	-5.962	-3.514	5.451
Teck	4.297	-627	433	-53	-1.511	505
Vale	29.016	5.390	2.832	399	1.167	993
Xstrata	13.451	-6.242	-1.944	464	-2.433	-2.329
<b>Total Industria</b>	<b>159.378</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas. Valor Agregado mundial desde International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Data Mapper. Emisiones mundiales de GEI desde U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2011. Consumo mundial de energía desde International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008. Consumo de Agua desde Pacific Institute (PI), The World's Water, Volume 7. Fatalidades en el trabajo desde International Labour Organization (ILO).

*Gráfico 6*  
VAS Total  
Promedio de la Muestra como Benchmark (PM)  
Mill. de USD



Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas



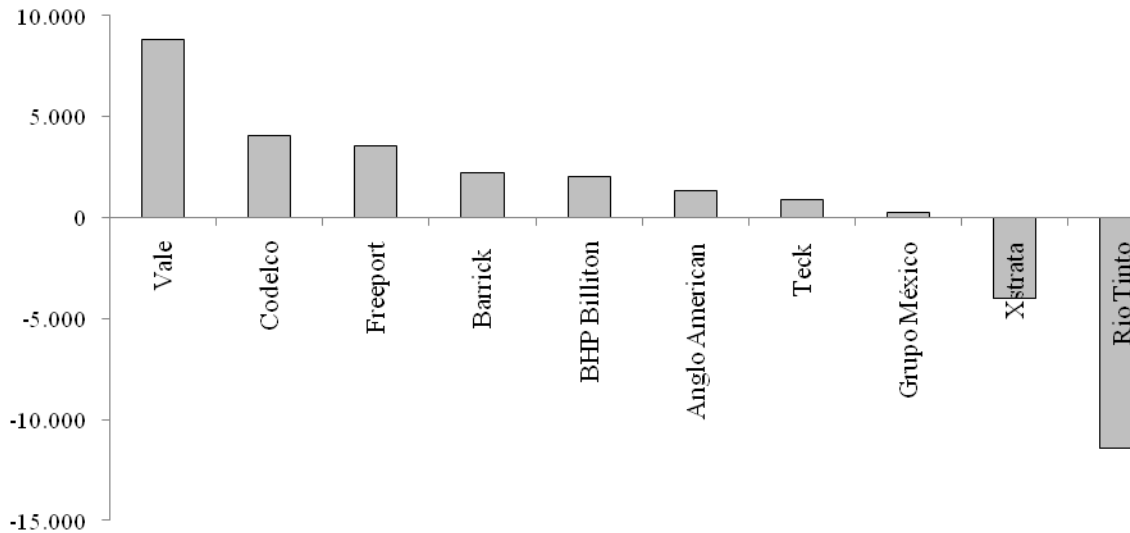
De este modo, 8 de las empresas mineras reportadas crearon VAS total comparadas con la economía mundial, tras impactar sobre las emisiones de GEI, el consumo de energía, el consumo de agua, y la seguridad en el trabajo. A nivel individual, la compañía que realiza una mayor contribución a la sustentabilidad es la brasilera Vale, creando 8.849 MMUSD en VAS total. En segundo lugar se ubica Codelco, creando VAS total por 4.037 MMUSD, y en tercer lugar aparece Freeport-McMoran, con una creación de VAS total de 3.561 MMUSD. Al igual que en el caso de PM, Rio Tinto es la empresa que menos contribuye al desempeño conjunto de la minería, exhibiendo un VAS total de -11.414 MMUSD. La otra compañía que muestra una baja eficiencia en el uso de recursos escasos para la creación de valor es Xstrata, cuyo VAS total alcanza los -4.001 MMUSD.

*Tabla 8*  
VAS Usando el Total Mundial como Benchmark (EM)  
Mill. de USD

	VA	VAS Total	VAS Emisiones de GEI	VAS Consumo de Energía	VAS Consumo de Agua	VAS Accidentes Fatales
Anglo American	15.863	1.337	-6.411	904	3.507	3.337
Barrick Gold	6.887	2.244	-821	200	1.412	1.452
BHP Billiton	35.250	2.057	-15.054	309	8.215	8.588
Codelco	9.219	4.037	-622	947	1.721	1.990
Freeport	11.990	3.561	-2.191	325	2.520	2.908
Grupo México	4.769	263	-759	-466	789	698
Rio Tinto	28.636	-11.414	-15.151	-8.391	5.104	7.024
Teck	4.297	913	-430	-262	576	1.029
Vale	29.016	8.849	-3.123	-870	6.082	6.760
Xstrata	13.451	-4.001	-9.090	-72	2.247	2.913
<b>Total Industria</b>	<b>159.378</b>	<b>7.845</b>	<b>-53.652</b>	<b>-7.375</b>	<b>32.173</b>	<b>36.699</b>

*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas. Valor Agregado mundial desde International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Data Mapper. Emisiones mundiales de GEI desde U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2011. Consumo mundial de energía desde International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008. Consumo de Agua desde Pacific Institute (PI), The World's Water, Volume 7. Fatalidades en el trabajo desde International Labour Organization (ILO).*

*Gráfico 7*  
VAS Total  
Total Mundial como Benchmark (EM)  
Mill. de USD



*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas*

### ***Implicaciones de la medición del VAS***

Tras la aplicación de la metodología de Figge & Hahn (2004), se ha obtenido el *Valor Agregado Sustentable (VAS)*, creado en el 2010 por 10 de las mayores compañías mineras del mundo. Los resultados permiten realizar una comparación cuantitativa del desempeño sustentable de las compañías reportadas, con respecto a la economía mundial, así como entre compañías. Es importante destacar que las compañías reportadas en forma agregada, hacen un uso más eficiente de los recursos ambientales y sociales considerados en la aplicación ( $VAS\ Total > 0$ ), contraviniendo la creencia común de que la minería sería una actividad insustentable.

En la Tabla 9 se resumen los resultados finales tras calcular el VAS total, utilizando como *benchmark* el desempeño del conjunto de compañías (PM) y la economía mundial (EM). El VA conjunto de las empresas mineras alcanza los 159.378 MMUSD, mientras que el VAS total (EM) es de 7.835 MMUSD y el VAS total (PM) es de 0 MMUSD. A nivel de compañías individuales, con excepción de tres empresas – BHP Billiton, Rio Tinto y

Freeport - las restantes 8 muestran un mejor desempeño al ser evaluadas frente a EM. Con esto se confirma la afirmación anterior, acerca de la extrema dependencia de los resultados a la selección del *benchmark*.

Aceptando esta limitante, los resultados indican que las compañías que exhiben un VAS positivo están en condiciones de compensar a las compañías que muestran un VAS negativo por renunciar a hacer uso de determinada cantidad de recursos ambientales y sociales, y aún crear valor económico. Desde el punto de vista de las compañías no sustentables, es decir, aquellas cuyo VAS es negativo, estarán dispuestas a renunciar a usar estos recursos si son compensadas a una tasa equivalente o mayor, que la propia eco-eficiencia. De este modo, si las reasignaciones tienen efectivamente lugar, el resultado agregado del VAS será el mayor posible, y se habrá realizado una contribución a la sustentabilidad.

*Tabla 9*  
Comparación VAS Usando como Benchmark el Promedio de la Muestra (PM) y el Total Mundial (EM)

	VA Mill. de USD	VAS Total - EM Mill. de USD	VAS Total - PM Mill. de USD	VAS EM - VAS PM Mill. de USD
Anglo American PLC	15.863	1.337	-1.494	2.831
Barrick Gold	6.887	2.244	-505	2.748
BHP Billiton	35.250	2.057	11.955	-9.897
Codelco	9.219	4.037	-190	4.227
Freeport-McMoRan	11.990	3.561	3.903	-342
Grupo México	4.769	263	-5.816	6.079
Río Tinto	28.636	-11.414	-6.374	-5.040
Teck	4.297	913	-627	1.540
Vale	29.016	8.849	5.390	3.459
Xstrata	13.451	-4.001	-6.242	2.240
<b>Total</b>	<b>159.378</b>	<b>7.845</b>	<b>0</b>	<b>7.845</b>

*Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de las empresas. Valor Agregado mundial desde International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Data Mapper. Emisiones mundiales de GEI desde U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2011. Consumo mundial de energía desde International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008. Consumo de Agua desde Pacific Institute (PI), The World's Water, Volume 7. Fatalidades en el trabajo desde International Labour Organization (ILO).*

## V. CONCLUSIONES

---

En este trabajo se ha aplicado la metodología de VAS (Advance Project, 2006; Figge & Hahn, 2004) para evaluar la eficiencia y la efectividad de las 10 mayores compañías mineras en cuanto al uso de recursos extra-económicos dentro del proceso productivo. Mediante este ejercicio ha sido posible establecer puntos de referencia y comparaciones entre las empresas, así como de la industria con respecto a la economía mundial, debido a que los resultados son expresados en unidades monetarias al finalizar el procedimiento evaluación.

Debido a la creciente tendencia a elaborar de sustentabilidad de manera voluntaria, ha sido posible acceder a la información necesaria para esta evaluación a partir de fuentes públicas de fácil acceso. No obstante, es necesario recordar el dicho “*crap in, crap out*” (“basura entra, basura sale”). La potencia del análisis descansa en la fiabilidad de la fuente de información, y reconociendo que los procesos de verificación externa de la información del desempeño sustentable de las compañías ha avanzado, es necesario profundizar y mejorar este aspecto en especial.

Adicionalmente, la presentación de la información es en la mayoría de los casos insatisfactoria, dejando espacio para dudas que inhiben el uso de esta información con fines investigativos, siendo útil solo para efecto de las relaciones públicas de las compañías. Es escaso el desglose de la información a nivel de unidades operativas, por lo que en muchos casos se puede estar “*comparando peras con manzanas*” al decir, por ejemplo, que las compañías presentadas son mineras, puesto que algunas de ellas tienen ramas industriales que aportan ingentes ingresos a las empresas controladoras, no obstante no está disponible en forma desagregada el desempeño por unidades operativas.

Por otra parte, como señalo en el capítulo anterior, el cálculo del valor agregado sustentable esta determinado por el desempeño de un *benchmark* que refleja el estándar de sustentabilidad. La selección de este *benchmark* también esta condicionada por la disponibilidad de información respecto de su desempeño, siendo en la mayoría de los casos una tarea demandante el recolectar esta información, puesto que no existen sistemas de contabilidad integrada para la sustentabilidad.

Si bien la metodología de VAS es percibida como una herramienta de gran potencial para la evaluación de la sustentabilidad de entidades individuales, habiendo sido aplicado en Europa sobre un grupo de 65 empresas de diversos sectores económicos (Advance Project, 2006), ha sido criticada en diversas formas. En primer lugar, se critica su enfoque monetario, el cual no admite aspectos cualitativos relevantes para la evaluación adecuada del desempeño en sustentabilidad, además de centrarse únicamente el carácter intertemporal de la sustentabilidad, dejando de lado los aspectos relacionados con la equidad intra-generacional. En segundo lugar, se cuestiona la definición adoptada de costo de oportunidad, pues existe un paso no explicitado que hace posible la agregación de estos. Esta crítica señala que la ponderación de  $1/n$  de estos costos de oportunidad no responde a la forma funcional de las compañías analizadas, que se presume lineal (Kuosmanen & Kuosmanen, 2009). Reconociendo este punto, es necesario mejorar la metodología, de modo que los costos de oportunidad sean reflejo de las verdaderas decisiones económicas que enfrentan las compañías al definir sus objetivos estratégicos en sustentabilidad.

Por último, señalar que el cálculo de esta o de cualquier otra medida de sustentabilidad tienen sentido en la medida que existan mecanismos complementarios que induzcan acciones orientadas a mejorar el desempeño de las compañías en relación a la sustentabilidad. Para ello es necesario el compromiso de todos los actores relevantes, especialmente de los accionistas en una visión consistente con el carácter complejo de las organizaciones que se oriente tanto al corto como al largo plazo.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

---

Advance Project. (2006). *Sustainable Value of European Industry: A Value-Based Analysis of the Environmental Performance of European Manufacturing Companies*. Obtenido de [www.advance-project.org](http://www.advance-project.org).

Anand, S., & Sen, A. (2000). Human Development and Economic Sustainability. *World Development* , 28 (12), 2029-2049.

Atkinson, G. (2000). Measuring corporate sustainability. *Journal of Environmental Planning and Management* , 2 (43), 235-252.

Becker, B. (1997). Sustainability Assessment: A Review of Values, Concepts, and Methodological Approaches. *Issues in Agriculture* .

Coase, R. (1960). The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and Economics* , 1-44.

Constanza, R., & Daly, H. (1992). Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology* , 6 (1).

Constanza, R., Daly, H. E., & Bartholomew, J. A. (1991). Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics. En R. Constanza, *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability* (págs. 1-20). New York: Columbia University Press.

EIA. (2011). *International Energy Outlook*. Obtenido de [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)

Figge, F., & Hahn, T. (2004). Sustainable Value Added - measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. *Ecological Economics* (48), 173-187.

Foladori, G. (2002). Avances y Límites de la Sustentabilidad Social. (E. C. Mexiquense, Ed.) *Economía, Sociedad y Territorio* , 3 (12), 621-637.

Friedman, M. (13 de September de 1970). The social responsibility of business is to increase its profits. *The New York Times Magazine* .

Hartwick, J. (1977). Intergenerational Equity and the Investing of Rents From Exhaustible Resources. *American Economic Review* , 972-974.

Heinen, J. (1994). Emerging, diverging and converging paradigms on sustainable development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* , 1, 22-33.

Hicks, J. R. (1945). *Valor y capital*. México: Fondo de Cultura Económica .

IEA. (2008). *World Energy Outlook* . Recuperado el 11 de 2011, de <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/weo2008.pdf>

ILO. (2011). *Laborsta*. Recuperado el Noviembre de 2011, de <http://laborsta.ilo.org/>

IMF. (2011). *World Economic Outlook Data Mapper v3*. Recuperado el 25 de 10 de 2011, de <http://www.imf.org/external/datamapper/index.php>

Kuosmanen, T., & Kuosmanen, N. (2009). How not to measure sustainable value (and how- one might). *Ecological Economics* , 235-243.

Leopold, A. (1949). *A Sand County Almanac and Sketches Here and There. Special commemorative edition. 1989*. New York: Oxford University Press.

Llena, F. (1999). *La Contabilidad en la Interacción Empresa-Medio Ambiente. Su Contribución a la Gestión Medioambiental*. Universidad de Zaragoza.

Meadows, D., & et ál. (1972). *Los límites del crecimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.

MMSD. (2002). *Breaking New Ground. The Report of the Mining, Minerals and Sustainable Development Project*. Earthscan Publications.

Monks, R., & Minow, N. (2004). *Corporate Governance* (3 ed.). Oxford: Blackwell Publishing.

Naredo, J. M. (1996). *La economía en evolución. Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*. Madrid: Siglo XXI.

Pacific Institute. (Octubre de 2011). *The World's Water, Volume 7*. Recuperado el Octubre de 2011, de <http://www.worldwater.org/data.html>

Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., & Common, M. (1999). *Natural resource and environmental economics* (Segunda ed.). Singapore: Longman.

Pesquex, Y. (2009). Sustainable development: a vague and ambiguous "theory". *Society and Business Review* , 4 (3 ).

Pezzey, J. (1992). Sustainability: An Interdisciplinary Guide. *Environmental Values* (1), 321-362.

Rawls, J. (1971). *A Theory of Justice*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Richta, R. (1972). *La civilización en la encrucijada*. Madrid: Artiach.

Roberts, J. (2010). *Historia del Mundo*. Barcelona: Random House Mondadori.

Samuelson, P. A. (1958). An Exact Consumption-Loan Model of Interest with or without the Social Contrivance of Money. *Journal of Political Economy* , 66, 467.

Sen, A. (2002). Libres, justos, sustentables. *Clarín Buenos Aires* .

Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics* (70), 65-94.

Solow, R. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *Review of Economic Studies: Symposium of the Economic of Exhaustible Resources* , 29-46.

Solow, R. (1986). On the Intertemporal allocation of natural resources. *Scandinavian Journal of Economics* (88), 141-149.

Stern, D. (1997). The Capital Theory Approach to Sustainability: A Critical Appraisal. *Journal of Economics Issues* , 31 (1).

WBCSD & WRI. (2004). *The Green House Gas Protocol: a corporate accounting and reporting standard*.

WCED . (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.

Weitzman, M. (1976). On the Welfare Significance of National Product in a Dynamic Economy. *Quarterly Journal of Economics* (90), 156-162.



WIM. (2008). *I International Congress on Water Management in the Mining Industry*.  
(J. Wiertz, Ed.) Santiago , Chile: GECAMIN.