



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Indicadores de sostenibilidad con fines de medición del impacto de la minería de carbón en la cuenca del Sinifaná**

**Karen Marcela Ocampo Torres**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Departamento de Materiales y Minerales.

Medellín, Colombia

2017



# **Indicadores de sostenibilidad con fines de medición del impacto de la minería de carbón en la cuenca del Sinifaná**

**Karen Marcela Ocampo Torres**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Magister en Ingeniería – Recursos Minerales**

Director:

Ph.D. M. Oswaldo Bustamante Rúa

Línea de Investigación:

Minería y Desarrollo Sostenible

Grupo de Investigación:

Instituto de Minerales CIMEX

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Materiales y Minerales.

Medellín, Colombia

2017

*Dedicado a Dios, mi mami y mi abuelita... y Pochi*

*"We believe minerals are essential to meeting the needs of the present while contributing to sustainable future".*

*Milos Statement*

## **Agradecimientos**

A Dios que me da la fortaleza, la sabiduría, la paciencia y todas las herramientas que necesito para salir adelante.

A mi mamá, mi abuela Carmen, mi tía Saray y mis hermanas Laura e Isabel por su apoyo incondicional, sus regaños, sus consejos, por estar siempre ahí para mí.

Claudia, Juan Gabriel, Cristian e Iván por su apoyo constante, paciencia, recomendaciones en todo este largo proceso y por supuesto, por brindarme su amistad sin condiciones.

Al profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia Oswaldo Bustamante Rúa, PhD, MSc, IMM, mi director de tesis, que me inició y acompañó en este tema del Desarrollo Sostenible y la Gobernanza de los Recursos Naturales, el cual hoy me apasiona.

A la Universidad Nacional de Colombia, la Facultad de Minas, el Instituto de Minerales CIMEX, la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia y todas las personas de estas instituciones que me apoyaron en este proceso.

A Gustavo Aristizábal H., PhD (C) en Ingeniería – Ciencia y Tecnología de Materiales por sus sugerencias, comentarios y apoyo durante gran parte de este proceso.

A todas las personas, empresas e instituciones que me ayudaron de una u otra manera a obtener la información de este trabajo investigativo.



## Resumen

Desde el siglo XIX el carbón de la cuenca del Sinifaná ha promovido el crecimiento económico y la industrialización de Antioquia. Sin embargo, esta actividad minera, no ha apalancado el desarrollo sostenible en la región. El objetivo de esta investigación es proponer una estrategia basada en el cumplimiento de indicadores de sostenibilidad, para medir el impacto de la industria minera del carbón, en el desarrollo sostenible en la Cuenca del Sinifaná. La metodología implementada para el desarrollo del trabajo investigativo fue mediante revisiones bibliográficas, visitas de campo y entrevistas. Una búsqueda detallada sobre indicadores de sostenibilidad: su pertinencia, aplicabilidad e impacto, fue realizada, con miras a su futura implementación, teniendo en cuenta las características de la Cuenca. Finalmente, se plantean estrategias que involucran los diferentes actores del sector minero, teniendo como base la implementación de dichos indicadores, se simplifica el proceso de identificar y mejorar el desempeño de la industria en la región, contribuyendo así a lograr un desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** Desarrollo Sostenible, Indicadores de Sostenibilidad, Minería de Carbón, Cuenca del Sinifaná

## **Abstract**

Since late XIX century coal from Sinifaná Basin has promoted economic growth and industrialization in Antioquia. However, this mining activity has not proved leverage sustainable development in the region. The aim of this research is to analyse a strategy based on the compliance of sustainability indicators, to measure the coal mining industry impacts in the sustainable development in the Sinifaná Basin. The methodology follows site visits, interviews and bibliographic reviews. Detailed search on sustainability indicators: their relevance, applicability and impacts were identified looking at future implementation taking into account the specific characteristics of the Basin. Finally, strategies involving different stakeholders in the mining sector are presented, based on the implementation of these indicators, it facilitates the process to understand and improve the performance of the extractive industry in the region, and to assist the achievement of sustainable development.

**Keywords:** Sustainable Development, Sustainable Development Indicators, Coal Mining, Sinifaná Basin.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XII</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Fundamentos Teóricos</b> .....	<b>3</b>
1.1 Sostenibilidad.....	3
1.2 Desarrollo Sostenible .....	3
1.3 Desarrollo y Crecimiento Económico.....	5
1.4 Desarrollo Regional y Local.....	6
1.5 Desarrollo Social .....	7
1.6 Minería y Desarrollo Sostenible.....	7
1.7 Pequeña minería y desarrollo sostenible.....	11
1.8 Indicadores del Desarrollo Sostenible en minería.....	12
1.9 El carbón.....	14
<b>2. Escenarios Actuales</b> .....	<b>17</b>
2.1 Estado actual del carbón a nivel mundial .....	17
2.1.1 Reservas probadas de carbón a nivel mundial .....	18
2.1.2 Producción mundial de carbón.....	19
2.1.3 Mercado mundial de carbón.....	21
2.1.4 Consumo mundial de carbón .....	22
2.2 Estado actual del carbón a nivel nacional.....	23
2.3 Estado actual de la minería de carbón en la Cuenca del Sinifaná .....	28
2.3.1 Aspectos Técnicos.....	30
2.3.2 Aspectos Económicos.....	32
2.3.3 Aspectos Sociales .....	34
<b>3. Indicadores de Sostenibilidad y Minería</b> .....	<b>37</b>
3.1 Indicadores de sostenibilidad .....	37
3.1.1 Comisión de desarrollo sostenible (CSD) [56].....	38
3.1.2 Objetivos del desarrollo sostenible (SDG) [99].....	39
3.1.3 Hacia una minería sostenible (TSM) [100] .....	40
3.1.4 Iniciativa de reporte global (GRI) .....	41

3.2	Objetivos del Desarrollo Sostenible y la minería .....	43
<b>4.</b>	<b>Propuesta de indicadores de sostenibilidad y estrategias para el desarrollo sostenible en la Cuenca del Sinifaná.....</b>	<b>46</b>
4.1	Metodología: .....	46
4.2	Resultados:.....	47
4.3	Análisis y discusión:.....	50
4.3.1	ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico .....	51
4.3.2	ODS 9: Industria, innovación e infraestructura .....	52
4.3.3	ODS 12: Producción y consumo responsable .....	53
4.3.4	ODS 1: Fin de la pobreza .....	53
4.3.5	ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.....	55
<b>5.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>60</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>65</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 2-1: Generación de energía a nivel mundial) [66] .....	18
Figura 2-2: Reservas probadas de carbón a nivel mundial (Por tipo de carbón) [67] .....	18
Figura 2-3: Reservas probadas de carbón (Por región) [68]. .....	19
Figura 2-4: Consumo interno de carbón 2011 [78]. .....	27

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1-1: Clasificación carbones ASTM D388-05 [62].	15
Tabla 2-1: Mayores productores de carbón (Mt) [69].	20
Tabla 2-2: Producción mundial de carbón 2014 (Por tipo de carbón) (Mt) [69].	20
Tabla 2-3: Mayores productores de carbón térmico (Mt) [70].	21
Tabla 2-4: Comercio mundial de carbón (Mt) [69].	21
Tabla 2-5: Mayores consumidores de carbón térmico* (Mt) [71].	22
Tabla 2-6: Recursos y reservas por departamento (Mt) [1].	24
Tabla 2-7: Producción por tipo de minería (Miles de toneladas) [1].	24
Tabla 2-8: Producción por tipo de carbón (Miles de toneladas) [1].	25
Tabla 2-9: Producción de carbón por departamentos (Miles de toneladas) [1].	25
Tabla 2-10: Puertos y Terminales para la exportación de carbón [77].	26
Tabla 2-11: Precio de carbón térmico y coque a nivel nacional (COP\$/ton) [79].	26
Tabla 2-12: Exportaciones por tipo de carbón (toneladas) [79].	27
Tabla 2-13: Características del carbón de la zona [87].	30
Tabla 2-14: Unidades mineras de la cuenca del Sinifaná [84].	30
Tabla 2-15: Unidades mineras activas de la cuenca del Sinifaná [84].	31
Tabla 2-16: Producción de Carbón en 2013 por municipio [89].	31
Tabla 2-17: Recursos y reservas de carbón en Antioquia (Mt) [72].	32
Tabla 2-18: Precios internos de carbón y coque [89].	33
Tabla 2-19: Distribución de la población en la cuenca del Sinifaná [83].	35
Tabla 4-1: Indicadores de sostenibilidad asociados a los ODS propuestos para implementar en la cuenca del Sinifaná [109].	49

## Lista de Símbolos y abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
ASOCARBÓN	Asociación De Carboneros Del Municipio De Cúcuta Y Norte De Santander
ASOMICSI	Asociación De Mineros De La Cuenca Del Sinifaná
BTU	British Thermal Unit
CEPAL	Comisión Económica Para América Latina Y El Caribe
CERES	Coalición De Economías Ambientalmente Responsables
COLCARBEX	Cooperativa Multi-Activa De Carboneros De Norte De Santander
CSD	Comisión Para El Desarrollo Sostenible De Las Naciones Unidas
DESA	Departamento De Economía Y Asuntos Sociales
DS	Desarrollo Sostenible
FENALCARBÓN	Federación Nacional De Productores De Carbón
GRI	Iniciativa De Reporte Global
HLPF	Foro Político De Alto Nivel Sobre El Desarrollo Sostenible
ICMM	Consejo Internacional De Minería Y Metales
IDH	Índice De Desarrollo Humano
IEA	Agencia Internacional De Energía
ISEW	Índice De Bienestar Económico Sostenible
ISH	Índice Social De Salud
ISO	Organización Internacional De Normalización
MDG	Objetivos Del Milenio De Las Naciones Unidas
MEW	Índice De Bienestar Económico
Mt	Millones De Toneladas
OECD	Organización Para La Cooperación Económica Y El Desarrollo
ODS (SDG)	Objetivos Del Desarrollo Sostenible
PER	Enfoque Presión-Estado-Respuesta
PIB	Producto Interno Bruto
SAGE	Grupo De Asesoría Estratégica Sobre Temas Ambientales
SCOPE	Comité Científico Sobre Problemas Ambientales
SDIMI	Desarrollo Sostenible En La Industria De Los Minerales
TSM	Hacia Una Minería Sostenible
UMEP	Programa Medio Ambiental De Las Naciones Unidas
UN	Naciones Unidas
UPM	Unidades De Producción Mineras
USD	Dólar estadounidense
WCED	Comisión Mundial De Medio Ambiente Y Desarrollo



# Introducción

La cuenca carbonífera del Sinifaná se encuentra ubicada en el suroeste del departamento de Antioquia y comprende los municipios de Titiribí, Angelópolis, Amagá, Fredonia y Venecia. Los recursos carboníferos de la zona han sido explotados en su mayor parte por empresas nacionales desde finales del siglo XIX hasta la actualidad. Al 2015, las reservas probadas de carbón en la región fueron de 86,5 millones de toneladas [1] y con el promedio de los últimos 10 años de producción de la cuenca (aproximadamente 322 mil toneladas), se puede decir que restan mínimo 270 años de extracción de carbón si se conserva esta misma tasa de explotación. Los principales consumidores son las industrias cementeras, ladrilleras, textil, papelería, entre otras, ubicadas en el Valle de Aburrá y sus alrededores [2].

Desde la declaración de Río en 1992, el concepto de desarrollo sostenible ha tomado importancia tanto para las entidades gubernamentales como para empresas privadas, especialmente las que se dedican a la extracción de recursos sean o no renovables. Como resultado de ello, se han desarrollado a lo largo de las últimas tres décadas, diferentes paquetes de indicadores de sostenibilidad, los cuales permiten hacer un seguimiento a como las industrias y sus actividades impactan los territorios. La implementación de estos indicadores depende en gran medida del objetivo que se busque alcanzar con la información obtenida, además de las características del territorio donde se implemente.

La industria minera no ha sido ajena a este interés por el desarrollo sostenible, por lo que, independiente de su tamaño, tipo de operación, mineral o territorio, han empezado a enfocar sus esfuerzos por desarrollar sus actividades de manera que el impacto negativo generado a la comunidad y el medio ambiente sea el mínimo posible, mientras se potencian otros efectos positivos u de generación de riqueza.

Para el caso de la cuenca del Sinifaná, a partir de los resultados de algunos estudios realizados ([3], [4], [5], [6], [7]) y a partir de diferentes situaciones presentadas en la zona, se puede evidenciar que la industria carbonífera no ha contribuido substancialmente con el desarrollo social y económico enmarcado dentro del concepto de un desarrollo sostenible de la región que circunda la cuenca del carbonífera, lo cual afecta directamente el crecimiento económico, la calidad del medio ambiente y el desarrollo cultural y social de la región.

Este trabajo investigativo, se realizó con el fin de analizar una estrategia basada en el cumplimiento de indicadores de sostenibilidad, que permita medir el impacto en particular de la industria minera de pequeña y mediana escala de carbón, en el desarrollo sostenible

en la Cuenca del Sinifaná. Es importante mencionar que, dadas las características de este trabajo, la investigación es de tipo cualitativa, esto es, que se busca recolectar información, analizar tendencias y aproximarse al conocimiento de una realidad cambiante [8].

Para el desarrollo de esta investigación, inicialmente, fue necesario identificar el estado actual de la minería de carbón que se desarrolla en la región, a través de revisiones bibliográficas, visitas de campo y entrevistas, para obtener la mayor cantidad de información de fuentes primarias (trabajadores mineros, propietarios de empresas productoras, comercializadoras y consumidoras, transportadores, proveedores de servicios y suministros, comunidad impactada, sector gobierno y expertos). Es de anotar, que el acceso a información confiable y actualizada, de aspectos técnicos, sociales, ambientales y económicos de la región, en algunos de los casos, no estuvo disponible, debido a su condición de confidencialidad, no está compilada o simplemente, no está actualizada, lo cual representó una gran limitación para el desarrollo de este trabajo.

Posteriormente, se realizó una búsqueda detallada sobre indicadores de sostenibilidad disponibles en la literatura, y su pertinencia, aplicabilidad e impacto; que, además, se pudieran implementar, teniendo en cuenta las características de la Cuenca y el objetivo que se pretendía alcanzar. Finalmente, se plantean estrategias que involucran los diferentes actores del sector minero, para que, a través de la implementación de estos indicadores, sea posible conocer y mejorar el desempeño de la industria en la región, y ayude a alcanzar un desarrollo sostenible en el territorio.

Finalmente, y teniendo en cuenta la amplia revisión bibliográfica realizada en este trabajo, dichos indicadores y estrategias pueden ser evaluados e implementados por los gobiernos locales o regionales; con la ayuda de organizaciones no gubernamentales de orden nacional o internacional, instituciones académicas como la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, dado su amplio conocimiento y experiencia en materia de minería y desarrollo sostenible, y la cercanía y trabajos previos realizados en la región, para que la minería, renglón económico significativo en la cuenca del Sinifaná, pueda además de generar un crecimiento económico, pueda impactar positivamente en el desarrollo sostenible del territorio.



# 1. Fundamentos Teóricos

## 1.1 Sostenibilidad

Un proceso sostenible, se define como el proceso que además que pueda mantenerse por sí mismo, genere impactos a manera de fuerzas motrices que apalanquen la generación de capital económico, social y cultural. Para que una actividad sea considerada sostenible, debe cumplir con tres requisitos: Usar conservativamente los recursos sobre los que se basa, no comprometer el desarrollo de otras actividades productivas, ni generar daños ambientales y no ser causa de desigualdades que comprometan la estabilidad de la sociedad [9].

La sostenibilidad se puede entender como un concepto unidimensional con tres variables: ambiental, económica y socio-cultural, las cuales deben balancearse y tratar de mantenerse [10]:

- La sostenibilidad ambiental consiste en mantener la calidad y las reservas de los recursos, mantener la habilidad del medio ambiente de proveer soporte vital, su estética y preservarlo independientemente del uso que se le dé.
- La sostenibilidad económica se refiere al mejoramiento de los estándares de vida y bienestar de las personas a través del tiempo.
- La sostenibilidad socio-cultural se basa en la cualificar y minimizar los impactos negativos sociales y culturales generados por alguna actividad económica, busca dividir los beneficios y perjuicios entre las partes, facilitar la toma de decisiones respecto a qué actividades económicas y cómo se pueden realizar.

## 1.2 Desarrollo Sostenible

A diferencia del concepto de sostenibilidad, el desarrollo sostenible es un concepto multidimensional, puede decirse que es la búsqueda simultánea para mejorar y mantener la calidad del medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo socio-cultural, acorde con las preferencias de la sociedad. Para lograr este desarrollo se debe trabajar simultáneamente en los tres tipos de sostenibilidad y que tanto el gobierno como las empresas privadas establezcan procesos claros y transparentes para la toma de decisiones. Ambos conceptos deben considerar tres puntos importantes [10]:

- La escala o el alcance que se quiera tener. Si el enfoque principal es a la comunidad o hacia el medio ambiente y si es a nivel local, regional, nacional o mundial.
- La magnitud de la actividad humana comparado con la capacidad del medio ambiente de soportar esta actividad.
- Como balancear las necesidades de las generaciones presentes y futuras, además de la relación entre los beneficios obtenidos por las generaciones presentes y los posibles impactos generados para las generaciones futuras.

Fue el Banco Mundial quien, desde principios de los 90's inició el estudio del Desarrollo Sostenible desde una mirada tridimensional, teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales. Y la Unión Europea, en esa misma década, reforzó esta mirada enfocando su Estrategia de Desarrollo Sostenible en estos tres aspectos [11].

Se puede decir que no existe un único indicador para medir el progreso hacia el desarrollo sostenible, existen diferentes indicadores que miden el progreso en cada una de las áreas de este y que permiten tomar decisiones para mejorar el desempeño [12].

- **Breve Historia del Desarrollo Sostenible:**

En 1972, se celebró en Estocolmo, Suecia, la Conferencia sobre Medio Ambiente Humano (primera Cumbre de la Tierra) y es ahí donde por primera vez se discute el término Desarrollo Sostenible [13].

En 1976, se realizó en Vancouver, Canadá la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, donde se enfatizó en el papel de la satisfacción de las necesidades básicas del desarrollo sostenible [14].

En 1985, la Comisión Económica para Europa, de las Naciones Unidas, empiezan a desarrollar metodologías para crear una propuesta de indicadores ambientales, y en los Países Bajos se presentaron unos indicadores con enfoques más políticos [15].

En 1987, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (WCED) en el reporte de Brundtland, también conocido como "Our Common Future", define el Desarrollo Sostenible (DS) como: "Un desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades" [16]. La cual es la definición más común y utilizada en el mundo.

En 1992, la declaración de Rio de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra), adicionó más factores a la definición de desarrollo sostenible, como la equidad intra-generacional, la protección del medio ambiente, la erradicación de la pobreza, la responsabilidad de los países desarrollados en la búsqueda del desarrollo sostenible, entre otros [17].

En 1997, en la Cumbre de la Tierra +5, realizada en Nueva York, se centran la atención en los vínculos y en la dependencia del desarrollo económico y social, con la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales [14]. Se firma el Protocolo de

Kyoto, en el cual los países industrializados se comprometen a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero [18].

En el 2000, se realizó la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, en la cual se fijaron los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio, con plazo de cumplimiento hasta el 2015 [19].

En 2002, en la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo, se renovaron los compromisos para continuar trabajando en pro del desarrollo sostenible, por parte de los países participantes [20].

En 2012, en la Cumbre de la Tierra +20, realizada en Rio de Janeiro, se renuevan los acuerdos políticos, se evalúan los progresos y dificultades en la implementación de los acuerdos realizados previamente, los temas principales fueron la construcción de economías ecológicas, la reducción de la pobreza y mejorar la coordinación internacional, todo con miras a lograr un desarrollo sostenible [21].

En 2015, en la Cumbre del Desarrollo Sostenible en Nueva York, se fijó una nueva agenda para el desarrollo sostenible para el 2030 y se renovaron los Objetivos del Milenio, ahora llamados los Objetivos del Desarrollo Sostenible y aumentaron a 17 [22].

El concepto de desarrollo sostenible es permanentemente revisado, ampliado y mejorado, a medida que se van conociendo más las relaciones entre cada uno de los componentes [23].

### **1.3 Desarrollo y Crecimiento Económico**

El desarrollo económico se define como la evolución de una economía hacia mejores niveles de vida [24]. Perroux (1984) plantea que el desarrollo económico no solo es la acumulación de capital financiero, aumento de la productividad en el trabajo y progreso tecnológico, sino también la generación de una nueva estructura económica y productiva donde interactúan individuos e instituciones y se fortalezcan en capacidades y habilidades [25]. Todaro (1988) define el desarrollo económico como un proceso multidimensional compuesto por grandes transformaciones de las estructuras sociales, las actitudes de la gente y las instituciones, la aceleración del crecimiento económico, la reducción de la desigualdad y la erradicación de la pobreza absoluta [26].

El desarrollo económico, se mide comúnmente utilizando el Producto Interno Bruto (PIB). Sin embargo, ésta no puede ser una medida integral del desarrollo económico, ya que no tiene en cuenta la desigualdad económica, externalidades, costos del crecimiento, cambios en la población o economía informal, entre otros aspectos relevantes para países menos desarrollados; por lo tanto se han ido incluyendo otros indicadores como el Índice de Desarrollo Humano (IDH), Índice Social de Salud (ISH), Índice de Bienestar Económico (MEW), Índice de Bienestar Económico Sostenible (ISEW), entre otros [27].

El capital humano, natural y la organización social, determinan el estado de bienestar y la función de producción (relación que asocia las diferentes combinaciones de insumos con el producto) que determina el crecimiento económico [28].

El concepto de crecimiento económico se podría definir como un incremento sostenido del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita [29]. Este crecimiento se puede dar de manera extensiva, esto es, utilizando más y más recursos, o de manera intensiva, o sea, utilizando la misma cantidad de recursos con mayor eficiencia, este último es una condición para generar desarrollo económico. No obstante, aunque el crecimiento económico pueda aumentar la riqueza, ayudar a disminuir la pobreza y resolver otras dificultades sociales, existe evidencia donde esto no ha sucedido, antes, por el contrario, se generó más desigualdad, se debilitó la democracia, se perdió la identidad cultural y se incrementó el consumo de recursos [28].

El crecimiento económico ha sido cuestionado principalmente por cuatro razones: La decreciente disponibilidad de recursos naturales básicos (basada en la tendencia de crecimiento acelerado); los efectos que el crecimiento económico provoca al medio ambiente, la vida de las personas y la sociedad, deteriorando en algunos casos la calidad de vida y propiciando una convivencia insatisfactoria; el problema demográfico y las formas de enfrentar el crecimiento poblacional [30].

Entonces, el crecimiento económico está ligado a variables macroeconómicas como el PIB, la inversión y el consumo, o sea es un factor netamente económico; mientras que el desarrollo económico además de ser un factor económico, también debe tener la capacidad de transformar las condiciones sociales, culturales, y económicas de una región [28].

## 1.4 Desarrollo Regional y Local

El desarrollo regional, consiste en un proceso de cambio estructural que se asocia al progreso en determinado lugar o región, involucrando a cada uno de los individuos y a la comunidad en general que habita dicho territorio. Entendiendo el progreso de formas diferentes para cada dimensión [31]:

- *El progreso regional es la transformación sistemática del territorio regional en un sujeto colectivo*
- *El progreso de la comunidad es el proceso de fortalecimiento de la sociedad civil y el logro de una percepción de pertenencia regional*
- *El progreso de cada individuo es la remoción de toda clase de barreras que impiden que una persona determinada miembro de la comunidad en cuestión y habitante de la región, alcanzar su plena realización como persona humana.*

El desarrollo local es definido por Vásquez – Barquero (1988) como: “*Un proceso de crecimiento económico y de cambio estructural que conduce a una mejora en el nivel*

*de vida de la población local, en el que se pueden identificar tres dimensiones: una económica, en la que los empresarios locales usan su capacidad para organizar los factores productivos locales con niveles de productividad suficientes para ser competitivos en los mercados; otra, socio-cultural, en el que los valores y las instituciones sirven de base al proceso de desarrollo; y, finalmente, una dimensión político-administrativa en que las políticas territoriales permiten crear un entorno económico local favorable, protegerlo de interferencias externas e impulsar el desarrollo local” [32].*

De acuerdo a la definición anterior, se puede decir que la diferencia entre el desarrollo local y regional está en la escala del territorio, en la cual no hay una regla que defina un límite espacial, pero se entiende lo regional como un área de mayor escala que puede incluir varios municipios o departamentos (en el caso de Colombia) y lo local como un área más específica, por ejemplo, un municipio.

Por otro lado, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (2003) asocia un desarrollo local exitoso dependiendo del grado de confianza entre los actores de la sociedad, las normas de comportamiento cívico que practiquen y el nivel de asociatividad, pues estos elementos evidencian la riqueza y la fortaleza del tejido social interno de la comunidad [33]. Lo cual corresponde a condiciones sociales y culturales del territorio, que generalmente deben ser fortalecidas y reestructuradas.

## **1.5 Desarrollo Social**

Migley (1995), define el desarrollo social como: “*Un proceso planeado de cambio social, diseñado para promover el bienestar de la población en general, en conjunto con un proceso dinámico de desarrollo económico*” [34]. Este proceso de transformación social incluye diferentes aspectos como eliminación de la pobreza, control de la natalidad, el acceso a salud y educación de calidad, oportunidad de empleo, disminución de la mortalidad infantil, el hambre, enfermedades y violencia, entre otros.

El desarrollo social fomenta la inclusión social de la población más pobre y vulnerable, mediante tres aspectos: fortalecimiento de las personas, construcción de sociedades cohesivas y resistentes y haciendo que las instituciones sean más accesibles y responsables con los ciudadanos [35]. Lograr este desarrollo debe ser un esfuerzo tanto del gobierno, como de las entidades públicas, privadas y la comunidad, teniendo en cuenta que priman las necesidades, intereses y bienestar de la población.

## **1.6 Minería y Desarrollo Sostenible**

Históricamente, la minería ha desarrollado una visión de sus actividades extractivas de manera despreocupada, imponiéndose de forma agresiva, causando devastación en los territorios y luego cuando se han agotado los recursos explotables, queda el área sin

mitigar los impactos sociales, económicos y ambientales generados [36]. Todos estos impactos negativos tanto económicos, como ambientales y sociales, hicieron que la actividad minera fuera rechazada por las comunidades que se sintieran vulneradas.

Posteriormente, las compañías mineras, los gobiernos y la academia entendieron que debían cambiar su forma convencional de realizar sus actividades para contribuir con la sostenibilidad social y ambiental de los territorios [37]. Obtener beneficios económicos de la minería siempre tiene un costo social y ambiental, lo que busca el desarrollo sostenible es encontrar un equilibrio de esta relación costo-beneficio donde todas las partes salgan beneficiadas y un empoderamiento de procesos de innovación y desarrollo científico.

Dadas las tres condiciones definidas para que una actividad sea sostenible (mencionadas en el literal 1.1 Sostenibilidad), para temas mineros se tiene que en primer lugar que hay un gran debate en cuanto a la conservación de los recursos en minería, pues hay quienes afirman que cuando se encuentran nuevos depósitos de mineral, se aumenta o “renueva” el inventario de mineral disponible, pero hay quienes no están de acuerdo, pues argumentan que los recursos minerales no son renovables y que el hecho de que no se hubieran descubierto antes no significa que no estuvieran ahí. En cuanto la segunda y tercera condición, hay un sin número de ejemplos en los cuales la minería ha impactado negativamente las otras actividades económicas, el medio ambiente y la comunidad del territorio en que se encuentre; pero también es necesario anotar como en los últimos años algunas compañías mineras como BHP Billiton, Vale, Anglo Gold Ashanti, Barrick, entre otras, se han interesado y han logrado disminuir el impacto ambiental y social generado por las labores y han ayudado a incentivar otro tipo de actividades económicas en la región afectada [9].

Teniendo en cuenta que la minería consume recursos no renovables, tiene impactos potencialmente significativos en el medio ambiente y que un depósito mineral o una operación minera tienen una vida finita tanto económica como físicamente se puede decir que el tema de sostenibilidad en minería definitivamente no es posible. Sin embargo, este punto de vista no tiene en cuenta que la minería convierte los recursos minerales en un capital que sostiene las actividades sociales, económicas y ambientales que soportan el desarrollo humano, además, para mantener una sociedad basada en la tecnología como la de hoy se requiere un ininterrumpido suministro de minerales, al igual que para mantener el crecimiento de la economía mundial. La minería sostenible es aquella que busca minimizar el impacto ambiental, maximizar los beneficios sociales y ambientales, y a su vez genera una tasa de retorno de la inversión adecuada a los inversionistas [38]

La actividad minera se relaciona transversalmente con los diferentes pilares de la sostenibilidad, los cuales deben ser tratados paralelamente para que se pueda evidenciar un verdadero progreso:

- **La sostenibilidad ambiental y la minería:** Los recursos ambientales incluyen las reservas de los recursos naturales y la calidad del medio ambiente. Por lo tanto, la sostenibilidad ambiental se puede ver en dos escenarios:

- *Sostenibilidad física de la producción de minerales:* La minería es insostenible si se mira cada depósito de forma aislada y se ignora el contexto de un depósito mineral dentro de la corteza terrestre. En este sentido aparecen conceptos como “agotamiento del recurso” pues cada uno tiene una cantidad determinada de mineral que se irá acabando a medida que se extraiga con el avance de las explotaciones mineras. Sin embargo, las empresas mineras y de exploración todo el tiempo están realizando más campañas de exploración para aumentar las reservas de mineral, además, el desarrollo de nuevas tecnologías permite extraer o procesar mineral que antes no era posible extraer, aparecen nuevos tipos de yacimientos, y hasta se requiere de minerales que en otrora no tenían valor social, dado que en última instancia; la humanidad no requiere el mineral en sí mismo, requiere son las propiedades que ellos poseen para ser usados en la tecnología, y demás actividades.  
De esta manera, socialmente los minerales no son el centro del asunto, son más bien las propiedades que ellos poseen y estas últimas se pueden encontrar en varios tipos de minerales y rocas, donde el concepto de agotamiento debe ser redefinido.
- *Sostenibilidad de la calidad del medio ambiente:* Es inevitable que la minería ocupe el territorio como todas las actividades humanas, la diferencia se centra en los sistemas de gestión que planean esta intervención. En la etapa de exploración, puede decirse que la ocupación es mínima y es más fácil mitigar los posibles impactos. Pero, en las etapas de explotación y procesamiento es mucho más complejo, debido a las áreas de influencia de la operación, las cantidades de estéril y relaves del proceso que deber ser dispuestas, los posibles drenajes ácidos y la afectación generada por los procesos metalúrgicos deben considerar un sistema de gestión orientado hacia la concentración espacial de estos desechos, el re-uso de relaves en otras operaciones y políticas de “cero residuos”. Por lo tanto, se debe planear con tiempo un buen plan de cierre de minas lo cual ayudara a reducir el costo ambiental a las futuras generaciones, y un buen plan de mitigación de impactos ambientales durante todas las etapas del proceso.
- **La sostenibilidad económica y la minería:** El grado en el que la minería ayuda a que se genere una sostenibilidad económica depende (según Tilton, 1992) de que los depósitos sean económicamente extraídos, que una parte de las ganancias de la minería sean invertidas en otras actividades que generen beneficios cuando ésta ya no se esté desarrollando y que la economía (a nivel local, regional y nacional) evite las consecuencias negativas macroeconómicas y políticas que la extracción de minerales pueda generar [39].

Otro factor importante en la sostenibilidad económica, es establecer unas políticas públicas claras y transparentes en cuanto a la información geológica, la extracción de los recursos minerales, el acceso a la tierra, los roles de las comunidades, la protección del medio ambiente, y el uso de los impuestos y regalías generados por la extracción de minerales. Por otro lado, es importante que se generen y se fortalezcan economías paralelas en las regiones para cuando cese la actividad minera y que la economía del país no dependa solo de la actividad extractiva. También se debe invertir en obras de infraestructura para la comunidad como redes eléctricas y de acueducto, carreteras, y en desarrollo e investigación tecnológica [10].

- **La sostenibilidad socio – cultural y la minería:** Se puede decir que esta es de las sostenibilidades más difícil de definir y medir, pues se debe establecer que es lo justo, imparcial y ético. Para medirla se utilizan indicadores semi-cuantitativos a diferencia de las otras que son indicadores netamente cuantitativos.

Un tema de discusión en esta sostenibilidad es cómo hacer una correcta distribución de los beneficios y costos de realizar la minería y la capacidad transformadora de la sociedad y de la cultura (tanto de comunidades contiguas a la explotación, como las lejanas). Este es un tema de pertinencia para el gobierno nacional y las comunidades locales, pues generalmente los beneficios son obtenidos por las compañías mineras y el gobierno nacional, pero los costos son externalizados y asumidos por las comunidades locales, lo cual se evidencia en la degradación ambiental y social. Por lo tanto, las compañías mineras requieren también la obtención de una licencia social, donde se tenga en cuenta la comunidad, se le compense apropiadamente y se le involucre en las diferentes etapas del proyecto [10].

Desde los años 90, algunas empresas mineras (Rio Tinto, Noranda y Placer Dome) lideraron el proceso de implementación de políticas ambientales con miras al desarrollo sostenible. Alrededor del año 2000, se incorporó al desarrollo sostenible el concepto de responsabilidad social empresarial [40]. Por ese mismo año, un grupo de compañías mineras internacionales llevaron a cabo la Iniciativa Minera Global, donde estudiaron e intentaron clarificar los roles de la minería en la sostenibilidad y en el desarrollo sostenible [10]. En 2001, estas compañías fundaron el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) [41]

En el año 2002, el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible y el Instituto Internacional para el Ambiente y el Desarrollo, realizaron el proyecto Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible, donde se aplica el concepto a la minería y se define como un proceso en donde el desarrollo económico es fundamental, pero que también debe ir acompañado de la sostenibilidad ambiental, socio-cultural y económica, con un enfoque



especial en políticas públicas y gobernanza. Y al tratar con recursos no renovables, se debe crear capital humano y social que pueda substituir el de las riquezas agotadas [42].

Entre el 2001 y 2004, se desarrolló la iniciativa Revisión de las Industrias Extractivas (petróleo, gas y minerales). Esta iniciativa se llevó a cabo por un grupo independiente de personas para facilitar la comunicación con los diferentes actores. Con esta iniciativa se pretendía evaluar el rol del Banco Mundial en las industrias extractivas, pero también surgieron varias recomendaciones en temas de desarrollo sostenible [10]. Uno de los resultados fue la crítica del apoyo y financiamiento del Banco Mundial a compañías de este sector cuando estas no ayudaban mucho en el cumplimiento de las metas del desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza, pero finalmente se encontró que las industrias deben cumplir ciertos requisitos y condiciones para poder ayudar con estos objetivos.

En el 2003, un grupo de profesionales del sector, organizaciones científicas e instituciones internacionales relacionadas con la industria de la minería y lo metales, inició una serie de conferencias: Indicadores del Desarrollo Sostenible en la Industria de los Minerales (SDIMI). Las cuales aún se realizan y donde se exponen diferentes temas relacionados con la industria extractiva de minerales y el desarrollo sostenible en diferentes partes del mundo. En esta conferencia, se desarrolló la declaración de Milos, la cual ha sido importante en la industria, y busca contribuir al futuro sostenible en la extracción de minerales y su utilización [43]

En 2012, la ICMM desarrolló un marco de desarrollo sostenible para las compañías, que consta de 10 principios y prácticas básicos, reportes públicos del desempeño de las compañías con respecto a estos principios y una verificación de la información por terceros [10].

## **1.7 Pequeña minería y desarrollo sostenible**

La minería artesanal y a pequeña escala es una importante fuente de ingresos para las comunidades donde se lleva a cabo. Puede catalogarse de diferentes maneras: formal, informal, artesanal, de subsistencia, legal o ilegal; y puede extraer minerales de menas primarias o secundarias. Sin embargo, este tipo de minería está asociado con malas prácticas ambientales, degradación social, condiciones inseguras de operación, y trabajo infantil, falta de planeación y control de riesgos, uso de técnicas y tecnologías rudimentarias o riesgosas solo por mencionar algunos impactos.

Particularmente, en Colombia el 72% de las minas del país corresponde a minería pequeña, de las cuales el 66% es ilegal. Boyacá, Antioquia, Bolívar, Santander, Cundinamarca y Magdalena son los departamentos con mayor número de minas a pequeña escala [44]. Sin embargo, en cuanto a ilegalidad de la pequeña minería, son Chocó, La Guajira, Magdalena, Córdoba, Bolívar, Atlántico, Risaralda, Cauca y Antioquia los departamentos que lideran. Además, se estima que sólo el 39% de las minas pequeñas ilegales en el territorio, lleva más de 10 años de operación, por lo que podría decirse que es minería tradicional que no se ha formalizado; el 20% de los mineros del país son mineros

pequeños e ilegales; el 76% de los mineros que laboran en minas a pequeña escala sin título pertenecen al régimen subsidiado de salud, el 15% no están afiliados a ningún sistema de salud y solo el 7% está afiliado a sistema de seguridad social y riesgos profesionales; en temas de seguridad en el trabajo, las condiciones son aceptables en el 60% de los casos, el 25% no cumple con ningún tipo de normatividad al respecto y sólo el 15% presenta condiciones seguras para la realización de las labores; en cuanto a los impactos ambientales generado por la pequeña minería, sólo en el tema de manejo de estériles, las pequeñas minas con título en promedio extraen 31 metros cúbicos por mes, mientras las que no, extraen 152 metros cúbicos al mes, en promedio, generando impactos negativos mayores, sin contar el uso indiscriminado de agua y compuestos químicos [45]. Es importante anotar que, en Colombia, según la legislación vigente, la minería ya no se divide por tamaño de producción/operación, sino más bien se clasifica según su condición de legalidad; lo cual obliga a la minería mediana, pequeña y artesanal a cumplir con las mismas exigencias que deben cumplir las grandes compañías mineras, sin tener en cuenta la capacidad técnica y tecnológica de las primeras.

En términos generales, la minería artesanal y a pequeña escala, presenta retos importantes que deben ser superados con el apoyo conjunto de los diferentes actores involucrados en el sector, ya que esta actividad económica puede ayudar en la reducción de la pobreza y contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades rurales [46]. Esto, dado que es una fuente de empleo directo e indirecto para algunas personas y puede apalancar otras pequeñas empresas o actividades económicas en la región.

Un caso exitoso, donde la pequeña minería ha apalancado desarrollo sostenible, es en la región de Tapajós, Brasil [47], donde los mineros artesanales y pequeños de oro, se asociaron y ayudaron para que empresarios invirtieran en ganadería, cultivos de palma y Açai, con lo cual se mejoraron las vías de acceso a la región, impactando directamente los costos de la minería y las demás industrias. Los principios de desarrollo sostenible pueden ser empleados en la minería a pequeña escala, y pueden ayudar al mejoramiento de las condiciones económicas, sociales y ambientales de las comunidades; los cuales pueden ser medidos por la cantidad o calidad de actividades económicas alternativas que este tipo de minería apalque, las iniciativas de los mineros para organizarse, asociarse y formalizarse. Todo lo anterior, siempre y cuando se tenga el apoyo de gobierno, las instituciones académicas, investigadores, expertos y organizaciones no gubernamentales, que estén dispuestas a ofrecer una transferencia tecnológica a los mineros pequeños y artesanales.

## **1.8 Indicadores del Desarrollo Sostenible en minería**

Las compañías mineras han empezado a invertir más en programas de desarrollo sostenible porque reconocen los beneficios económicos que esto conlleva [36]. Y en la medida que ha tomado importancia, las empresas están más interesadas en medir su progreso hacia la sostenibilidad [48]. También, ha venido ganando importancia la idea de que la rentabilidad a largo plazo debe ir de la mano con la justicia social y el cuidado y

protección del medio ambiente; y seguirá tomando dicha importancia mientras que los proveedores de servicios, clientes, y demás industrias se interesen en adoptar un modelo de operar sostenible [49].

Con la importancia que el desarrollo sostenible ha tenido a nivel mundial, métodos cuantitativos para medir objetivamente el desempeño de las industrias han incrementado su importancia. Medir estos impactos configura una herramienta valiosa para generar un desarrollo sostenible y tomar decisiones que balanceen los objetivos del desarrollo sostenible y los intereses de la industria [50]

Los indicadores de sostenibilidad proveen información económica, ambiental y social sobre los impactos que las actividades de determinadas industrias, en este caso la minería, generan en un área; sirven para configurar estrategias de desarrollo sostenible, resolver conflictos, involucrar todos los actores y buscar soluciones. Los indicadores pueden ayudar también, al gobierno a tomar mejores decisiones y acciones de planeación a largo plazo, más efectivas, con el fin de simplificar, clarificar y compilar la información disponible, además de permitir la incorporación del conocimiento físico y social en dicha toma de decisiones, así como para medir y calibrar el proceso hacia las metas del desarrollo sostenible. También brindan una alerta temprana para evitar contratiempos económicos, sociales o ambientales, y son útiles para comunicar ideas, pensamientos y valores [51].

El levantamiento de estos indicadores o reportes de sostenibilidad ayudan a las organizaciones a medir, entender y comunicar su desempeño en temas ambientales, económicos, sociales y de gobernanza, establecerse metas y manejar los cambios de manera más efectiva con el fin de que sus operaciones sean más sostenibles [52]. Además, fomenta la aceptación de la empresa en la comunidad, mostrando su contribución con el bienestar de la sociedad [53].

Es importante mencionar que en la conferencia ambiental y de desarrollo de las Naciones Unidas en 1992, se reconoció la importancia de los indicadores de sostenibilidad ayudando a los países a tomar decisiones hacia un desarrollo sostenible [51].

En 1993, siguiendo las recomendaciones del Grupo de Asesoría Estratégica Sobre Temas Ambientales (SAGE) se creó el Comité Técnico 207 sobre gestión ambiental de la Organización Internacional de Normalización (ISO) para desarrollar normas en las áreas de gestión ambiental, auditoría ambiental, etiquetado ecológico, evaluación del ciclo de vida, términos y definiciones, entre otras; con esto se dio un paso importante para la identificación de indicadores de desarrollo sostenible [54]. En ese mismo año, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED) propuso una nueva metodología para el diseño de Indicadores de Sostenibilidad denominada enfoque de Presión- Estado – Respuesta (PER) [55].

En 1996, la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (CSD –UN) presentó su primer set de indicadores [56]. En ese mismo año también se desarrollaron otros sets de indicadores por el Comité Científico sobre Problemas Ambientales (SCOPE) y la Fundación de una Nueva Economía, las cuales fueron muy criticadas [57].

En el 2000, se realizó la Primera Jornada Iberoamericana sobre Cierre de Minas, en Huelva, España, donde se recalcó la necesidad de crear indicadores que permitan mejorar la calidad de vida de las comunidades mineras [58]. En este año también se publicó la metodología propuesta por la Iniciativa de Reporte Global para elaborar los reportes de sostenibilidad de las empresas, los cuales se enfocan en los tres aspectos de la sostenibilidad y la importancia de involucrar los indicadores a diferentes actividades económicas [14].

En el caso de Colombia, Vargas y Forero propusieron un sistema de indicadores a partir del estudio y análisis de las condiciones minero-geológicas de yacimientos colombianos [14] [4]; Betancurth propuso unos indicadores para la pequeña minería de carbón en el departamento de Boyacá [59]. En 2001, Valencia, propone un sistema de indicadores para la minería aurífera de Colombia, basado en variables técnicas y económicas [60].

Las compañías pueden adoptar diferentes indicadores y estándares para el reporte de sostenibilidad; por lo tanto, se debe ser cuidadoso al comparar el desempeño de una y otra compañía. En la actualidad existen más de 129 iniciativas diferentes sets de indicadores de sostenibilidad y marcos de referencia para evaluar el desempeño de las compañías o regiones con respecto al desarrollo sostenible [14]. Éstos indicadores, pueden ser diseñados por organizaciones internacionales, por empresas, gobiernos, asociaciones y la academia. Es de anotar, que existen indicadores que pueden ser representativos o de gran impacto para determinada región o actividad y no para otra, lo cual se debe tener en cuenta para la implementación y/o diseño del set de indicadores.

Generalmente, son las grandes compañías son quienes anualmente realizan y presentan o socializan sus reportes. Las guías o los paquetes de indicadores de sostenibilidad más comunes son propuestos por la Global Reporting Initiative, Organization for Economic Cooperation and Development, United Nations, International Organization for Standardization, los cuales serán revisados con mayor detalle en capítulos posteriores.

## **1.9 El carbón**

El carbón es una roca sedimentaria orgánica, formada a partir de materia orgánica que se ha acumulado y descompuesto, posteriormente se ha confinado y consolidado entre estratos de roca y finalmente se ha alterado por efectos de presión y temperatura por millones de años. La primera alteración que sufre la materia orgánica se llama turba, seguido de lignito, carbón sub-bituminoso, bituminosos altos, medios y bajos en volátiles, semiantracita y finalmente antracita. Este proceso de evolución de materia orgánica se denomina carbonificación y determina su rango [61].

El carbono es el componente principal del carbón, que puede también contener hidrogeno, oxigeno, sulfuros y otras impurezas. Las principales características para definir la calidad del carbón son el poder calorífico, humedad, carbono fijo, contenido de sulfuro, ceniza y materia volátil. Estas características se determinan con una prueba de laboratorio llamada

análisis próximo completo y definen el rango al que pertenecen los carbones. El incremento del rango depende del aumento en el contenido de carbono fijo y poder calorífico, y una disminución de la humedad.

Existen diferentes clasificaciones de carbón usadas en el mundo, dependiendo de su edad, su composición y sus propiedades. La más común (Tabla 1-1), está determinada por la norma ASTM D388-05 [62] donde se clasifican los carbones por su rango así:

**Tabla 1-1: Clasificación carbones ASTM D388-05 [62].**

Clase	Grupo		%CF*	%MV*	Poder calorífico (cal/g)	Característica aglomerante
Antracíticos	Metaantracita		≥ 98	≤ 2		No aglomerante
	Antracita		≥92 < 98	>2 ≤ 8		
	Semiantracita		≥86 < 92	>8 ≤ 14		
	Bajo volátil		≥78 < 86	>14 ≤ 22		Comúnmente aglomerante
	Medio volátil		≥69 < 78	>22 ≤ 31		
Bituminosos	Alto volátil	A	< 69	>31	≥ 7778	Aglomerante
		B			≥ 7222 < 7778	
		C			≥ 6389 < 7222	
Sub Bituminosos	A				≥ 5833 < 6389	No aglomerante
	B				≥ 5278 < 5833	
	C				≥ 4611 < 5278	
Lignitos	A				≥ 3500 < 4611	No aglomerante
	B				< 3500	

\* Base seca libre de materia mineral; CF: Carbono fijo; MV: Materia volátil

Los grandes depósitos de carbón comenzaron a formarse en el periodo Carbonífero (hace 350 – 280 millones de años), justo después de la evolución de las plantas en el periodo Devoniano (hace 400 millones de años). Depósitos de carbón siguen generándose a través de los años, pero en general han sucedido tres grandes acumulaciones de carbón: La primera gran acumulación sucedió en el periodo Carbonífero/Permiano en parte del hemisferio norte (este de Estados Unidos, la Unión Soviética y este y oeste de Europa); la segunda gran acumulación sucedió a finales del periodo Jurásico principios del Cretáceo en otras partes del hemisferio norte (Canadá, China, Rusia y Estados Unidos); y la última gran acumulación sucedió en el periodo Terciario (hace aproximadamente 100 – 15 millones de años) en diferentes partes del mundo como Sur América, Oceanía y Sur de Asia [63]

Dentro de los combustibles fósiles el carbón es el recurso más abundante y ampliamente distribuido en todos los continentes. Representa el 64% de los recursos fósiles económicamente recuperables, comparado con el 19% para el petróleo y 17% para el gas natural. Debido a su abundancia, su distribución y el precio relativamente bajo y estable, es una fuente de energía confiable y económica comparada con energía hidroeléctrica, nuclear y eólica. Además, es un recurso versátil pues a partir de carbón se puede obtener combustible líquido, gas natural o productos químicos [64].

Con las condiciones anteriores, el carbón es de los combustibles fósiles más económicos y competitivos, por lo tanto, países desarrollados como en vía de desarrollo pueden implementarlo para la producción de energía y reducir los costos de ésta. El principal reto es desarrollar tecnologías limpias para la generación de energía a partir del carbón y la captura y almacenamiento de carbono, con el fin de mitigar los impactos ambientales generados por esta práctica.

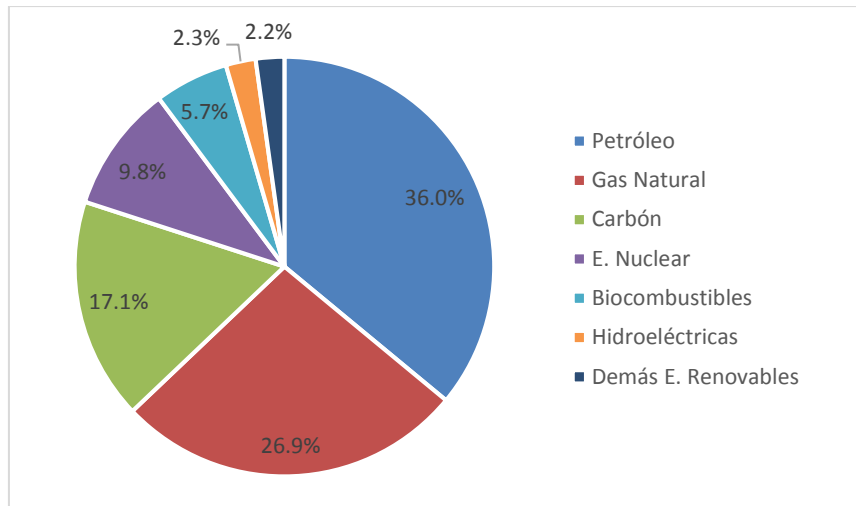
## **2. Escenarios Actuales**

### **2.1 Estado actual del carbón a nivel mundial**

La revolución industrial que inició a mediados del siglo XVII, fue impulsada por el uso del carbón, a través de la invención de la máquina de vapor, lo que permitió el suministro de energía flexible, móvil y según la demanda (uso doméstico o centrales eléctricas), la fabricación del acero y otros productos a nivel industrial, y el mejoramiento del sistema de transporte con barcos de vapor y locomotoras [65]. Lo que posteriormente, llevo a los descubrimientos e inventos que impulsaron la industrialización y el desarrollo económico de algunos países inicialmente (Inglaterra, Estados Unidos y Alemania) ya que tenían el recurso energético y el desarrollo tecnológico, y que después fue llegando a otros países. Todo este desarrollo impulsado por el carbón, hacen que tengamos la calidad de vida que tenemos hoy. Casi todas las fuentes de energía, desde alimentos hasta generación de electricidad, están compuestos o relacionados con el carbón, de ahí que nuestra civilización sea llamada “la era del carbono”.

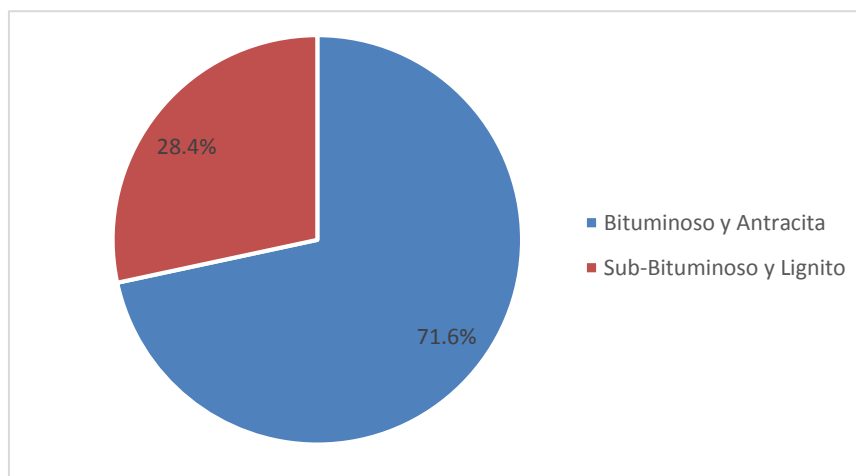
En el 2009, para una población de 6,8 billones de personas, el requerimiento de energía fue equivalente a 11 billones de barriles de petróleo, o 22 billones de toneladas de carbón o 10 trillones de metros cúbicos de gas natural. En la actualidad, hay cerca de 7 billones de personas y el incremento del Producto Interno Bruto ha sido muy significativo, por lo que el requerimiento de energía también ha aumentado y no puede ser suministrado solo por una fuente de energía [64].

Desde 1971 hasta el 2015, el carbón ha sido la segunda fuente primaria de energía. Sin embargo, en el 2016 éste contribuyó con el 17.1%, ubicándose detrás del petróleo que aportó el 36.0% y del gas natural con el 26,9%. Seguidos por nuclear con 9.8%, biocombustibles 5.7%, hidroeléctricas con el 2.3%, y demás energías renovables con el 2.2% de la producción mundial de energía (Figura 2-1) [66]

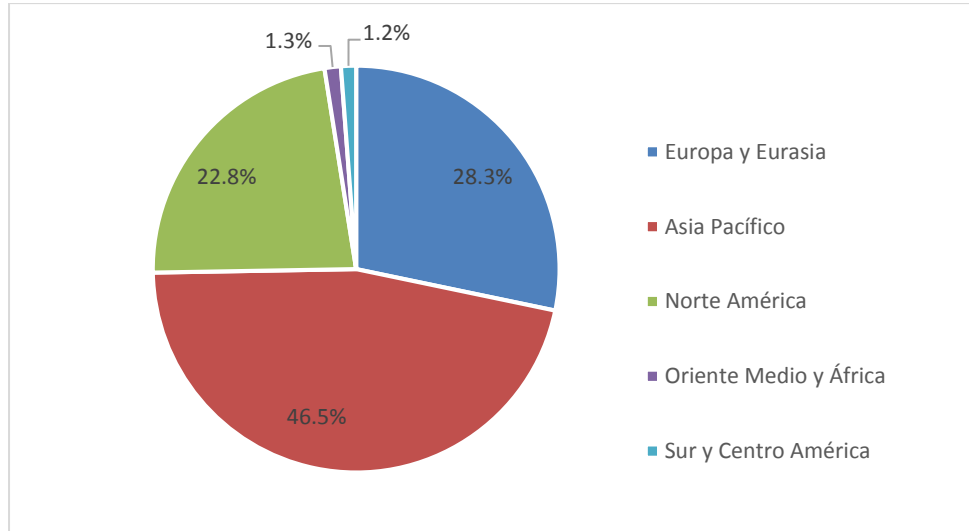
**Figura 2-1: Generación de energía a nivel mundial) [66]**

### 2.1.1 Reservas probadas de carbón a nivel mundial

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, el carbón es de los combustibles fósiles más abundantes y más ampliamente distribuido. A finales de 2016, las reservas probadas de carbón eran en total 1.139.331 millones de toneladas de los cuales la mayor proporción (816.214 millones de toneladas) es de tipo bituminoso y antracita (Figura 2-2) [67]. En cuanto a su distribución por regiones, se puede ver que Asia, Europa y Norte América tienen la mayor parte de las reservas probadas recuperables (Figura 2-3). Es de mencionar que estas reservas, son recursos que probados que quedan en los depósitos de carbón conocidos y los cuales son explotables con las condiciones económicas y tecnológicas locales actuales [67].

**Figura 2-2: Reservas probadas de carbón a nivel mundial (Por tipo de carbón) [67]**



**Figura 2-3: Reservas probadas de carbón (Por región) [68].**

### 2.1.2 Producción mundial de carbón

En 2016 la producción de carbón cayó en 458 Mt, y es una de las más grandes caídas en las últimas décadas [69]. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), este decrecimiento en la producción se atribuye a diferentes factores: la eliminación paulatina del uso del carbón en países como Dinamarca, Francia y Reino Unido, la reducción de sobreproducción y la regulación de cantidad de días de trabajo en minas de carbón en China, la caída de la demanda de carbón producido en Estados Unidos tanto a nivel nacional como internacional [69].

Desde 1985, China ha sido líder mundial en la producción de carbón [69]. De acuerdo con el informe del 2017 de la EIA, para el año 2016 su producción fue de 3242,5<sup>1</sup> Mt, seguido de India con 707,6 Mt y en tercer lugar Estados Unidos con 671,8 Mt. El total de la producción de carbón para el 2016 fue de 7268,6 Mt. (Tabla 2-1) [69].

---

<sup>1</sup> Las cifras presentadas del 2015 son versiones provisionales según las fuentes.

Tabla 2-1: Mayores productores de carbón (Mt) [69].

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016p</b>
China	3640,2	3563,2	3242,5
India	657,4	683,1	707,6
Estados Unidos	918,2	813,7	671,8
Australia	488,8	512,4	503,3
Indonesia	488,3	453,5	460,5
Rusia	332,9	351,7	365,5
Suráfrica	260,5	258,6	256,9
Alemania	186,5	184,7	175,6
Polonia	137,1	135,8	130,9
Kazakstán	114,0	107,3	97,9
Otros	710,2	662,8	656,1
<b>Total</b>	<b>7934,1</b>	<b>7726,8</b>	<b>7268,6</b>

El carbón térmico es el de mayor producción a nivel mundial, seguido por el carbón metalúrgico y el lignito (Tabla 2-2). En 2015 la producción de los 3 tipos de carbón disminuyó, situación que no pasaba desde 1999. Sin embargo, en 2016 este decrecimiento fue más acelerado. Para el carbón térmico la disminución fue de un 7,3% [69].

Tabla 2-2: Producción mundial de carbón 2014 (Por tipo de carbón) (Mt) [69].

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016p</b>
Carbón Térmico	6010,1	5834,6	5407,0
Carbón Metalúrgico	1108,7	1081,1	1,074,3
Lignito	815,4	811,1	783,3
<b>Total</b>	<b>7934,1</b>	<b>7726,8</b>	<b>7268,6</b>

Para el año 2014, China fue el mayor productor de carbón térmico con 3179,6 Mt, seguido por Estados Unidos e India. En ese entonces, Colombia ocupó el 9 lugar con 83,5 Mt (Tabla 2-3) [70].

Tabla 2-3: Mayores productores de carbón térmico (Mt) [70]

	2012	2013	2014
China	3016,8	3282,0	3179,6
Estados Unidos	779,4	755,7	769,2
India	512,9	516,1	569,9
Indonesia	441,4	484,1	468,1
Suráfrica	257,0	252,9	250,6
Australia	212,5	236,6	245,7
Rusia	179,3	178,5	189,5
Kazakstán	99,8	99,9	93,5
Colombia	84,5	81,3	83,5
Polonia	68,1	64,9	61,0
Vietnam	42,1	41,0	35,8
Corea	30,3	36,3	35,2
Ucrania	46,8	49,1	31,9
Canadá	25,9	25,9	29,9
Mongolia	11,7	12,7	13,7
México	13,0	13,5	11,9
otros	79,2	72,6	78,4
<b>Total</b>	<b>5900,6</b>	<b>6203,1</b>	<b>6147,2</b>

### 2.1.3 Mercado mundial de carbón

Para el 2016, las exportaciones de carbón incrementaron en un 1,9% (Tabla 2-4). El mayor exportador fue Australia con 389,3 Mt, seguido por Indonesia (369,9 Mt), Rusia (171,1 Mt) y Colombia (83,3 Mt). Por otro lado, las importaciones en 2016 también presentaron un incremento con respecto al 2015 del 1,5%. El mayor importador fue China con 255,6 Mt, seguido por India (200,1 Mt), Japón (189,4 Mt) y Corea (134,5 Mt) [69].

Tabla 2-4: Comercio mundial de carbón (Mt) [69].

	2014	2015	2016p
Exportación de carbón térmico	1048,6	995,3	1010,4
Exportación de carbón metalúrgico	312,4	303,9	314,1
Exportación de Lignito	8,4	8,9	9,0
Importación de carbón térmico	1112,1	1308,5	1045,0
Importación de carbón metalúrgico	295,3	267,9	282,1
Importación de Lignito	5,2	5,1	4,2
Total exportaciones	1369,3	1308,1	1333,5
Total importaciones	1412,5	1311,5	1331,3
<i>Balancing ítem*</i>	43,2	3,4	-2,2

\* Balancing ítem es la diferencia entre exportaciones e importaciones de carbón.

Debido a la diferencia de clasificación de importación o exportación utilizada en Algunos países, porque el carbón está en tránsito o por discrepancia en los reportes

Para el caso específico del mercado del carbón térmico, para el 2015, las exportaciones a nivel mundial disminuyeron un 4,3% en 2015. Indonesia, Australia, Rusia y Colombia fueron los mayores exportadores de este tipo de carbón. En cuanto a las importaciones en 2015 del mismo tipo de carbón, en el mercado de Asia y Oceanía éstas disminuyeron en 75,1 Mt; esta región representa el 70,1% del mercado mundial del carbón térmico. Los mayores importadores de esta área son India (170 Mt), China (156,7 Mt), Japón (141,1 Mt), Corea (98,1 Mt) y Taipei (59,2 Mt); los países que suplen este consumo son Indonesia (347,7 Mt), Australia (210,1 Mt), Rusia (62,2 Mt) y Sudáfrica (46,8). Respecto al mercado europeo y Euroasiático, las importaciones también disminuyeron 1,4 Mt; esta región representa el 24,3% del comercio mundial de carbón térmico. El mayor importador de ésta región fue Holanda con 52,9 Mt, seguido por Alemania (44,7 Mt), Turquía (28,5 Mt), Rusia (24,1 Mt), Reino Unido (20,7 Mt) e Italia (17,3 Mt); los países que suplen el consumo de ésta área son Rusia (72,1 Mt), Colombia (59,8 Mt), Sudáfrica (29,6 Mt), Kazakstán (24,4 Mt) y Estados Unidos (24,3 Mt) [71].

## 2.1.4 Consumo mundial de carbón

En 2016 el consumo mundial de carbón térmico, disminuyó en 1,9% con respecto al 2015. Este decrecimiento se debe en gran parte a la disminución del uso de carbón para la generación de energía en Estados Unidos y Reino Unido. Además de los cambios en el crecimiento económico de China y los temas de polución del aire. Uno de los principales países consumidores es China que consumió 1,8% menos carbón; India, por el contrario, consumió 2,1% más que en 2015; en el caso de Estados Unidos el consumo decreció fuertemente (7,8%) [69]. En la Tabla 2-5 se puede ver los mayores consumidores de carbón térmico en el 2013, 2014 y parte de 2015.

Tabla 2-5: Mayores consumidores de carbón térmico\* (Mt) [71]

	2013	2014	2015p
China	3354,5	3205,7	3094,4
India	666,7	740,0	763,5
Estados Unidos	750,8	742,5	628,8
Suráfrica	178,2	189,3	172,0
Japón	141,8	137,0	141,2
Corea	98,5	100,1	100,4
Rusia	84,6	77,4	88,3
Indonesia	65,4	76,5	87,9
Kazakstán	67,1	62,6	60,7
Taipéi	59,3	59,7	59,2
Polonia	66,1	61,0	58,3
Australia	50,1	46,9	52,6
Otros	513,7	508,4	520,2
<b>Mundial</b>	<b>6096,8</b>	<b>6007,2</b>	<b>5827,6</b>

\* Carbón térmico incluye antracita, bituminosos y sub-bituminosos.

Respecto a los usos del carbón, la generación de energía y calor siguen siendo los más comunes con un 65,5% en 2015, seguido por usos varios, fabricación de hierro y acero y uso residencial [69]. El carbón es transportado por carreteras, ferrocarriles o vía fluvial desde las minas hasta los puestos de embarque y de ahí a los principales puertos (Ámsterdam, Róterdam, Antwerp, Queensland, Richards Bay, Qinhuangdo, Puerto Bolívar, entre otros). El método de negociación del carbón puede ser a largo plazo (hasta de cinco años), corto plazo y puede ser flexible dependiendo el precio, el cual puede variar por la relación oferta- demanda, la calidad, cantidad, costos de transporte y tipo de carbón [72]

Para el 2016, el precio internacional del carbón térmico estuvo entre 39,5 – 43,7 USD por tonelada [73]. La demanda de los mercados grandes ha disminuido, algunas de las razones son: el remplazo del carbón por “Shale gas”, las medidas para reducir y desestimular el uso del carbón del gobierno estadounidense, la encíclica ambiental [74] que promulgó el papa Francisco sobre los impactos negativos de la industria, la conferencia global de París sobre cambio climático donde se establecieron compromisos para disminuir la generación de energía con carbón, entre otros. Por otro lado, Estados Unidos está exportando el carbón que produce y no consume lo cual disminuye los precios, China e India (los mayores consumidores de carbón) aumentaron la producción interna, lo cual reduce las importaciones. [75].

## 2.2 Estado actual del carbón a nivel nacional

A mediados del siglo XIX se inició en Colombia la utilización de carbón como combustible. Su uso era principalmente para los buques de vapor que navegaban por el río Magdalena y las locomotoras de los ferrocarriles del país (Interoceánico de Panamá, Antioquia, Cundinamarca, Magdalena, entre otros). Posteriormente, el carbón térmico y metalúrgico fue usado en las diferentes ferrerías del país para apalancar el desarrollo de otras industrias. Por otro lado, el carbón térmico de los departamentos del interior del país sirvió como combustible de hornos y calderas para industrias regionales como la cementera, textilera, papelera, ladrillera, cerámica, cervecera, entre otras. Las minas eran pequeñas y medianas, solo algunas lograron un alto nivel de tecnificación y debido a la regular infraestructura vial lograban alcanzar mercados internacionales [76].

En la década de los ochenta iniciaron en el norte del país proyectos de gran minería liderados por empresas como El Cerrejón, y Prodeco, los cuales incrementaron la producción de carbón térmico significativamente en los siguientes años, en los cuales Colombia se posicionó como un productor y exportador importante de carbón [72]. Para el 2011, en Colombia había un total de 14.357 unidades de producción minera (UPM) de las cuales 37% contaba con título minero (5316 UPM). Del total de las UPM, 2278 corresponden a producción de carbón y el 60% tienen título minero [44]. Es importante mencionar, que en el censo minero no incluyen la información las UPM de carbón de los departamentos de Cesar y La Guajira.

Los departamentos más representativos para la minería de carbón son: La Guajira, Cesar, Córdoba, Norte de Santander, Boyacá, Cundinamarca, Santander, Antioquia y Valle, debido a las reservas y recursos cuantificados del mineral (Tabla 2-6).

**Tabla 2-6: Recursos y reservas por departamento (Mt) [1]**

	<b>Reservas Probadas 2015</b>	<b>Reservas Probadas 2014</b>	<b>Reservas Probadas 2013</b>	<b>Reservas Indicadas 2004</b>	<b>Recursos Hipotéticos 2004</b>
Antioquia	86,48	86,60	86,70	225,8	26,5
Boyacá	146,52	148,50	151,20	682,6	0,0
Cesar	1636,68	1682,10	1727,20	1564,0	993,5
Córdoba	377,70	377,70	377,80	341,0	0,0
Cundinamarca	214,05	216,30	218,70	644,9	61,8
La guajira	3594,20	3627,90	3661,20	448,0	27,2
Norte de Santander	101,53	103,40	105,30	314,3	0,0
Santander	54,65	54,80	54,90	552,3	0,0
Valle del cauca	40,29	40,32	40,39	92,1	11,0
Otros	0,09	0,10	0,13		
<b>Total</b>	<b>6252</b>	<b>6338</b>	<b>6424</b>	<b>4685</b>	<b>1120</b>

Los métodos de extracción del carbón se seleccionan dependiendo de las condiciones del depósito. Generalmente, es más común encontrar minería de superficie en la región norte del país (Guajira, Cesar y Córdoba) dadas las condiciones y extensión de los depósitos, estas explotaciones son a gran y mediana escala, con tecnologías de punta, eficientes y competitivas a nivel internacional. En el interior del país (Cundinamarca, Boyacá, Antioquia y Norte de Santander) son más comunes las explotaciones subterráneas de mediana y pequeña escala y de tipo artesanal o semi-mecanizada. Es de anotar que en el país el 92% del carbón es extraído con métodos a cielo abierto (Tabla 2-7).

**Tabla 2-7: Producción por tipo de minería (Miles de toneladas) [1]**

	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Cielo Abierto</b>	82.069,31	78.504,34	81.892,69	79.252,7
<b>Subterránea</b>	6955,01	6991,72	6685,29	6294,82
<b>Porcentaje Cielo Abierto (%)</b>	92,19	91,82	92,45	92,64
<b>Porcentaje Subterránea (%)</b>	7,81	8,18	7,55	7,36

En Colombia se producen diferentes tipos de carbón para uso térmico y metalúrgico, dependiendo de la región; por ejemplo, en el Cesar, La Guajira, Córdoba y Antioquia, se produce solo carbón térmico, en los demás departamentos es común encontrar los diferentes tipos de carbón para consumo interno y para exportación (Tabla 2-8).

Tabla 2-8: Producción por tipo de carbón (Miles de toneladas) [1]

	2012	2013	2014	2015
<b>Antracita</b>	0,59	3,2	5,62	7,13
<b>Metalúrgico</b>	4906,14	4892,93	5104,12	4823,87
<b>Térmico</b>	84.117,60	80.599,93	83.468,23	80.716,51
<b>Total</b>	89.024,33	85.496,06	88.577,97	85.547,51

De la producción total de carbón en 2015, la cual disminuyó en 3,42% con respecto al 2014, se tiene que el departamento del Cesar produjo un 53,1%, La Guajira un 39,4% y los demás departamentos el 7,5% restante. Antioquia participó en 0.14% de la producción para dicho año. La producción por departamento para los dos años anteriores se puede ver en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9: Producción de carbón por departamentos (Miles de toneladas) [1]

	2013	2014	2015	2016p
Cesar	45.068,8	47.306,2	45.422,2	23.295
Córdoba	16,37	136,77	3,52	1162
La guajira	33.296,3	34.357,8	33.703,4	15.047
Antioquia	108,7	264,7	122,3	95
Boyacá	2723,3	1772,1	1979,9	1945
Casanare	0,82	2,96	4,87	1
Cauca	40,82	24,31	6,67	62
Cundinamarca	2408,4	2387,7	2253,1	1506
Norte de Santander	1686,6	2198,1	1874,6	1353
Santander	139,38	102,12	146,23	110
Valle del cauca	6,54	25,34	30,71	51
<b>Total</b>	<b>85.496,06</b>	<b>88.577,97</b>	<b>85.547,51</b>	<b>44.629</b>

El carbón térmico en la región norte del país se comercializa lavado y triturado; y en el interior del país es generalmente por tamaño y en algunas ocasiones lavado y secado. En cuanto al transporte del carbón desde boca mina hasta los centros de acopio, plantas de beneficio, consumidores o puertos de embarque (Tabla 2-10), según sea el caso, puede realizarse por volquetas de 10 toneladas, camiones de 20 – 40 toneladas, barcazas, bandas transportadoras, cables aéreos o ferrocarril.

**Tabla 2-10: Puertos y Terminales para la exportación de carbón [77]**

<b>Puerto - Terminales</b>	<b>Ubicación</b>
Puerto Bolívar	Bahía Portete (La Guajira)
Prodeco	Puerto Zúñiga (Magdalena)
American Port Company (Terminal Drummond)	Ciénaga (Magdalena)
Sociedad portuaria Río Córdoba (Terminal de Vale)	Ciénaga (Magdalena)
Sociedad portuaria Santa Marta (Terminal de Carbosan)	Santa Marta (Magdalena)
Terminal Colclinker	Bahía de Cartagena (Bolívar)
Terminal de Cementos de Caribe	Barranquilla (Atlántico)
Terminal de Cementos de Caribe	Tolú (Sucre)
Puerto de Buenaventura (Sociedad portuaria regional)	Buenaventura (Valle del Cauca)
Puerto de Buenaventura – Muelle 13 (Sociedad grupo portuario)	Buenaventura (Valle del Cauca)
Puerto Santander	Puerto de Santander (Norte de Santander)
Puerto Seco de Cúcuta	Cúcuta (Norte de Santander)

El carbón térmico del interior del país satisface el consumo interno del país, y se usa principalmente para generar electricidad, como fuente primaria y secundaria de energía para la industria; mientras que el carbón metalúrgico, se emplea para la producción de coque (Figura 2-4). La última información oficial disponible, muestra que entre 2005 y 2011 el consumo interno de carbón incremento un 78,81%. [78].

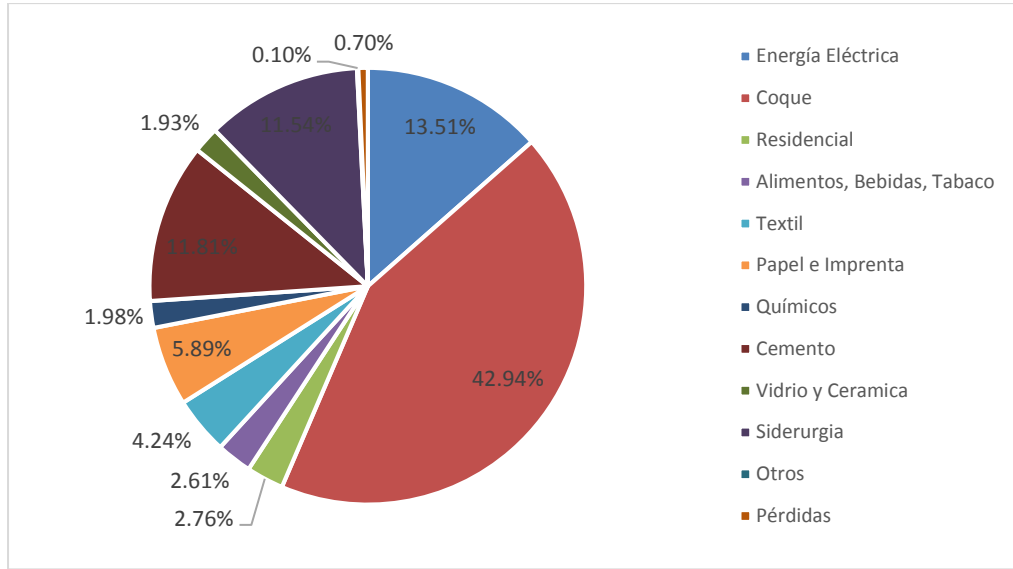
Para el 2015, el precio del carbón térmico para el consumo interno fue de 127.584 COP por tonelada y para el coque fue de 211.368 COP por tonelada; es de anotar que, dependiendo de la región, el productor, la calidad del producto, y la metodología de pago estos precios pueden variar. En la Tabla 2-11, se puede ver la variación de precios del carbón para consumo interno en los últimos 6 años [79].

**Tabla 2-11: Precio de carbón térmico y coque a nivel nacional (COP\$/ton) [79]**

	<b>Carbón térmico</b>	<b>Coque</b>
<b>2010</b>	99.638,85	303.000
<b>2011</b>	111.510	423.833
<b>2012</b>	100.342	317.292
<b>2013</b>	93.167	256.667
<b>2014</b>	119.190	219.120
<b>2015</b>	127.584	211.368



**Figura 2-4: Consumo interno de carbón 2011 [78].**



Para el 2016, Colombia fue el cuarto país que más exportó carbón (83,3 Mt), detrás de Australia, Indonesia y Rusia, el onceavo productor de carbón y el noveno en cuanto a producción de carbón térmico [69]. Colombia abastece principalmente los mercados de Estados Unidos y Europa, generalmente con los carbones del norte del país, los principales destinos son Países Bajos, Estados Unidos, China, Israel, Islas Malvinas, Chile, Francia, España y Taiwán. También se ha venido posicionando en países del Caribe como Republica dominicana, Puerto Rico, Guatemala y Jamaica. En la Tabla 2-12 se puede ver la cantidad de toneladas exportadas por tipo de carbón en los últimos años.

**Tabla 2-12: Exportaciones por tipo de carbón (toneladas) [79]**

	<b>Térmico</b>	<b>Metalúrgico</b>	<b>Antracita</b>
<b>2011</b>	78.198.583,00	1.460.797,00	1491,59
<b>2012</b>	74.060.060,08	1.554.912,95	589,48
<b>2013</b>	73.409.550,16	1.347.217,23	890,36
<b>2014</b>	85.679.365,86	1.438.153,42	519,38
<b>2015</b>	71.369.643,68	1.417.804,49	2728,1

Para el segundo trimestre del 2017, la explotación de minas y canteras participó con el 6,03% del PIB total del país (8,27 billones de pesos), presentando un incremento del 0,47% con respecto al trimestre anterior. El sector minero en particular aportó el 1,90% (2,61 billones de pesos) y el carbón contribuyó con el 1,24% con respecto al PIB total, (1,70 billones de pesos) [80]. La caída del precio de los diferentes tipos carbón en el mercado internacional han influido en la disminución de la participación del carbón en el PIB del país, a pesar del incremento que se ha presentado en los últimos años tanto en cantidad de carbón producido como exportado.

La asociatividad y el cooperativismo en el gremio minero tiene varios objetivos, pero generalmente se realizan con el fin de prestar asesoría técnica, administrativa y jurídica a lo largo de toda la cadena productiva del carbón, especialmente en las etapas de transporte y comercialización del producto; en algunos casos la principal motivación es la presión y el riesgo de perder la mina. Los mineros pequeños y artesanales no muestran interés por asociarse en cooperativas, puesto que no identifican los beneficios de asociarse comparado con los costos de hacerlo, las experiencias anteriores no han sido exitosas, se evidencia que han primado intereses individuales, no hay claridad en la función de las asociaciones, creen que pierden el control de su mina y la desigualdad de condiciones socio culturales entre los asociados dificulta la labor de las asociaciones. Por otro lado, la mediana minería tiene más conciencia de los beneficios de asociarse y buscan lograr mejores condiciones en las negociaciones de comercialización y servicios. Algunas de las asociaciones y cooperativas son ASOCARBON (Norte de Santander), ASOMICSI (Antioquia), Colcarbex (Cúcuta), CARBOPAZ (Boyacá), CARBOCOQUE (Cundinamarca), entre otras [81]. En los departamentos donde más asociatividad por parte de los productores de carbón se evidencia es en Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca.

También se cuenta con la Federación Nacional de Productores de Carbón (FENALCARBON), que fue creada en 1997, con el objetivo de propender por la integración, desarrollo y proyección de la industria del carbón en Colombia, actúa como organismo de defensa y apoyo a los productores de carbón desde la etapa de exploración hasta su comercialización y procesamiento. A esta asociación pertenecen 11 empresas carboneras [82].

Con el panorama actual del mercado del carbón a nivel mundial, las empresas colombianas deben ser más eficientes y productivas, para ser competitivas y superar la crisis actual del sector. Sin embargo, para el 2015 fue un jugador importante en el mercado del carbón térmico como se mencionó anteriormente.

## **2.3 Estado actual de la minería de carbón en la Cuenca del Sinifaná**

La Cuenca carbonífera del Sinifaná se encuentra ubicada en el suroeste del departamento de Antioquia (Colombia) y comprende los municipios de Amagá, Angelópolis, Fredonia, Titiribí y Venecia. La economía de la región se basa principalmente en la minería de carbón, la producción de café, el turismo y la ganadería. Se estima que para el 2015, la población total de la cuenca es de 88.708 habitantes [83], la cual puede variar debido a que las personas se trasladan a diferentes minas en la región y se ve afectada en los tiempos de cosecha de café.

Según el último censo minero departamental 2010-2011, la minería de carbón en Antioquia tiene en total 135 unidades de producción, de las cuales sólo el 26.7% tiene título minero

[44]; sin embargo, estudios posteriores han confirmado que son en total 150 unidades de producción de las cuales solo 18,7% tienen título minero [84].

La minería de carbón de la cuenca, jugó un papel muy importante en la industrialización antioqueña, al ser materia prima fundamental para varias industrias, como la cementera y la textil por mencionar algunas. Posteriormente, a principios del siglo XX con el Ferrocarril de Antioquia, se inició el auge de la explotación de carbón en la cuenca del Sinifaná y paralelamente se mejora la situación para el comercio, la agricultura y la ganadería en la región [85]. Según esto, podemos ver que la minería trajo el desarrollo económico y tecnológico a la región, impulsó otras actividades económicas y de una u otra manera era una actividad acogida por la sociedad de la época, lo cual se ajusta un poco a la definición de “desarrollo sostenible”; aunque es de anotar, que para ese entonces los temas ambientales y de seguridad industrial y salud ocupacional no jugaban un papel tan importante como en la actualidad. Por otro lado, al estar cerca de Medellín y sus municipios cercanos, la industria textilera, cementera y cerámica contaba con combustible de calidad y económico, lo cual las hacía más competitivas en el mercado. Lastimosamente, con la entrada del gas natural, las caídas del precio del carbón, la situación de orden público del país, la falta de reinversión en minería por parte de las empresas y propietarios de minas, entre otros factores; fueron los causantes de que esta actividad extractiva dejara de ser jalonadora del desarrollo regional.

En los últimos años, el desarrollo de las operaciones mineras en la región ha estado enmarcado en un contexto de alto riesgo, poco desarrollo tecnológico, bajos encadenamientos productivos, ilegalidad e informalidad, impactos negativos tanto ambiental como socialmente, esto solo por mencionar algunas evidencias. Diferentes estudios realizados en la zona, desde diferentes perspectivas y por distintas entidades, han evidenciado lo anterior. Por ejemplo, Rincón [3] manifiesta la problemática ambiental de la extracción de carbón, lo cual conlleva también a un desequilibrio no sólo del medio ambiente, sino también financiero para los mineros, por los riesgos asociados al incumplimiento de las exigencias manifiestas por la autoridad competente. Posteriormente, Arango, et al [5] mencionan que no se evidencia una correcta aplicación o uso de algunas tecnologías, infraestructuras y estructuras organizacionales y gubernamentales que faciliten el desarrollo y operación productiva sostenible en la región. Por su parte, Zapata Marín [6] menciona que la problemática asociada a la minería del carbón en la Cuenca Carbonífera del Sinifaná es bastante evidente, lo cual se refleja en los problemas sociales, económicos y ambientales de la región. Lo anterior, solo por mencionar algunos de los estudios realizados que evidencian la situación de la Cuenca del Sinifaná y de todos ellos se puede concluir que evidentemente la cuenca presenta una problemática técnica, económica, ambiental y social, y que para mejorar estas condiciones es necesario un esfuerzo conjunto de todos los actores involucrados en la actividad minera.

### 2.3.1 Aspectos Técnicos

La porción con carbones de la cuenca del Sinifaná cubre únicamente una superficie de 75 km<sup>2</sup>. Su espesor total, normalmente, no supera los 560 m. Localmente, se observan espesores superiores que pueden alcanzar 1.500 m [86]. El carbón de la cuenca es principalmente extraído para uso térmico y es de tipo bituminoso tipo B, C dependiendo de la región; las características de estos se pueden ver en la Tabla 2-13. El carbón de la zona se comercializa principalmente en 4 tamaños: cocina (mayor a 5 cm), granulado (entre 5 y 2,5 cm), almendra (entre 2,5 y 1 cm) y ripio (menor de 1 cm).

Tabla 2-13: Características del carbón de la zona [87]

Región		Venecia/Fredonia	Amagá/Angelópolis	Titiribí
<b>Poder calorífico (btu/lb)</b>		10.426	9.682	11.767
<b>% Humedad</b>		7,25	13,16	11,64
<b>% Azufre</b>		0,48	0,55	0,72
<b>% Ceniza</b>		8,11	11,96	7,92
<b>Ligníticas</b>	<b>Fouling</b>	0,8	0,43	0,12
	<b>Slagging</b>	0,23	0,14	0,26
<b>Relación ácido/base</b>		0,41	0,22	0,33
<b>Valor máximo de índice de molienda</b>		50	48	108

La producción de carbón de la Cuenca del Sinifaná para el 2016 fue de 144,580 toneladas [88]. El 77% de la producción es realizada por unidades mineras legales, pero con índices aceptables de productividad (1,6 ton/hombre turno). El 33% restante, es producido por minas informales o ilegales, con índices de productividad muy bajos (0,56 ton/hombre turno), lo que conlleva a altos costos de producción, bajos rangos de utilidad, poca inversión en minería y altos riesgos de seguridad, sin contar con los altos impactos ambientales y sociales generados y que no son mitigados [84].

Tabla 2-14: Unidades mineras de la cuenca del Sinifaná [84]

Municipio	Total Minas	Inactivas	Activas
Amagá	94	48	46
Angelópolis	178	98	80
Fredonia	16	11	5
Venecia	23	12	11
Titiribí	25	17	8
Total	336	186	150

**Tabla 2-15: Unidades mineras activas de la cuenca del Sinifaná [84]**

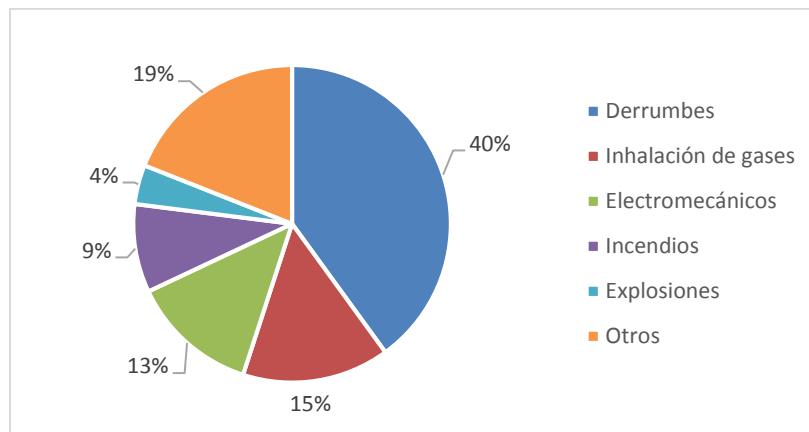
Municipio	Activas		
	Sin Título	En trámite	Con título
Amagá	36	3	7
Angelópolis	69	8	3
Fredonia	0	0	5
Venecia	6	0	5
Titiribí	0	0	8
<b>Sub-Total</b>	111	11	28
<b>Total</b>	<b>150</b>		

**Tabla 2-16: Producción de Carbón en 2013 por municipio [89]**

Municipio	Producción (Ton)
Amagá	94.165,54
Angelópolis	1.156,04
Fredonia	1326,00
Venecia	1.475,6
Titiribí	10.535,88
<b>Total</b>	<b>108.659,06</b>

La minería en esta región es en su mayor parte subterránea, poco tecnificada y de alto riesgo para sus trabajadores. Los métodos de explotación más comunes en la zona son: ensanche de tambores, cámaras y pilares y tajo largo con derrumbe dirigido. Además, los métodos de arranque de material más utilizados son: perforación y voladura, y arranque manual (martillo neumático, picos y palas). Estos métodos han sido utilizados por muchos años con unos altos índices de accidentalidad y riesgos para los trabajadores. Los riesgos más comunes en las operaciones mineras son subsidencia, accidentes por explosiones de atmosferas explosivas, caída de rocas, derrumbes, altas concentraciones de gases y accidentes electromecánicos (Ver Ilustración 2-1) [90].

**Ilustración 2-1: Causas de emergencias (2005-2014) [90]**



La cadena de suministros de la cuenca cuenta con ocho eslabones principales:

- Compra a proveedores
- Exploración
- Explotación
- Beneficio y transformación
- Almacenamiento
- Distribución y medios de transporte
- Comercialización
- Clientes y uso final.

En todos ellos se identifican oportunidades de mejora para lograr un desempeño óptimo en la actividad extractiva, mejorar las ganancias y atraer inversionistas a la región [5]. Por ejemplo, en la región es muy poca o nula la exploración que se hace, se explota el mineral donde ya están confirmadas las reservas, presenta bajos rendimientos en la etapa de explotación, no todas las empresas clasifican por tamaño el producto y muestrean periódicamente el producto en laboratorios certificados, por lo tanto no se le da un gran valor agregado al producto; los puntos de acopio y almacenamiento de carbón en muchos casos no es el adecuado, el pequeño minero no vende su producto al comprador final sino a intermediarios, debido a la capacidad de financiación, negociación y por comodidad, y son estos últimos quienes quedan con altos márgenes de ganancia a bajo riesgo, por mencionar algunos. En general, no hay una buena planificación y administración de los recursos.

### 2.3.2 Aspectos Económicos

En 2011, las reservas probadas de carbón en Antioquia eran de aproximadamente 87,1 millones de toneladas [89] (Ver Tabla 2-17). En 2012, la minería aportó el 2,32% del Producto Interno Bruto, 1,54% corresponde a la minería de carbón, de la cual el 0,167% es del departamento de Antioquia [78]. Para el 2014, el aporte fue del 2,1% y el aumento en la producción de carbón fue 3,6% (88,6 Millones de toneladas) [91]. Los principales consumidores de este carbón son industrias en Medellín y sus alrededores y del Valle del Cauca.

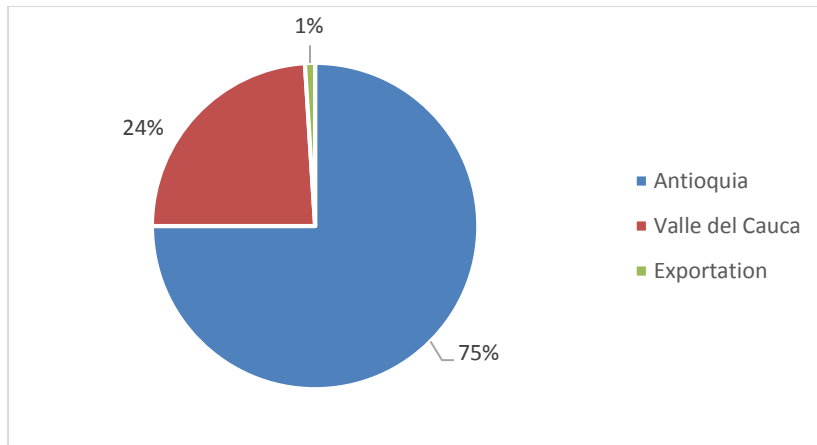
Tabla 2-17: Recursos y reservas de carbón en Antioquia (Mt) [72]

Área	Recursos más reservas básicas			Recursos hipotéticos	Potencial	Tipo
	Medidas	Indicadas	Inferidas			
Venecia-Fredonia	8,61	40,14	16,87		65,62	T
Amagá-Angelópolis	9,89	63,64	92,33	25,39	191,24	T
Venecia - Bolombolo	57,84	84,80	18,75		161,39	T
Titiribí	10,68	37,25	4,45	1,07	53,45	T
<b>Total</b>	<b>87,02</b>	<b>225,83</b>	<b>132,40</b>	<b>26,45</b>	<b>471,70</b>	

En el caso específico de la minería de carbón, que es una fuente energética y materia prima fundamental para otras industrias, su valor en el mercado debe ser tal que pueda dejar una rentabilidad a la empresa minera que lo extrae y que a su vez sea rentable para las demás industrias que lo adquieren como insumo y así no lo reemplacen por otro tipo de fuentes de energía. Por lo que los costos de producción juegan un papel importante en dicha rentabilidad, y se deben controlar, pero sin descuidar la seguridad y las buenas prácticas en el proceso de extracción. Es ahí donde la cercanía de la Cuenca carbonífera al Valle de la Aburrá, constituye una ventaja al estar más cerca de los consumidores, reduciendo costos de transporte.

En cuanto al mercado del carbón de la Cuenca se tiene poca información, pero se sabe que el consumo interno se divide en sector industrial (Cemento, textil, ladrillos, química, alimentos y papel) y termoeléctricas; también se exporta una pequeña porción de la producción (Ver Ilustración 2-2).

**Ilustración 2-2: Distribución del consumo de carbón de la Cuenca del Sinifaná [92]**



**Tabla 2-18: Precios internos de carbón y coque [89]**

	Carbón Térmico (\$ Corrientes / t)	Carbón Térmico (US\$ / t)	Coque (\$ Corrientes / t)	Coque (US\$ / t)
<b>2006</b>	62.000	55	205.000	110
<b>2007</b>	75.233	37	258.000	129
<b>2008</b>	114.218	47,42	189.000	78,47
<b>2009</b>	94.359	43,14	149.000	68,12
<b>2010</b>	99.639	52,47	303.000	159,56
<b>2011</b>	111.510	60,37	423.833	229,46
<b>2012</b>	100.342	55,81	317.292	176,49
<b>2013</b>	93.167	49,85	256.667	137,32
<b>2014</b>	119.190	59,59	219.120	109,54
<b>2015</b>	127.584	46,54	211.368	77,05

La forma de comercialización del producto final puede ser directamente de la mina al consumidor, o de la mina a un intermediario y del intermediario al consumidor final. Y es acá donde se cree que radica uno de los grandes frenos del desarrollo de la región. El papel de los comercializadores o intermediarios, en la región es de comprar cierta cantidad de carbón en diferentes unidades mineras a un bajo costo y vender el producto al consumidor final por un precio más alto, obteniendo toda la ganancia con el mínimo riesgo y esfuerzo. Muchas veces estos intermediarios compran el carbón de minas informales a muy bajo costo, ofreciéndole bajas garantías al minero, lo hacen pasar como producción de títulos formales y finalmente lo venden al consumidor final, a quien le es muy difícil darse cuenta de la real procedencia del material. Esta situación, permite que la ilegalidad e informalidad persista en la zona, ya que el margen de rentabilidad del minero no le permite realizar inversiones tecnológicas, en materia de seguridad o pagar la seguridad social de sus empleados y lo condena a una minería de subsistencia. Es importante mencionar también, que no se cuenta con una regulación o control gubernamental efectivo que vigile y evite que esta situación siga ocurriendo.

Los precios del carbón en la región varían según el comprador final, el productor, el intermediario, la modalidad y plazos de pago y el tamaño de grano del mineral. Sin embargo, a nivel nacional se tiene un precio interno para el precio del carbón según su tipo (ver Tabla 2-18). También, es relevante mencionar que, en la región, la estadística de la información de producción, precios, consumidores, accidentalidad y demás información minera, es escasa, fragmentada, no es constante en el tiempo y en algunos casos no es de fuentes confiables. Lo cual genera desinterés en inversionistas pues no es recomendable tomar decisiones con estos sesgos de información.

### **2.3.3 Aspectos Sociales**

Como se mencionó anteriormente, la población total de la cuenca es de aproximadamente 88.708 habitantes [83]. La mayor concentración de la población se encuentra en el municipio de Amagá (33,7%) (Ver Tabla 2-19). El 50,79% de la población son hombres, de los cuales el 56,4% de ellos está en capacidad de desempeñar labores mineras. En cuanto a las mujeres, del 49,21% de la población, el 40,3% está en capacidad de trabajar [93]. Según información recibida por la Gobernación de Antioquia, en la cuenca del Sinifaná, la minería emplea de forma directa 3250 personas, genera unos 9000 empleos indirectos y cerca de 20000 personas dependen de esta actividad de una u otra manera. Además, de todos los empleos que genera la minería el 71,9% proviene de la pequeña minería legal e ilegal [2].

En la cuenca se cuenta con gran fuerza de trabajo dispuesta a trabajar en las explotaciones mineras de carbón, pero es necesario ver el trabajador minero como un ser humano y no como un instrumento de trabajo que genera un recurso, y esto se logra ofreciéndole unas condiciones de trabajo seguras, concientizarlo de los beneficios de realizar sus actividades de forma adecuada, capacitándolo en la labor que realiza y ofrecerle todos los beneficios



a los que tiene derecho un empleados (caja de compensación, seguridad social y afiliación a riesgos profesionales) [94].

**Tabla 2-19: Distribución de la población en la cuenca del Sinifaná [83]**

<b>Municipio</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Amagá	29.555	33,7
Angelópolis	8.946	10,2
Fredonia	21.561	24,6
Venecia	13.253	15,1
Titiribí	14.393	16,4
<b>Total</b>	<b>87.708</b>	<b>100</b>

En la región se evidencia pobreza y descomposición social, lo cual puede influir en la cultura de la ilegalidad y la informalidad en las explotaciones mineras. Debido a las necesidades insatisfechas las personas deben aceptar trabajos en condiciones precarias y poco seguras; también se evidencia una cultura en la informalidad, donde los empleados no quieren cumplir horarios de trabajo, no tienen un respeto por la autoridad y el cumplimiento de órdenes, sumado a que están acostumbrados a recibir los pagos semanales y no mensuales o quincenales como en las empresas formales, sin contar con la diferencia en la cantidad de dinero recibida. Por lo que es necesario considerar esta cultura y visión de este tipo de mineros, mostrándoles tanto a productores, como trabajadores y compradores los beneficios individuales y grupales de realizar la extracción y comercialización de manera legal.



## **3. Indicadores de Sostenibilidad y Minería**

Como se mencionó anteriormente, la actividad minera está estrechamente ligada al desarrollo sostenible, ya que impacta transversalmente los tres aspectos principales de este: Sostenibilidad ambiental, socio-cultural y económica. Por lo tanto, se hace necesario cada vez más identificar cuáles son los aspectos a mejorar y cómo lograr impactar positivamente las regiones donde se realiza la actividad y promover un desarrollo sostenible regional.

También es claro que mediante indicadores de sostenibilidad es posible identificar los puntos débiles de la industria, los gobiernos y las comunidades; medir el progreso de las medidas correctivas o planes de mejora hacia el desarrollo sostenible; tomar decisiones a nivel gubernamental o empresarial sobre el manejo y distribución de los recursos.

### **3.1 Indicadores de sostenibilidad**

Toda industria o actividad económica genera impactos ambientales, sociales y económicos en las regiones donde se lleve a cabo; y por supuesto, la minería no es ajena a este fenómeno, de ahí que sea necesario medir el impacto causado y poder determinar si se está contribuyendo o no al desarrollo sostenible de su región, en qué medida lo hace y que aspectos se hacen necesarios mejorar para alcanzar los objetivos trazados.

Para poder medir o cuantificar estos impactos, se utilizan indicadores de sostenibilidad, ya que estos permiten identificar y medir las variables más representativas que permitan alcanzar un desarrollo sostenible a partir de la actividad económica que se quiera evaluar, en este caso la minería. También ayudan a entender los puntos de vista de los diferentes actores involucrados y sirven como guía para la implementación, monitoreo y medición de estos aspectos [42].

Como se mencionó en el literal 1.7, los indicadores que se vayan a implementar deben tener en cuenta y ser consecuentes con la particularidad de la región y la actividad que se desee evaluar. Estos indicadores deben estar en la capacidad de facilitar la comparación y difusión de datos, información y conocimiento, y presentarlos de manera tal que todos los actores del sector puedan comprenderlos satisfactoriamente. En la medida que un marco de indicadores sólidos pueda contribuir a estos factores y liderar una mejor política y gestión de decisiones, puede ser una herramienta para construir relaciones de confianza entre las comunidades, el gobierno y las empresas mineras; y apoyar la inversión en el

sector [95]. Los sets de indicadores también le dan la oportunidad al sector privado de medir, monitorear y comunicar su desempeño con respecto a su contribución al desarrollo sostenible [96]

Desarrollar o implementar indicadores de sostenibilidad a nivel nacional, puede contribuir a incrementar el entendimiento de cómo la industria extractiva de minerales afecta positiva o negativamente el desarrollo sostenible [97]. Hacerlo a nivel regional o local, puede hacer mucho más clara la relación sobre lo que está realmente sucediendo en el área específica impactada por la operación y ampliar la visión que se tiene a nivel nacional. Es de esperar que los resultados entre uno y otro sean diferentes debido a la escala, necesidades y visiones de la región. La vinculación de indicadores de escala local a escala nacional a través de un marco común brinda la oportunidad de captar efectos acumulativos durante largos períodos o amplias regiones y resaltar las influencias de sistemas y políticas humanas y ecológicas que operan a diferentes escalas [95].

Algunos de los sets de indicadores de sostenibilidad más implementados se explicarán en los siguientes literales.

### **3.1.1 Comisión de desarrollo sostenible (CSD) [56]**

La Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas fue creada en la Asamblea General de las Naciones Unidas en diciembre de 1992, para garantizar un seguimiento del progreso en el cumplimiento de objetivos de las conferencias de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Cumbres de la tierra). Es de anotar, que, en el 2013, esta comisión fue reemplazada por el Foro Político de Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible (High- Level Political Forum on Sustainable Development - HLPF) [98]

Esta comisión desarrolló en 1996 unos indicadores, los cuales han sido suficientemente evaluados, aplicados y usados en muchos países, incluso para diseñar sus propios indicadores de desarrollo sostenible. Los indicadores CSD buscan evaluar el progreso hacia un desarrollo sostenible en general del país dependiendo de sus características, cubre un rango más amplio del desarrollo sostenible.

Los indicadores CSD están directa o indirectamente relacionados con la Agenda 21 y el Plan de Implementación de Johannesburgo (Producto de la Cumbre de la Tierra realizada en Johannesburgo -Sudáfrica, en 2002) lo cual los hace válidos para evaluar el desempeño de un país tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, no son válidos para medir la implementación de una acción específica dentro de alguno de esos acuerdos.

En 2005, se inició un proceso de revisión, teniendo en cuenta los indicadores para medir el progreso hacia los Objetivos del Milenio (Millenium Development Goals)<sup>2</sup> establecidos

---

<sup>2</sup> Los MDGs fueron reemplazados en la Conferencia de desarrollo sostenible de Naciones Unidas "Rio+20" en 2012 por los Sustainable Development Goals (SDGs)

en la Declaración de los Objetivos del Milenio en el año 2000 por las Naciones Unidas y las decisiones tomadas en la Cumbre Mundial del Desarrollo Sostenible realizada en 2002. Se hicieron modificaciones para fortalecer los indicadores a nivel nacional, de acuerdo con las condiciones y prioridades requeridas, tratando de hacer coincidir los indicadores de la CSD con los del MDGs, y se invitó a la comunidad internacional a brindar apoyo a los países que lo necesitaban, dado que en los años anteriores algunos países y organizaciones habían adquiridos experticia en la aplicación de los indicadores y en la medición del progreso hacia el desarrollo sostenible. En octubre del 2007 se publicó la tercera y última revisión hasta ahora de los indicadores.<sup>3</sup>

En total son 96 indicadores dentro de los cuales se encuentran 50 principales, los cuales cumplen con tres criterios principales: cubran los aspectos relevantes del desarrollo sostenible en la mayoría de los países, provean información relevante que no esté disponible en los otros indicadores principales y que puedan ser calculados con información disponible o fácil de obtener tanto en tiempo como en dinero. Los 46 indicadores restantes, son los que no son relevantes para todos los países o la información necesaria no está disponible o no es fácil de obtener en la mayoría de países.

Los indicadores CSD, se dividen en 4 pilares: sociales, económicos, ambientales e institucionales. Dado que como se vio anteriormente, el desarrollo sostenible es de naturaleza multidimensional y su éxito está en la integración de sus dimensiones. Cada tema está dividido en subtemas, los cuales tienen asociado uno o más indicadores tanto principales como secundarios. Además, es muy común y de esperarse, que un indicador esté relacionado con varios temas.

Los temas que incluyen este set de indicadores son:

- Pobreza
- Educación
- Atmósfera
- Agua potable
- Alianzas Económicas Mundiales
- Gobernanza
- Demografía
- Tierra
- Biodiversidad
- Patrones de Consumo y Producción
- Salud
- Riesgos Naturales
- Océanos, mares y costas
- Desarrollo Económico

### 3.1.2 Objetivos del desarrollo sostenible (SDG) [99]

Estos indicadores fueron diseñados por la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible para medir el progreso hacia el desarrollo sostenible de los países. Puede decirse que estos indicadores son una continuación de los indicadores propuestos por las Naciones

---

<sup>3</sup>United Nations, Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, Third Edition, UN Sales Publication No. E.08.II.A.2 (New York, October, 2007)

Unidas en los Objetivos del Desarrollo del Milenio y los indicadores propuestos por la Comisión del Desarrollo Sostenible.

En junio del 2015, un grupo interinstitucional y de expertos en indicadores de desarrollo sostenible se reunieron para iniciar el diseño técnico del set de indicadores que ayudaran a implementar, hacer seguimiento del progreso a nivel local, regional y global en el cumplimiento de los 17 objetivos de desarrollo sostenible. También contaron con la participación de expertos de la Organización de las Naciones Unidas, instituciones académicas, civiles y sociales, industria y oficinas nacionales de estadística. La siguiente revisión de los indicadores se realizó en julio del 2016 por el Foro Político de Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible, y se espera que en 2018 ya se le pueda realizar un seguimiento preciso y eficaz a los indicadores y países que lo implementen.

Este conjunto cuenta con 100 indicadores globales e indicadores nacionales complementarios. Se dividen en cuatro niveles: Nacional, Regional, Global y Temático, los cuales deben integrarse como un solo paquete y armonizarse entre ellos ya que muchos temas son transversales a todos los niveles y el progreso de unos afecta el progreso de otros. El reporte debe realizarse anualmente si los indicadores van a usarse como herramienta de gestión y planificación a nivel nacional o de seguimiento mundial.

La información suministrada por los países, es almacenada en la base de datos de la Asociación Mundial para el Desarrollo Sostenible, y es utilizada para llenar algunos vacíos de conocimiento en el tema, establecer normas y estándares, elaborar estrategias y movilizar recursos para que los países de todo el mundo puedan mejorar su desempeño y cumplimiento de los objetivos propuestos del desarrollo sostenible.

Los 17 objetivos del desarrollo sostenible son:

- Fin de la pobreza
- Hambre cero
- Salud y bienestar
- Educación de calidad
- Igualdad de género
- Agua limpia y saneamiento
- Energía asequible y no contaminante
- Trabajo y crecimiento económico
- Industria, innovación e infraestructura
- Reducción de las desigualdades
- Ciudades y comunidades sostenibles
- Producción y consumo responsable
- Acción por el clima
- Vida submarina
- Vida de ecosistemas terrestres
- Paz, justicia e instituciones sólidas
- Alianzas para lograr los objetivos.

### **3.1.3 Hacia una minería sostenible (TSM) [100]**

Estos indicadores fueron desarrollados por la *Mining Association of Canada*, en el 2004. Es un sistema de herramientas e indicadores que ayuda a las compañías mineras a

mantener una mejora constante de sus operaciones, facilitar la evaluación y manejo de los impactos ambientales y las responsabilidades sociales, suministrar resultados a las comunidades de interés con transparencia y garantizar que los riesgos mineros más importantes son gestionados con eficacia.

Las compañías que deseen pertenecer a la Asociación deben cumplir con los 6 principios que establecen los protocolos:

- Divulgación a los aborígenes y comunidades
- Planificación de la gestión de las crisis
- Seguridad y salud
- Gestión y conservación de la biodiversidad
- Manejo de relaves
- Uso de energía y manejo de emisiones de gases invernadero

Este set consta de 23 indicadores agrupados en grupos de 3 a 5 indicadores por protocolo. Su implementación requiere de personal con un nivel de experticia en auditoría y evaluación de sistemas, conocimiento y experiencia en cada uno de los temas de los protocolos. Estos protocolos ayudan a indicar el nivel de implementación del sistema de gestión para cada tema de los indicadores, pero no garantizan la eficacia del dicho sistema. Los indicadores se califican por niveles siendo C, B, A, AA, AAA, donde C es la calificación más baja y AAA la más alta [100].

Las compañías que hacen parte de la asociación, deben generar un reporte anual de cada protocolo, y cada seis años se realiza una interventoría por parte de un ente externo para validar los procedimientos y la información. Las compañías canadienses que deseen incluir sus filiales en otros países lo pueden hacer.

Con la implementación de estos indicadores, las compañías pueden: evaluar de manera constante su rendimiento a través de los reportes, identificar las mejoras en áreas clave a través de los años, identificar los puntos de mejora del sistema de gestión y su rendimiento, mejorar la capacidad de la empresa para controlar e incrementar el rendimiento, establecer una línea base de los riesgos de la operación y valorarlos, informar a las comunidades como la compañía está dando el manejo a estos temas relevantes.

### **3.1.4 Iniciativa de reporte global (GRI)**

La Iniciativa de Reporte Global es una organización independiente que ayuda a la industria, los gobiernos y organizaciones a entender y comunicar el impacto que las actividades de las empresas tienen sobre los diferentes temas críticos de la sostenibilidad (cambio climático, derechos humanos, corrupción y otros). Desde finales los años noventa esta organización ha desarrollado este tipo de reportes de sostenibilidad, actualmente se usa por el 93% de las compañías más grandes [101].

La GRI nace en 1997 en Boston con el apoyo de la Coalición de Economías ambientalmente responsables (CERES), el Instituto Tellus y el Programa Medio Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP); inicialmente sólo se iban a encargar de temas ambientales de las compañías, pero en 1998 el comité directivo, se interesó en trabajar otros temas como sociales, económicos y de gobernabilidad. En el año 2000 diseñan su primer guía para la presentación de reportes de sostenibilidad. En el año 2002 lanzan en la Cumbre de la tierra de Johannesburgo, la segunda versión de la guía. En el 2006, la GRI realiza la primera conferencia mundial de sostenibilidad y transparencia: “Reporting: A measure of sustainability”, cuentan con la participación de diferentes actores de interés de 68 países, y donde lanzan la tercera versión de la guía. En 2011, incluyen una guía específica para el sector de Minería y Metales. En 2013, en la cuarta conferencia: “Information – Integration- Innovation” lanzan la cuarta y última versión de la guía hasta ahora [102].

Los estándares del GRI, se desarrollaron para medir el desempeño de las compañías independiente del tamaño, sector o ubicación, las cuales pueden compararse a nivel mundial, esta comparación favorece la accesibilidad y la comparabilidad de la información que se incluye en los reportes, lo cual ayuda en la toma de decisiones. Esta metodología cuenta con varios elementos distintivos [52]:

- Contribución de diferentes actores
- Amplio uso en empresas de diferentes áreas y almacenamiento de todos los reportes
- Referencias y acciones gubernamentales para cumplir sus objetivos de sostenibilidad
- Independencia de los estándares debido a que pertenecen a una organización sin ánimo de lucro, financiada por diferentes fuentes (gobiernos, empresas, fundaciones, entre otras)
- Comparte los costos de desarrollo entre varios usuarios, colaboradores

La guía para el sector minero y metalúrgico incluye temas como el control, uso y manejo del suelo, la contribución al desarrollo económico y social de la nación, compromisos con las comunidades y grupos de interés, relaciones laborales, manejo ambiental, relacionamiento con la minería pequeña y artesanal y enfoque integrado para el uso de minerales [103]

Este set en general cuenta con 92 indicadores, divididos en 4 categorías: Enfoque de Gestión, Economía, Medio Ambiente y Desempeño Social. Los cuales pueden ser utilizados en organizaciones grandes y pequeñas [49]. Sin embargo, la guía específica para minería y metales, cuenta con 58 indicadores, algunos de estos corresponden a la guía general y otros son específicos para el sector [103].



## 3.2 Objetivos del Desarrollo Sostenible y la minería

En 2015, después de diferentes jornadas de trabajo entre gobernantes, jefes de estado, académicos y expertos en diferentes temáticas relacionadas con el desarrollo sostenible, la Asamblea General de las Naciones Unidas decide aprobar la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” [104]. La cual se considera como un plan de acción que debe ser implementado por los países y partes interesadas en forma de alianza, y que favorece a las personas, al planeta y la prosperidad. Esta agenda ésta basada en 17 ODS (mencionados anteriormente en la introducción) y 169 metas, los cuales están integrados y articulados con las tres dimensiones del desarrollo sostenible; el progreso de esta agenda, será evaluado mediante indicadores de sostenibilidad y serán los gobiernos los encargados de hacer un seguimiento de este progreso a nivel mundial, nacional y regional.

Para lograr el cumplimiento de los ODS, se deben tener en cuenta los principios en los cuales éstos están fundamentados: 1. Son de carácter integrado e indivisible, 2. Son universales y 3. Deben garantizar que nadie que se quede atrás [105]. Lo anterior, significa que las tres dimensiones del desarrollo sostenible deben trabajarse conjuntamente, aplican para todas las regiones y países del planeta sin ninguna excepción y deben incluir a todas las personas y sociedades, en especial a los más vulnerables.

Ahora bien, los gobiernos y las industrias son los principales actores llamados a trabajar conjuntamente y apoyar a los países menos desarrollados, en el logro de estos objetivos. Por ende, la industria minera no es ajena a esta iniciativa, ya que, de una u otra manera, podría contribuir negativamente al cumplimiento de estos objetivos, pues genera degradación ambiental por malas prácticas tanto en la operación como en el cierre de las minas, desplazamiento de poblaciones humanas y de especies animales, desigualdades sociales y económicas, conflictos armados y sociales, corrupción, entre otros impactos. De esta manera, se insta a que todas las compañías, indiferentemente del tamaño, tipo de mineral a explotar, o región, debe propender a que sus actividades y operaciones, promuevan y ayuden a los territorios donde están ubicados, a alcanzar el cumplimiento de estos objetivos o por lo menos, a mejorar su desempeño en pro de ello; por lo que deben reevaluar sus prácticas extractivas, su relación con los actores y los impactos generados en los territorios.

Sin embargo, cada actor involucrado en el sector extractivo de minerales, tiene su papel y sus responsabilidades definidas y ninguno ellos deben reemplazar o tomar el papel de otro; por ejemplo, es responsabilidad de los gobiernos los temas de legislación, regulación y políticas públicas del sector, articular y fortalecer sus instituciones para ejercer sus labores de regulación y control, además de proveer los servicios básicos a las comunidades y velar por el cumplimiento de los derechos humanos, administrar transparente y adecuadamente los recursos; por su parte, las empresas deben propender que sus operaciones sean respetuosas de los derechos humanos, las comunidades y el medio ambiente, que contribuyan a un desarrollo sostenible de la región donde operan y deben cumplir a cabalidad con los compromisos contractuales pactados con el estado (canon superficiario, regalías, impuestos, contraprestaciones y demás). Por otro lado, la comunidad civil

también tiene responsabilidades y roles en cuanto al buen desarrollo de la industria extractiva de minerales, dado que son las llamadas a ser veedoras del desempeño y la transparencia tanto de las empresas mineras, como del gobierno, siempre y cuando esta labor se realice con el debido conocimiento de la actividad extractiva, para así poder promover iniciativas de mejoras en las políticas públicas, alianzas público-privadas, entre otras acciones que con lleven a un desarrollo sostenible que beneficie sus regiones. Como se puede ver, ninguno de los actores puede generar dependencias o reemplazar otro actor dado que sería un escenario insostenible a futuro.

En 2016, el centro de Inversión Sostenible de la Universidad de Columbia, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la Red de Soluciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible y el Foro Económico Mundial, presentaron el resultado de la investigación que realizaron sobre como la minería se relacionaba con los ODS, en el informe llamado “Cartografía de la minería en relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible- un atlas” [105]. En dicho documento, mediante ejemplos de casos exitosos, la experiencia y experticia de las instituciones involucradas, se evidencia como buenas prácticas en la industria minera, pueden efectivamente, contribuir con el cumplimiento de los objetivos; también se plantean oportunidades de mejora a lo largo de todas las etapas de un proyecto minero. Sin embargo, es de anotar que el trabajo investigativo que desarrollaron estas instituciones se centra principalmente en la gran minería, y solo aborda la minería pequeña y artesanal cuando coexisten o se relacionan directamente.

Algunas de las conclusiones a las cuales se llegó con la investigación realizada por estas instituciones, son:

- *“La industria minera tiene tanto la oportunidad, como el potencial necesario para contribuir positivamente al logro de los 17 ODS”* [105]: esto se puede lograr a través de la generación de empleo, construcción y mejoramiento de infraestructura, desarrollo de diferentes industrias, disminuyendo los impactos ambientales, solo por mencionar algunos aspectos. Sin embargo, también puede tener grandes impactos negativos en el cumplimiento de éstos, ya que puede aumentar la brecha de desigualdad social y económica, corrupción, degradación ambiental y social, entre otros. Es importante mencionar que en las últimas décadas la industria minera ha realizado grandes esfuerzos para mitigar o disminuir los impactos negativos en diversos aspectos, causados en los territorios.
- *“A pesar de la diversidad que caracteriza a la industria de la minería, el alcance y la naturaleza de las actividades mineras más habituales ponen de relieve algunas oportunidades compartidas para impulsar a los ODS y contribuir a su consecución”* [105]: Esto es, que independiente de las particularidades sociales, políticas, ambientales o técnicas, la industria minera tiene la oportunidad de contribuir en sus territorios al cumplimiento de los ODS, teniendo en cuenta, desde luego, las singularidades de la región donde opera: características, necesidades y participación de las comunidades. También, recomienda que

para iniciar con el proceso de armonizar la operación con los ODS, se deben tener en cuenta primeramente, aquellos objetivos relacionados con la inclusión social, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico.

- ODS: 1. Fin de la pobreza
  - ODS 5. Igualdad de Género
  - ODS 6. Agua limpia y saneamiento
  - ODS 7. Energía asequible y no contaminante
  - ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico
  - ODS 9. Industria, innovación e infraestructura
  - ODS 10. Reducción de las desigualdades
  - ODS 12. Producción y consumo responsable
  - ODS 13. Acción por el clima
  - ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres
  - ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas
- 
- *“Lograr un desarrollo sostenible constituye un desafío complejo, y la industria de la minería debe intensificar su participación, sus alianzas y su diálogo con el resto de los sectores industriales, los gobiernos, la sociedad civil y las comunidades locales” [105]: lo cual significa que las empresas mineras deben buscar estrategias para crear alianzas con todos los actores involucrados y generar relaciones basadas en la confianza, respeto, inclusión y transparencia principalmente en la relación gobierno – empresa – comunidades, todo esto, con el fin de que de manera mancomunada se pueda alcanzar el cumplimiento de los objetivos.*

Teniendo en cuenta la revisión que se realizó de los paquetes de indicadores de sostenibilidad, con cada una de sus características y alcances, las necesidades y particularidades de la cuenca del Sinifaná y el trabajo realizado por el Centro de Inversión Sostenible de la Universidad de Columbia, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la Red de Soluciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible y el Foro Económico Mundial (La cartografía de la minería en relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible- un atlas), se seleccionaron los ODS como el paquete de indicadores más apropiado para la implementar en la cuenca del Sinifaná.

## **4.Propuesta de indicadores de sostenibilidad y estrategias para el desarrollo sostenible en la Cuenca del Sinifaná**

Teniendo en cuenta la situación actual de la minería de carbón en la cuenca del Sinifaná y la relación que tiene esta actividad con el desarrollo sostenible, se hace necesario proponer estrategias que posibiliten la evaluación del impacto que la minería tiene en la región, enfocado hacia el avance del desarrollo sostenible regional. En este caso, se propone el levantamiento de indicadores de sostenibilidad, que permitan conocer el impacto que la actividad minera genera en el territorio y el detalle, de cuales aspectos son los que presentan más falencias u oportunidades de mejora, que permitan en futuras investigaciones, diseñar e implementar planes de acción en pro de que la minería sea un actor que apalanque el desarrollo sostenible de la región.

### **4.1 Metodología:**

Para la elaboración de esta propuesta para el levantamiento de indicadores de sostenibilidad en la cuenca del Sinifaná, se realizó inicialmente una caracterización de las condiciones actuales de la minería subterránea de carbón y la cuenca del Sinifaná, esto mediante revisiones bibliográficas, visitas de campo a la zona y entrevistas con diferentes actores involucrados en el sector. Posteriormente, se hizo una revisión bibliográfica sobre indicadores de sostenibilidad, buscando los que más se ajustaran a las condiciones particulares de la cuenca, que permitieran medir el impacto de la actividad en el territorio y que a su vez ayudaran a los gobiernos locales y regionales, y demás actores, a tomar decisiones que conlleven al mejoramiento de las condiciones económicas, ambientales y sociales de dicho territorio. Después de seleccionar el set de indicadores, que se consideraron, cumplían con los requisitos anteriores, se prosiguió con la evaluación de cuales, de todos los indicadores disponibles en el set, eran los más adecuados y relevantes para la región, teniendo en cuenta las características y necesidades del territorio, desde diferentes puntos de vista y la disponibilidad de información para el levantamiento de los indicadores. Finalmente se plantearon escenarios y acciones que involucran a los diferentes actores del sector, con el fin de mejorar el desempeño de la actividad minera y su participación en el desarrollo sostenible de la región.

Al tratarse de una investigación cualitativa, ya que se busca describir o abordar una realidad con cierta subjetividad y comprender con profundidad el fenómeno de estudio

desde el punto de vista de los propios sujetos implicados, más que predecirlos o explicarlos [8] [106] [107], se aplican técnicas de consenso, cuya finalidad es alcanzar acuerdos en temas de interés sobre los cuales no hay información concluyente o es difícil de obtener, por lo que se requiere adoptar decisiones o determinar acciones que ayuden a solucionar o entender el fenómeno [8].

Las investigaciones cuantitativas de datos, se asumen verídicas porque los resultados han sido obtenidos mediante metodologías o procedimientos muy elaborados y analizados con técnicas complejas de análisis [107]. Sin embargo, las investigaciones cualitativas, tienen dos características principales y son: la selección de los expertos participantes y favorecer la triangulación de la información, o sea, con grupos de personas similares y de forma independiente, contrastar puntos de vista y valoraciones para asegurar la validez de los resultados obtenidos [8]. En cuanto a la selección de los participantes, este tipo de investigación permite realizar la elección teniendo en cuenta los conocimientos, experiencias o características profesionales o personales de los sujetos [8]; además, las técnicas de consenso no llevan un diseño muestral estricto en cuanto a la selección y el número de los participantes [108].

## 4.2 Resultados:

El resultado de la caracterización de las condiciones actuales de la minería subterránea de carbón y la cuenca del Sinifaná, se expuso en el literal 2.3. Es importante mencionar que el acceso a la información estadística, tanto técnica, como económica y social es escasa, fragmentada, limitada, en algunos casos no es actualizada y en otros no proviene de fuentes confiables. Lo cual genera limitaciones para cualquier investigación que se quiera realizar en la región, a los inversionistas en interesarse en proyectos mineros en la zona y al gobierno en el diseño de políticas públicas y proyectos adecuados para la región.

Posteriormente, con el conocimiento de las particularidades de la región, se realizó la revisión bibliográfica de los indicadores de sostenibilidad que más se ajustaran a las condiciones de la cuenca y al objetivo de la propuesta, que es medir el impacto de la minería en el desarrollo sostenible de la región. De dicha revisión, se concluyó que el set de indicadores asociados a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, eran los más adecuados, porque como se mencionó anteriormente (3.1.2 Objetivos del desarrollo sostenible (SDG) , es una iniciativa global, reciente, que articula los tres aspectos del desarrollo sostenible, involucra a todos los sectores económicos y actores, fueron diseñados y evaluados por instituciones y profesionales expertos en el tema, son más enfocados en las necesidades e impactos causados al territorio que en la industria en particular.

Después de concluir que los indicadores de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, eran los adecuados para el objetivo de la investigación, el siguiente paso fue seleccionar cuales de los 17 objetivos eran los que más impacto tenían en la cuenca del Sinifaná y que se relacionaban de una u otra manera con la minería de carbón que se realiza en la región.

Para esto, se realizó una encuesta, dónde se solicitaba al participante que, de acuerdo a su experiencia y conocimiento, seleccionara los 5 Objetivos del Desarrollo Sostenible que consideraba más impacto tenían en la región. La muestra se seleccionó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Que tuvieran conocimiento de causa, esto es, que tuvieran un conocimiento detallado de la actividad minera que se desarrolla en la región y sus condiciones.
2. Que estuvieran relacionados de una u otra manera con la cuenca del Sinifaná y la industria minera, (academia, instituciones gubernamentales, empresas mineras de diferentes tamaños, condiciones legales, empleados con diferentes cargos, empresas prestadoras de servicios, empresas consumidoras del carbón, comunidad local y comercializadores/ intermediarios).

Según el estudio “Cartografía de la minería en relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible- un atlas” [105], la minería artesanal y a pequeña escala, impacta los siguientes objetivos:

- ODS 1: Fin de la pobreza
- ODS 3: Salud y bienestar
- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico
- ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres
- ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, cada territorio tiene sus condiciones particulares, las cuales dependen de diferentes factores: sociales, económicos, ambientales, culturales, políticos y técnicos. Y los resultados obtenidos en la encuesta (Ilustración 4-1), concluyen que según la percepción de los diferentes actores, los 5 objetivos de mayor impacto para la cuenca del Sinifaná y que están relacionados con la minería de carbón que se realiza en la región son:

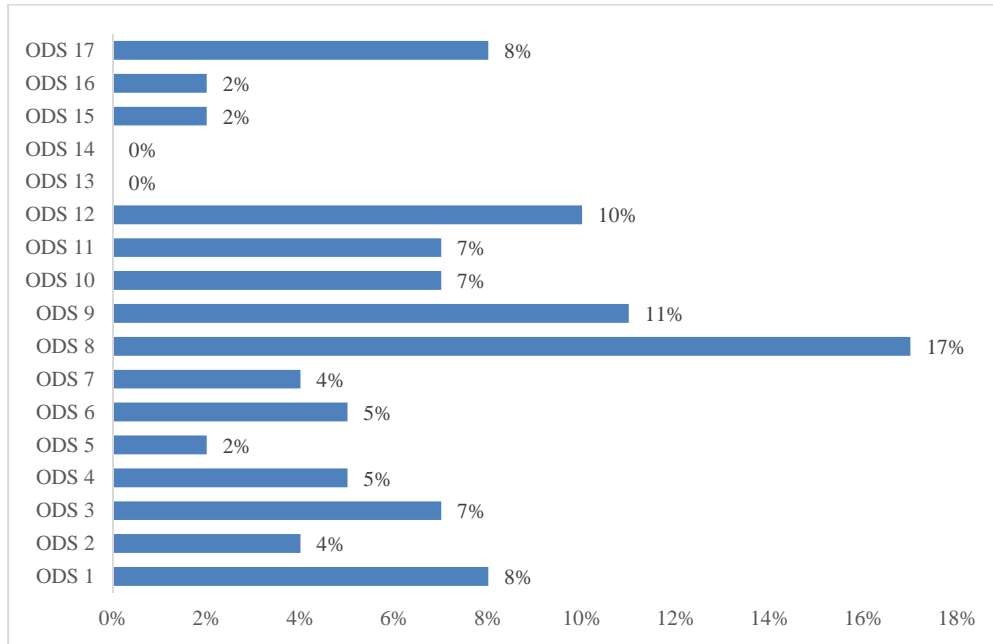
- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico,
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura,
- ODS 12: Producción y consumo responsable,
- ODS 1: Fin de la pobreza
- ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.

Es de anotar, que, en su mayoría estos indicadores también se ajustan a la percepción de varias personas entrevistadas en las diferentes visitas de campo realizadas para conocer el estado actual de la minería en la región y quienes no fueron encuestados. Con lo cual se triangula la información y se pueden validar si los resultados son pertinentes y acordes con la realidad de la cuenca del Sinifaná.

Ahora bien, con los resultados anteriores, se analizaron los indicadores de sostenibilidad asociados a cada uno de estos objetivos y teniendo en cuenta las características de la actividad y la región, las necesidades del territorio y la disponibilidad y acceso a la información se seleccionaron los 5 indicadores más relevantes por cada objetivo (Tabla 4-1). Sin embargo, estos indicadores son muy generales y en algunos casos aplica sólo a

nivel mundial; para este caso particular, algunos de ellos deben ser brevemente modificados, teniendo en cuenta la minería como actividad principal y su implementación a nivel local y regional.

**Ilustración 4-1: Objetivos del Desarrollo Sostenible con mayor impacto en la Cuenca del Sinifaná, relacionados con la minería de Carbón.**



**Tabla 4-1: Indicadores de sostenibilidad asociados a los ODS propuestos para implementar en la cuenca del Sinifaná [109]**

ODS	Indicadores
ODS 8	1. Tasa de crecimiento anual de PIB real per cápita
	2. Proporción del empleo informal en trabajos mineros, por sexo
	3. Tasa de desempleo, por sexo, edad y personas con discapacidad
	4. Proporción y número de niños de 5 a 17 años que participan en trabajo infantil en minería, por sexo y edad
	5. Total del gasto público en programas de protección social y generación de empleo en proporción con el presupuesto nacional y el PIB
ODS 9	1. Cantidad de pasajeros y volúmenes de carga, por medio de transporte
	2. Empleos en minería como proporción del empleo total
	3. Proporción de pequeñas empresas mineras con préstamos o líneas de crédito
	4. Cantidad de emisiones de CO2 por unidad de carbón producido
	5. Inversión en investigación y desarrollo en proporción al PIB en la región
ODS 12	1. Huella material, huella material per cápita y huella material por PIB
	2. Consumo de material doméstico, consumo de material doméstico per cápita y consumo de material doméstico por PIB
	3. Número de empresas que publican informes de sostenibilidad
	4. Cantidad de apoyo en materia de investigación y desarrollo para el consumo y producción sostenibles y tecnologías ecológicamente racionales
	5. Cantidad de subsidios a combustibles fósiles por unidad de PIB (producción y consumo) y como proporción del gasto nacional total en combustibles fósiles.

**Continuación Tabla 4 1: Indicadores de sostenibilidad asociados a los ODS propuestos para implementar en la cuenca del Sinifaná [103]**

ODS 1	1. Proporción de la población que vive por debajo del umbral nacional de pobreza, por sexo y edad
	2. Proporción de la población que cuenta con sistemas de protección/seguridad social, por sexo, distinguiendo niños, desempleados, personas mayores, personas con discapacidad, mujeres embarazadas, recién nacidos, víctimas de accidentes de trabajo y personas pobres y vulnerables
	3. Proporción de la población que vive en hogares con acceso a servicios básicos
	4. Proporción del gasto público total en servicios esenciales (educación, salud y protección social)
	5. Proporción del gasto ordinario y de capital invertido en sectores que beneficien desproporcionadamente a las mujeres, y grupos pobres y vulnerables
ODS 17	1. Número de acuerdos y programas de cooperación científica/tecnológica con otras entidades locales, departamentales y estatales.
	2. Cantidad total de financiación de proyectos para promover el desarrollo, la transferencia y difusión de tecnologías ambientalmente racionales
	3. Proporción de indicadores de DS producidos a nivel regional/nacional, disgregados completamente cuando sea necesario para el objetivo, y de conformidad con los principios fundamentales de la estadística oficial
	4. Cantidad de dinero comprometido en asociaciones público-privadas y con la sociedad civil.
	5. Ingresos totales del gobierno local/regional como proporción del PIB, por fuente

### 4.3 Análisis y discusión:

Habiendo identificado los objetivos del desarrollo sostenible, que los diferentes actores consideran que la minería de carbón realizada la región puede impactar o apalancar; se hace necesario implementar los indicadores de sostenibilidad asociados a dichos objetivos; ya que como dice Edwards Deming: *“No se puede mejorar lo que no se controla, no se puede controlar lo que no se mide, no se puede medir lo que no se define”* [110]. Y precisamente lo que se busca es mejorar las condiciones de la minería y que esta a su vez apalanque desarrollo sostenible en la región.

El levantamiento de estos indicadores, estuvo fuera del alcance de este trabajo investigativo, debido a la disponibilidad de tiempo y la capacidad económica requerida para ello. Sin embargo, dadas las condiciones particulares de la Cuenca, descritas anteriormente; se considera que debe ser preferiblemente el gobierno, ya sea nacional, regional o local, quien lidere la implementación de dichos indicadores, con el apoyo de organizaciones no gubernamentales y/o la academia. Esto, debido a que es el gobierno uno de los actores más interesados en conocer el impacto de la minería en el territorio y poder decidir si es pertinente o no apalancar y promover la actividad minera, o si definitivamente esta actividad más que beneficiar, entorpece que se alcance un desarrollo sostenible en la región del Sinifaná. Además, el gobierno tiene gran parte de la información requerida para el levantamiento de los indicadores seleccionados y en caso de no tenerla, es mucho más fácil conseguir los recursos necesarios para levantarla (recursos



económicos y humanos), a partir de la gestión de una política de acompañamiento cuyo fin sea reconsiderar el desarrollo de la región y su interacción con la minería.

Ahora bien, a partir de la información recolectada en las visitas de campo, y revisiones bibliográficas [5] [6] [37] [38] [46] [47] [81] [94] [105] se plantean diferentes acciones para mejorar la calidad de los indicadores y por consecuencia el desempeño de la actividad minera, configurando una articulación de entidades públicas, privadas, académicas y la comunidad, que apalanque un desarrollo sostenible en la cuenca y multiplique los efectos positivos de la actividad.

Es importante clarificar, que cada uno de los actores mencionados tiene un rol específico, y no puede asumir las responsabilidades de los demás; y el diálogo entre ellos con transparencia es fundamental para construir relaciones de confianza y poder realizar un trabajo mancomunado que beneficie a todos los involucrados.

### **4.3.1 ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico**

Los indicadores asociados a este objetivo, se basan en generar condiciones para un crecimiento económico sostenible, que genere empleo, erradique el trabajo infantil, proteja los derechos laborales y trabajo decente para todas las personas.

Con el levantamiento de los indicadores seleccionados para este objetivo, se puede conocer el impacto económico directo, indirecto e inducido, que genera la minería de carbón en los municipios de la cuenca del Sinifaná y del departamento de Antioquia, la cantidad de empleos formales e informales y de menores de edad asociados a la actividad minera. Además de indicadores más generales como: tasa de desempleo y la cantidad de dinero que invierte el gobierno local/regional en proyectos de protección social y generación de empleo en los municipios.

Si bien las empresas mineras generan empleos directos, muchas veces no es suficiente, o como en este caso particular, las condiciones laborales no cumplen con estándares técnicos y de seguridad que garanticen el bienestar de los trabajadores. Por lo tanto, es necesario aunar esfuerzos para que en las UPM formales se cumplan con los estándares mínimos; y en las demás operaciones los trabajadores sean conscientes de los riesgos a los que están expuestos y sean ellos mismos quienes exijan y generen condiciones seguras para la realización de las labores, lo cual se puede lograr a través de educación efectiva y jornadas de concientización para todos los trabajadores mineros, independiente de la condición de legalidad o formalidad del título donde desarrolle sus actividades.

Las empresas mineras, con otros sectores económicos, la academia y el gobierno, en conjunto, pueden promover encadenamientos productivos asociados a las explotaciones de carbón, a través de la capacitación (técnica y administrativa) y promoción de empresas/microempresas de la región, que sean competitivas y puedan prestar diferentes tipos de servicios (alimentarios, infraestructura, mantenimiento, suministros, transporte, logísticos, entre otros) que beneficien tanto a la industria minera como no mineras, lo que

se conoce como contenido local, generando así más oportunidades de empleo, diversificación en la economía y crecimiento sostenible a largo plazo.

### **4.3.2 ODS 9: Industria, innovación e infraestructura**

Los indicadores asociados a este objetivo, buscan construir y mejorar la infraestructura vial, eléctrica, de telecomunicaciones y de acueducto del territorio, promover la industrialización, fomentar la innovación y el desarrollo, mejorando así las condiciones para las comunidades impactadas y las industrias de la región.

Con el levantamiento de los indicadores seleccionados para este objetivo, se puede conocer la cantidad del tráfico de personas y carga que transita por las vías primarias y secundarias de la región, con lo cual se puede inferir cuales son las vías que requieren más atención, inversión y que más benefician a las comunidades y las industrias de la cuenca. La cantidad de empleos que genera la minería con respecto a otras industrias; la proporción de minas que tienen algún tipo crédito o préstamo, con el fin de conocer como es el servicio financiero para el sector y promover auxilios o soluciones, que les faciliten el acceso a tecnologías, cadenas de valor y otros mercados. También, conocer la inversión por parte de las entidades públicas, en términos de investigación y desarrollo y su proporción con el PIB de cada uno de los municipios.

En la cuenca del Sinifaná las vías no están en óptimas condiciones para el transporte tanto de personas y de carga (ya sea de carbón o de productos agropecuarios), lo cual incrementa los costos de comercialización, disminuyendo así los beneficios; además, no todos los sectores rurales cuentan con una buena red de alcantarillado y energía y mucho menos de telecomunicaciones, impactando directamente el bienestar de la comunidad y el desarrollo económico del territorio. Por lo anterior, el gobierno local, regional, nacional y las diferentes industrias (mineras, agrícolas, pecuarias, turísticas, de transporte y demás impactadas) y entidades financieras, deberían llegar a acuerdos que permitan el mejoramiento de la infraestructura para el beneficio de las comunidades y las industrias, creando así economías de escala y de alcance, según sea el caso (infraestructura compartida).

Además de la infraestructura, la minería, en asocio con instituciones académicas, el gobierno y entidades financieras, también puede contribuir con la educación, innovación y el desarrollo local, a través del fomento a la educación superior y proyectos de investigación, que permitan mejorar las condiciones de operación, administración, gestión, dar valor agregado tanto al carbón como al material estéril, mitigar el impacto ambiental causado por la actividad minera y buscar solución a otras problemáticas particulares de la zona en diferentes aspectos. Además, puede sembrar en la comunidad competencias tanto técnicas como académicas que les faciliten el acceso a mejores oportunidades.

### **4.3.3 ODS 12: Producción y consumo responsable**

Los indicadores asociados a este objetivo, buscan garantizar modalidades de consumo y producción sostenible de recursos; esto es, hacer más y mejor con menos, no sólo en la industria minera, sino en todas las industrias. Ya que, independiente del tamaño y/o tipo de la operación, el mineral, y la ubicación de la mina, la proporción de mineral que tiene poco o nada valor, es mayor que el mineral de interés, generando así una gran cantidad de residuos. Por lo tanto, disminuir al máximo la generación de éstos, ya sea mediante la prevención, reducción, reutilización o reciclado, es un gran reto para la industria minera.

Con el levantamiento de los indicadores seleccionados para este objetivo, se puede conocer la cantidad de recursos y consumo de material doméstico, empleados en la región, discriminados per cápita y por PIB. Además, identificar la cantidad de empresas que publican o realizan informes de sostenibilidad, el apoyo a la investigación sobre el consumo y producción sostenible, y tecnologías limpias y racionales en los municipios de la cuenca del Sinifaná.

En las operaciones de la cuenca, es necesario cuantificar la cantidad de recursos empleados para extraer una tonelada de carbón, de esta manera se facilita el proceso de optimización de los recursos hídricos, energéticos, químicos, el suelo y la cantidad de efluentes y residuos, lo cual impacta directamente en el costo operacional y en el impacto ambiental. También, hace falta explorar usos alternativos para el mineral estéril de la operación, qué valor agregado se le puede dar al carbón de baja capacidad calorífica, qué otros usos se le puede dar al carbón y/o cambios en el tipo de comercialización basados en su poder calorífico (BTU) de manera que se pueda obtener una mayor rentabilidad.

En cuanto a los informes de sostenibilidad, teniendo en cuenta que en la región la mayoría de operaciones son medianas o pequeñas, estos podrían realizarse en conjunto, entre las operaciones ubicadas en el mismo sector, y que tienen impacto en determinado territorio. Estos informes, ayudan al mejoramiento de la percepción de la minería en las comunidades y genera confianza en los inversionistas.

Para lograr una producción y consumo sostenible, no solo la minería de carbón en este caso, debe tomar medidas al respecto; de ser un trabajo conjunto con los consumidores del carbón y los proveedores de servicios y suministros. En este punto, es importante mencionar el tema de la comercialización del carbón, la cual deber regularse y vigilarse por las autoridades competentes, para evitar que el carbón de minas informales e ilegales sea comercializado, como se explicó en el literal 2.3.2.

### **4.3.4 ODS 1: Fin de la pobreza**

Los indicadores asociados a este objetivo, buscan contribuir con la erradicación de la pobreza en todas sus formas a nivel local, regional, nacional y global. La minería puede ayudar con este objetivo mediante el pago de impuestos, regalías, generación de empleos y prestación de servicios básicos a las comunidades. Además, puede evitar marcar más

las diferencias económicas, a través de estrategias que les brinden medios de subsistencia a las comunidades impactadas, acceso y herramientas para el uso del suelo, servicios básicos, oportunidades de educación y capacitación, métodos de financiación, entre otras.

Con el levantamiento de los indicadores seleccionados para este objetivo, se puede conocer la cantidad de personas que: viven bajo el umbral de la pobreza, cuentan con seguridad social y que tienen servicios básicos. La proporción de dinero que invierten los gobiernos en: brindar servicios esenciales a las comunidades y en proyectos o sectores que beneficien mujeres, personas de escasos recursos y/o vulnerables. Con dicha información, la cual ciertamente hace parte de datos con los que ya los gobiernos locales y regionales deben contar, se facilita la identificación de problemas, los factores a mejorar, con el fin de diseñar estrategias que conlleven a mejorar estos indicadores.

Por otro lado, el manejo de los recursos, tanto minerales como económicos, juega parte fundamental, del proceso para que la minería contribuya en el logro de este objetivo. Por lo tanto, es pertinente que el gobierno vigile y controle la administración de los recursos; que las comunidades y empresas sean veedoras del uso de los ingresos generados por regalías en los municipios; que las empresas declaren públicamente sus pagos, para facilitar la transparencia y la confianza con los demás actores del sector. Adicionalmente como se trató en el ODS 8, la generación de oportunidades de empleo y el fortalecimiento en el desarrollo de aptitudes y educación es otra herramienta que tiene la minería para ayudar en el cumplimiento de este ODS.

En este objetivo particularmente, el trabajo articulado de los diferentes actores del sector, tiene gran importancia, ya que deben propender por recuperar el tejido social, y darle a las nuevas generaciones, alternativas, herramientas y capacidades que les permitan acceder a mejores oportunidades laborales ya sea en la industria minera u otro tipo de industrias. Cada actor desde sus competencias y capacidades, evitando usurpar el papel o la responsabilidad de otro.

En el caso particular de la Cuenca del Sinifaná, debería utilizarse la ventaja de la cercanía al Valle de la Aburrá, la presencia de otro tipo de industrias (textiles, alimenticias, químicas, entre otras), la tradición minera de la región, la presencia de instituciones académicas y tecnológicas, para fortalecer las competencias de las comunidades y mejorar el capital social de la región.

En general, el tipo de pobreza que se registra en la región no está estrictamente asociada al ingreso de dinero a la población, sino más bien a la gestión y administración del recurso, unido a un componente educativo y cultural que enmascara otro tipo de problemáticas sociales.

### 4.3.5 ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos

Los indicadores asociados a este objetivo, buscan el fortalecimiento de medios y herramientas para ejecutar y revitalizar las alianzas globales para alcanzar el desarrollo sostenible en los territorios.

Cómo se ha venido mencionando a lo largo del documento, el desarrollo sostenible, es una integración de tres tipos de sostenibilidad (ambiental, social y económica) que requiere también trabajo articulado y buenas relaciones entre los actores. Esto incluye la inversión económica por parte del sector privado y público, en proyectos que promuevan el desarrollo sostenible de los territorios; un fortalecimiento institucional en las entidades públicas para la recolección y administración de los ingresos generados por la extracción de recursos, unos parámetros y normas claras para: inversión, incentivos, proyectos y demás aspectos políticos por parte de los gobiernos.

Las empresas mineras, a través del pago de sus obligaciones con el estado, el uso de buenas prácticas mineras y ambientales, el apoyo al contenido local, la facilitación y uso compartido de la infraestructura y la creación de alianzas con otros actores, puede apalancar el desarrollo sostenible de las regiones donde opera.

Con el levantamiento de los indicadores seleccionados para este objetivo, se puede conocer, en los municipios de la Cuenca del Sinifaná, la cantidad de: acuerdos, programas de cooperación y proyectos entre diferentes sectores académicos, gubernamentales y económicos, a diferentes niveles, ya sea local, regional o nacional, que promuevan el desarrollo, la transferencia y difusión de tecnologías limpias. Se puede conocer la cantidad de dinero comprometido en las asociaciones público-privadas y con la sociedad civil, en aras de promover desarrollo sostenible en los territorios, y el PIB local y regional por sector.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la cuenca deben continuar y fortalecerse, los convenios y alianzas interinstitucionales que promuevan las buenas prácticas mineras, ambientales y administrativas que conlleven a un desarrollo regional. El acompañamiento técnico, legal, ambiental, administrativo y económico por parte del estado y la academia, es fundamental para que las minas de carbón de la cuenca del Sinifaná puedan ser más competitivas y puedan apalancar desarrollo sostenible en el territorio.

Además, en la cuenca, deben propiciarse espacios de diálogo entre actores, dónde todos puedan dar a conocer sus necesidades, intereses, estrategias de mejora y planes de acción; ya que estos espacios generan confianza, transparencia e inclusión entre ellos. Estos espacios deben ser promovidos en este caso por el gobierno, con la participación activa de las empresas mineras y la comunidad.



## 5. Conclusiones

- La minería de carbón en la Cuenca del Sinifaná, lleva más de un siglo desarrollándose en la región y bajo determinadas condiciones políticas, culturales, económicas, sociales y tecnológicas, generó y apalancó el desarrollo industrial y económico del departamento de Antioquia [85]. Sin embargo, después de la identificación del escenario actual y bajo las condiciones identificadas, no se evidencia que esta actividad genere desarrollo sostenible en la región, sino que contrariamente, se ha convertido en un elemento desmotivador y puede ser reemplazado fácilmente por otras industrias, sin solucionar aún graves problemas ocasionados por la pequeña minería.
- De los indicadores de sostenibilidad, disponibles en la literatura y que se usan ampliamente, los ODS se consideran más pertinentes debido a las particularidades regionales; además, permiten una aproximación al desarrollo sostenible, no sólo desde y para la industria, sino que permite tener una visión del impacto generado por la actividad económica al territorio y una inclusión de todos los actores interesados en el desarrollo sostenible.
- Para que la minería de carbón de la cuenca del Sinifaná pueda apalancar un desarrollo sostenible, deben generarse y fortalecerse las relaciones, alianzas y diálogos intersectoriales, que permitan conocer las necesidades de cada uno de los actores, intercambiar mejores prácticas, e incrementar el aprovechamiento de las contribuciones del sector minero. Además, dadas las condiciones de tamaño y situación legal de la mayoría de las operaciones, debe ser el gobierno quien lidere estos acercamientos, y las acciones de mejora a implementar en la región.
- Teniendo en cuenta la cultura emprendedora de la región, el esquema de minería pequeña y mediana se sugiere mantenerse, y por supuesto fortalecerse. Ya que la mayoría de las personas está acostumbrada a tener su propio negocio. Por lo tanto, modificar este escenario, e implementar minería a gran escala, no tendría buena acogida en la comunidad, el gobierno y el sector minero tendrían dificultades con la aceptación de este nuevo escenario y sus condiciones.
- Los cambios que deben implementarse en la cuenca del Sinifaná para que la minería apalanque el desarrollo sostenible de la región, no solo deben ser técnicos,

sino que también deben ser sociales y políticos, esto es, cambios en la visión y cultura de las comunidades al respecto de la minería, las prácticas ambientales, sociales y organizacionales, la administración y gestión de los recursos, entre otros. Además, los beneficios de estos cambios deben ser evidentes y sostenibles a través del tiempo, para que los mineros y las comunidades se motiven y continúen el proceso. Estos cambios, deben tener en cuenta las condiciones singulares: técnicas, económicas y sociales de la minería de la región.

- El desarrollo económico y social de una región no depende únicamente de sus actividades económicas principales, sino, además, de políticas de inversión en infraestructura, sistemas viales, salud, educación, emprendimiento y fomento de inversión. El hecho que una actividad económica participe altamente en el PIB local no es garantía que genere desarrollo sostenible en el territorio.
- El gobierno y las autoridades mineras, desconocen la ilegalidad y la informalidad en la minería, ya que en vez de incentivar la legalidad, mediante apoyo y acompañamiento técnico, legal y administrativo, auxilios financieros y demás herramientas necesarias; más bien dificulta el proceso con barreras y exigencias, como el acceso a la información, ausencia de enfoques diferenciales e incluyentes, rigidez en la forma de clasificar las unidades de producción minera, y limitaciones a la igualdad material. El desconocer la ilegalidad e informalidad no implica su inexistencia y los impactos que genera, lo cual se presume desde las directrices de las autoridades mineras.
- Para poder cualificar y cuantificar los impactos, positivos y negativos, que la minería subterránea de carbón genera en los municipios donde se realiza, se sugiere implementar los indicadores de sostenibilidad propuestos e incluir otros adicionales, que pueden surgir a medida que se detalle aún más las condiciones de la cuenca, por ejemplo, aspectos técnicos y culturales. Ya que el conocimiento a detalle de estos impactos permite diseñar políticas y tomar decisiones que benefician el sector minero y la región.
- En la cuenca del Sinifaná no hay información estadística actualizada y/o disponible que permita conocer con detalle aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales relacionados con la minería de carbón que se realiza en la zona.
- El hecho de que haya un desarrollo técnico y tecnológico en la minería de la región, no garantiza que haya un desarrollo económico, y mucho menos un desarrollo sostenible. Para que se dé este último, si es necesario que las operaciones mineras tengan una sostenibilidad económica, pero que a su vez se articulen con otras industrias, la comunidad civil y el gobierno para mejorar simultáneamente la sostenibilidad social y ambiental, considerando además encadenamientos productivos de alto valor agregado para el carbón de la cuenca.



- 
- Los proyectos mineros exitosos deben ser transparentes con la comunidad, incluyentes, articulados con los gobiernos y la comunidad, aportar económicamente, generar empleos, impulsar otros sectores económicos a través de encadenamientos productivos apropiados, impulsar proyectos, impactos ambientales mínimos o mitigables fácilmente, crear programas productivos y alianzas público-privadas para ayudar a la comunidad.
  - La comercialización además de no estar regulada, no incluye la ventaja comparativa del potencial calórico de los carbones de la cuenta; ya que para su venta la unidad de medida sigue siendo en masa, mientras este mineral se comercializa a nivel mundial en unidades de medida energética (BTU).

## 6.Recomendaciones

- Se deben desarrollar proyectos liderados por el gobierno local y regional, que permitan compilar y levantar información histórica y actual de los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales relacionados con la minería de carbón en la cuenca del Sinifaná.
- Se deben generar espacios de diálogo y negociación entre los diferentes actores de la minería, donde se involucre y participe activamente la comunidad.
- La autoridad minera debería promover la comercialización del carbón de la cuenca considerando su perfil energético, lo que impacta en la rentabilidad de las explotaciones, en el pago de regalías y cambio de la cultura comercial que no diferencia la calidad del producto.
- Se debe promover una cultura de asociatividad en el sector minero, de manera que sea más fácil negociar y obtener beneficios en las transacciones con proveedores, consumidores, entre otros.
- Se recomienda a los gobiernos locales y regionales la implementación de los indicadores de sostenibilidad tanto en la cuenca del Sinifaná, como en otros territorios mineros, ya que estos permiten conocer y medir los impactos de la actividad; además de identificar aspectos de mejora tanto para el sector como para la comunidad.
- Se podrían realizar estudios posteriores para diseñar indicadores de sostenibilidad, ya sea específicamente para la cuenca del Sinifaná, para la extracción de determinado mineral, o para territorios mineros en el departamento de Antioquia. De manera que el gobierno y las autoridades mineras tengan información de primera mano y actualizada que les permita analizar situaciones y tomar acciones que beneficien los territorios y las industrias.
- Se sugiere el diseño de políticas públicas en el sector extractivo acordes a las características y necesidades de la región, teniendo en cuenta: las comunidades, la imparcialidad y la transparencia, los escenarios económicos y sociales

---

cambiantes, inclusión de los actores del sector, el tipo de minería y demás aspectos técnicos, sociales, económicos y culturales.



## A. Anexo 1: Encuesta de impacto de indicadores de sostenibilidad

### Objetivos del Desarrollo Sostenible en la Cuenca del Sinifaná

En 2015 los países miembros de las Naciones Unidas aprobaron el documento "Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" dónde se incluyeron 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS). Para cumplir estos objetivos es necesaria la colaboración de las instituciones gubernamentales, no gubernamentales, privadas, academias y las comunidades. La minería es una actividad extractiva que impacta directa e indirectamente estos objetivos, independiente del mineral, el tamaño de la minería, y el lugar donde se realice; y sus impactos pueden ser positivos o negativos según como se desarrolle la actividad y como se utilicen los recursos que genera. Con este pequeño cuestionario nos gustaría conocer su percepción sobre cuales de los ODS tiene una mayor relevancia en la cuenca del Sinifaná, teniendo en cuenta los impactos que genera la minería de carbón de mediana y pequeña escala realizada en dicha región, y cómo ésta puede contribuir en el cumplimiento de los ODS.

\*Required

Email address \*

Your email address

---

Name


Your answer

---

### Quiz Questions

Desde su experiencia y conocimiento, seleccione 5 objetivos del D.S que usted considere que más impacto tienen en la cuenca del Sinifaná y que se relacionan directa o indirectamente con la minería de carbón que se realiza en la región. \*

- ODS 1: Fin de la pobreza
- ODS 2: Hambre cero
- ODS 3: Salud y bienestar
- ODS 4: Educación de calidad
- ODS 5: Igualdad de género
- ODS 6: Agua limpia y saneamiento
- ODS 7: Energía asequible y no contaminante
- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura
- ODS 10: Reducción de las desigualdades
- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles
- ODS 12: Producción y consumo responsables
- ODS 13: Acción por el clima
- ODS 14: Vida submarina
- ODS 15: Vida y ecosistemas terrestres
- ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas
- ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos

I'm not a robot   
reCAPTCHA  
Privacy - Terms

**SUBMIT**

## Bibliografía

- [1] UPME, «Boletín estadístico de Minas y Energía 2012 -2016,» Bogotá, Colombia, 2016.
- [2] V. Aguirre del Valle, «Análisis de la oferta actual de carbón en la Cuenca del Sinifaná y perspectivas en la demanda,» Medellín, 2013.
- [3] J. Rincón, «El carbón y su problemática ambiental,» *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN)*, pp. 271-278, 1999.
- [4] E. Vargas Pimiento, «Indicadores de sostenibilidad y desempeño socioambiental para los grupos de usuarios mineros en Colombia,» de *Indicadores de sostenibilidad para la industria extractiva mineral*, Carajas, Brasil, 2002, pp. 179-215.
- [5] M. Arango Serna, J. Zapata Cortes y R. Gómez Montoya, «Estrategias en la cadena de suministro para el distrito minero de Amagá,» *Boletín de ciencias de la Tierra*, pp. 27-38, 2010.
- [6] O. Zapata Marín, «Sostenibilidad ambiental y económica para la pequeña minería del carbón en la cuenca del Sinifaná del departamento de Antioquia,» Medellín, 2013.
- [7] Universidad EAFIT, «Informe final: Consultoría para realizar el estudio, caracterización, topografía y determinación del nivel de riesgo de unidades productivas mineras susceptibles de legalización y formalización, pertenecientes a la cuenca de la Sinifaná,» Medellín, 2014.
- [8] J. Mira, V. Pérez, S. Lorenzo, J. Aranaz y J. Vitaller, «La investigación cualitativa: una alternativa también válida.,» *Atención Primaria*, nº 34, pp. 161-166, 2004.
- [9] J. Oyarzún y R. Oyarzun, *Minería Sostenible: Principios y Prácticas*, Ediciones GEMM, 2011.
- [10] P. Maxwell y P. (. Guj, «Mining, Sustainability and Sustainable Development,» de *Mineral Economics - Second Edition*, Victoria, Australia, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2013, pp. 215-227.

- 
- [11] I. Aguado, J. Barrutia y C. Extebarria, «El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico,» de *X Jornadas de Economía Crítica: Alternativas al capitalismo?*, Barcelona, 2006.
- [12] J. Elkington, *Cannibals with forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Minneapolis: Capstone Press, 1997.
- [13] M. L. Barreto, «Mineracao e desenvolvimento sustentable: desafios para o Brasil,» CETME/MCT, Rio de Janeiro, 2001.
- [14] D. Guerrero A, «Sistema de Indicadores Mineros para la Explotación Sostenible de los Recursos Minerales,» *Minería y Geología*, vol. 21, nº 2, pp. 1-56, 2005.
- [15] O. Vallejo R y R. Guardado, «Propuesta de Indicadores Sectoriales para el Territorio de Moa,» *Minería y Geología*, vol. 17, nº 3, pp. 33-37, 2000.
- [16] Brundtland, G.H, «Our Common Future Report of the World Commission for Environment and Development,» Oxford University Press, Oxford, 1987.
- [17] P. Christmann y B. Martel, «Sustainability indicators for the mining industry: Issues and Challenges,» de *Sustainable Development Indicators in the Mineral Industries*, Milos Island, 2003.
- [18] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, «Información Básica: Protocolo de Kyoto,» Naciones Unidas, 2014. [En línea]. Available: [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php). [Último acceso: 2 marzo 2016].
- [19] Naciones Unidas, «Conferencias, reuniones y eventos pasados de las Naciones Unidas: Cumbre Milenio 2000,» Naciones Unidas, [En línea]. Available: [http://www.un.org/es/events/pastevents/millennium\\_summit/](http://www.un.org/es/events/pastevents/millennium_summit/). [Último acceso: 2 Marzo 2016].
- [20] Naciones Unidas, «Cumbre de Johannesburgo: Panorama General,» Naciones Unidas, 2002. [En línea]. Available: [http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/cumbre\\_ni.htm](http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/cumbre_ni.htm). [Último acceso: 3 marzo 2016].
- [21] Naciones Unidas, «El futuro que queremos: que es "Rio +20",» Naciones Unidas, [En línea]. Available: <http://www.un.org/es/sustainablefuture/about.shtml>. [Último acceso: 2 Marzo 2016].



- [22] Naciones Unidas, «Objetivos de Desarrollo Sostenible: Noticias: Naciones Unidas,» Naciones Unidas, [En línea]. Available: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/summit/>. [Último acceso: 2 Marzo 2016].
- [23] T. Soubbotina y K. Sheram, *Beyond Economic Growth: Meeting the challenges of global development*, Washington D.C: The World Bank, 2000.
- [24] Real Academia Española, Real Academia Española, [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=CTzcOCM>. [Último acceso: 19 febrero 2016].
- [25] S. Baró Herrera, «El desarrollo sostenible: desafío para la humanidad,» *Economía y Desarrollo*, vol. 119, nº 1, pp. 123-140, 1996.
- [26] M. (. García Rabelo, *Las Teorías acerca del Subdesarrollo y el Desarrollo. Una visión crítica*, Félix Varela, 2006.
- [27] M. Galindo Martín, «Crecimiento Económico,» *Información Comercial Española*, nº 858, pp. 39-55, 2011.
- [28] P. Castillo Marín, «Política económica: crecimiento economico, desarrollo economico y desarrollo sostenible,» *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho*, vol. III, pp. 1-12, 2011.
- [29] S. Kuznet, *Modern Economic Growth: Rate, Structure and Spread*, New Haven and London: Yale University Press, 1966.
- [30] L. Razeto, «Desarrollo, transformación y perfeccionamiento de la economía en el tiempo,» Universidad Bolivariana, Santiago de Chile, 2000.
- [31] S. Boisier, «Desarrollo (Local): De que estamos hablando?,» 2001.
- [32] A. Vásquez- Barquero, *Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo*, Madrid, España: Editorial Pirámide, 1988.
- [33] I. Silva Lira, «Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local,» Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) - CEPAL, Santiago de Chile, 2003.
- [34] J. Midgley, *Social Development*, Londres: SAGE Publications Ltd, 1995.
- [35] The World Bank Group, «Social Development: Overview: The World Bank Group,» The World Bank Group, Septiembre 2015. [En línea]. Available:

- <http://www.worldbank.org/en/topic/socialdevelopment/overview#1>. [Último acceso: 21 enero 2016].
- [36] H. Jenkins y L. Obara, «Corporate Social Responsibility in the mining industry- the risk of community dependency,» de *CRRC Conference*, Dublin, Irlanda, 2006.
- [37] H. Dashwood, «Towards Sustainable Mining: The Corporate role in the construction of global standars,» *The Multination Business Review*, pp. 47-65, 2007.
- [38] E. Turner y M. Tost, «Value creation from SD Indicators - For mining companies, communities and policy- makers,» de *3rd International Conference on Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry*, Milos Island, Greece , 2007.
- [39] J. E. Tilton, *Mineral wealth and economic development*, vol. 18, Washington: Resource for the Future, 1992, pp. 237 -249.
- [40] R. Hodge, «Tracking progress toward sustainability: Linking the power of measurement and story,» de *SME Annual Meeting*, Denver, 2004.
- [41] ICMM, «About us: our story: International Council on Mining and Metals,» International Council on Mining and Metals, 2016. [En línea]. Available: <http://www.icmm.com/about-us/our-history>. [Último acceso: 10 Febrero 2012].
- [42] World Business Council & International Institute for Environment and Development, «Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development,» Earthscan Publications Ltd, London, 2002.
- [43] J. Kretschmann y R. Amiri, «How to Select the Most Appropriate Indicators for Sustainable Mining - A Case Study of Sangan Iron Ore Mines in Iran,» de *Sustainable Development in the Minerals Industry*, Vancouver, 2015.
- [44] Ministerio de Minas y Energía, «Censo Minero Departamental 2010-2011,» Ministerio de Minas y Energía, Colombia, Bogotá, 2012.
- [45] L. Güiza, «La pequeña minería en Colombia: Una actividad no tan pequeña,» *Dyna*, vol. 80, nº 181, pp. 109-117, 2013.
- [46] H. Dahlberg, «The transformation from Artisanal to Small Scale gold mining: an outline for Sustainable Development,in introducing new technologies for abatement of Global Mercury Polution derived from artisanal gold mining,» de *UNIDO Expert Group Meeting*, Vienna, Austria, 1997.

- [47] J. Hinton, M. Veiga y T. Veiga, «Clean artisanal gold mining: a utopian approach?,» *Journal of cleaner production*, nº 11, pp. 99-115, 2003.
- [48] I. Tsolas, «Development of environmental sustainability indicators at the mine level,» de *2nd International Conference on: Advances in Mineral Resources Managment and Environmental Geotechnology*, Hannia, Greece, 2006.
- [49] Global Report Initiative, «Guía para la elaboración de las memorias de sostenibilidad,» Global Report Initiative, Amsterdam, 2013.
- [50] J. Kogel, N. Trivedi y M. Herpfer, «Sustainable development of industrial minerals from mining to manufacturing,» de *SME Annual Meeting*, Denver, USA, 2009.
- [51] DESA - United Nations Secretariat, «Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third Edition.,» United Nations Publication, Nueva York, 2007.
- [52] Global Reporting Initiative, «Information: Sustainable Reporting: Global Reporting Initiative,» Global Reporting Initiative, [En línea]. Available: <https://www.globalreporting.org/information/sustainability-reporting/Pages/default.aspx>. [Último acceso: 22 enero 2016].
- [53] A. J. Basu y V. Carabias-Hutter, «Indicators for sustainability assessment and reporting,» de *SME Annual Meeting*, Denver, 2003.
- [54] CEPYS, «REPINDEX 65: Familia ISO 14000,» 2001. [En línea]. Available: <http://www.cepis.opsoms.org/eswww/proyecto/rapidisc/publica/repindex/repindex065.html>. [Último acceso: 02 Marzo 2016].
- [55] Organización Para La Cooperación Económica y el Desarrollo, «Core set of Indicators for Environmental Performance Reviews,» OECD, Paris, 1994.
- [56] Naciones Unidas, «Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies (Third Edition),» United Nation Publications, Nueva York, 2007.
- [57] Scientific Committee on Problems of the Environment, «Environmental Indicators. A Systematic Approach to Measuring and Reporting on the Environment in the Context of Sustainable Development,» de *Indicators of Sustainable Development for Decision - Making*, Brussels, Federal Planning Office of Belgium, 1995, p. 205.
- [58] H. Fernández, «Declaración de Marisma - Huelva,» *Panorama Minero*, vol. 24, nº 253, p. 96, 2000.

- [59] L. Betancurth, «Indicadores de Sustentabilidad en la pequeña minería del carbón. Caso: departamento de Boyacá - Colombia,» de *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*, Carajas, Brasil, 2002, pp. 217 - 240.
- [60] J. Valencia, «Indicadores de sustentabilidad para la industria minera extractiva. Propuesta para la minería aurífera de Colombia,» de *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*, Carajas, Brasil , 2002, pp. 263-281.
- [61] A. Blandon, «El carbón y sus posibilidades de uso,» Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1999.
- [62] ASTM, «Standard classification of coals by rank, ASTM D388-05,» ASTM International, West Conshohocken, 2005.
- [63] M. Hook, «Coal and Peat: Global Resources and Future Supply,» de *Fossil Energy: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, Nueva York, Springer Science+Business Media, 2013, pp. 311-342.
- [64] OECD/IEA/Coal Industry Advisory Board, «The Global Value of Coal,» IEA Publishing, 2012.
- [65] N. Muradov, *Liberating Energy from Carbon: Introduction to Decarbonization*, Lecture Notes in Energy 22, Nueva York: Springer Science+Business Media, 2014.
- [66] IEA, «Key world energy statistics,» IEA Publishing, 2017.
- [67] BP p.l.c, «BP Statistical Review of world energy - June 2017,» Pureprint group, London, UK, 2017.
- [68] BP p.l.c, «BP Statistical review of world energy June 2016,» Pureprint group, London, UK, 2016.
- [69] OECD/ IEA, «Coal Information: Overview,» IEA Publishing, 2017.
- [70] OECD/IEA, «Key coal trends 2015 (Excerpt from coal information),» IEA Publishing, 2015.
- [71] OECD/IEA, «Key Coal Trends (Excerpt from: Coal Information),» IEA Publishing, 2016.

- [72] Ministerio de Minas y Energía; UPME, «Cadena del carbón,» Ministerio de Minas y Energía, Colombia, Bogotá, 2012.
- [73] InfoMine, «Charts & Data: InfoMine,» InfoMine Inc., [En línea]. Available: <http://www.infomine.com/ChartsAndData/ChartBuilder.aspx?z=f&gf=145246.USD.st&dr=5y&cd=1>. [Último acceso: 13 enero 2017].
- [74] P. Francisco, «LAUDATO SI',» Vaticano, Roma, 2015.
- [75] El nuevo Siglo, «Negro panorama para el carbón Colombiano,» *El Nuevo Siglo*, p. 7A, 14 01 2016.
- [76] J. Arias, «Carbón y desarrollo en Colombia,» *Revista Zero*, nº 33, pp. 14-19, 2014.
- [77] Ministerio de Minas y Energía, «Estudio técnico sectorial “Infraestructura de transporte multimodal y de logísticas integradas para el desarrollo de la industria minera en Colombia, con énfasis en puertos,» Ministerio de Minas y Energía, Colombia, Bogotá, 2011.
- [78] Ministerio de Minas y Energía, «Minería,» de *Memorias al Congreso de la República*, Bogotá, 2013.
- [79] Ingeominas, UPME, «Sistema de Información Minero Colombiano, UPME,» 15 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.simco.gov.co/simco/Estad%EDsticas/Producci%F3n/tabid/121/Default.aspx>.
- [80] Ministerio de Minas y Energía, «Análisis del comportamiento del PIB minero - Segundo trimestre de 2017,» Bogotá, 2017.
- [81] FEDESARROLLO, «Pequeña y mediana minería de carbón en el interior del país: alternativa de comercialización y financiación a partir de la conformación de alianzas estratégicas,» FEDESARROLLO, Bogotá, 2011.
- [82] FENALCARBON, «Nosotros: FENALCARBON,» WordPress, [En línea]. Available: <http://fenalcarbon.org.co/>. [Último acceso: 2016 02 17].
- [83] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), «Estadísticas por tema: Demografía y Población: Proyecciones de población: DANE,» [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>. [Último acceso: 4 Diciembre 2016 ].

- 
- [84] Secretaría de Minas- Gobernación de Antioquia, «Identificación y análisis, evaluación de factores de riesgos asociados a la actividad minera del carbón,» Medellín, 2012.
- [85] J. S. Correa Restrepo, «Del Magdalena al Cauca: El ferrocarril de Antioquia y el Control Regional,» Bogotá, 2009.
- [86] N. Londoño, «Informe programa normatización de reservas en Antioquia. Sector Fredonia - Venecia,» Biblioteca ECOCARBON, Amagá, 1995.
- [87] Ingeominas, EL CARBÓN COLOMBIANO: RECURSOS, RESERVAS Y CALIDAD, Bogotá: Ingeominas y Minercol, 2004.
- [88] Ingeominas, UPME, «Sistema de Información Minero Colombiano, UPME,» 14 abril 2017. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta\\_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=160&grupo=439&FechaInicial=31/12/2009&FechaFinal](http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=160&grupo=439&FechaInicial=31/12/2009&FechaFinal).
- [89] Ingeominas, UPME, «Sistema de Información Minero Colombiano, UPME,» 14 Abril 2017. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta\\_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=160&grupo=439&FechaInicial=31/12/2009&FechaFinal](http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=160&grupo=439&FechaInicial=31/12/2009&FechaFinal).
- [90] Agencia Nacional de Minería , «Informe de Gestión 2014,» Bogotá, 2015.
- [91] DANE, «Calculos dirección de Minería Empresarial,» Ministerio de minas y energía, Bogotá, 2015.
- [92] UPME , «Plan de infraestructura de transporte y portuaria para el desarrollo minero en Colombia. Informe Final Modulo II.,» Ministerio de Minas y Energía, Bogotá, 2004.
- [93] Gobernación de Antioquia, «Anuario Estadístico de Antioquia 2012,» Medellín, 2013.
- [94] C. Gallego Ramírez y E. Ramírez Pérez, «Las regalías por la explotación minera de carbón mineral y la inversión social en salud en el municipio de Amagá (2006-2010),» Medellín, 2015.
- [95] Northeastern Forest Resource Planners Association, «Sourcebook on Criteria Indicadores of Forest Sustainability in Northeastern Area,» 13 Julio 2001. [En línea]. Available:

- [https://www.na.fs.fed.us/pubs/sustainability/sourcebook02/criteria\\_indicators.pdf](https://www.na.fs.fed.us/pubs/sustainability/sourcebook02/criteria_indicators.pdf).  
[Último acceso: 19 Diciembre 2016].
- [96] W. Ripmeester, «Canada's minerals and metals indicators initiative,» de *Sustainable Development Indicators in the Mineral Industries*, Milos, Grecia, 2003.
- [97] I. Moffat, N. Hanley y M. Wilson, *Measuring and Modelling (sic.) Sustainable Development*, Reino Unido: The Parthenon Publishing Group Inc., 2001.
- [98] Division of Sustainable Development - United Nations, «Sustainable Development-Knowledge Platform,» 01 02 2016. [En línea]. Available: <https://sustainabledevelopment.un.org/intergovernmental/csd>.
- [99] Sustainable Development Solutions Network - UN, «Indicators and monitoring framework for the sustainable development goals,» United Nation Publications, New York, 2015.
- [100] The Mining Association of Canada, «Towards Sustainable Mining: Protocols & Frameworks: The Mining Association of Canada,» [En línea]. Available: <http://mining.ca/sites/default/files/documents/Understanding-the-TSM-Protocols.pdf>. [Último acceso: 06 enero 2016].
- [101] Global Report Initiative, «Information: About GRI: Global Report Initiative,» Global Report Initiative, [En línea]. Available: <https://www.globalreporting.org/information/about-gri/Pages/default.aspx>. [Último acceso: 22 enero 2016].
- [102] Global Reporting Initiative, «Information: About GRI: GRI's History: Global Reporting Initiative,» [En línea]. Available: <https://www.globalreporting.org/information/about-gri/gri-history/Pages/GRI's%20history.aspx>. [Último acceso: 22 enero 2016].
- [103] Global Reporting Initiative, «G4 Sector Disclosure: Mining and Metals,» Global Reporting Initiative, Amsterdam, 2013.
- [104] Asamblea General - Naciones Unidas, «Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible,» Publicaciones Naciones Unidas, 2015.
- [105] Centro de Inversión Sostenible de la Universidad de Columbia; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Red de Soluciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible; Foro Económico Mundial, «Cartografía de la

minería en relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible - un atlas",» Foro Económico Mundial, Ginebra, 2016.

- [106] J. March, M. Prieto, H. García y O. Solas, «Técnicas cualitativas para la investigación en salud pública y gestión de servicios de salud: algo más que otro tipo de técnicas,» *Gaceta Sanitaria*, nº 13, pp. 312-319, 1999.
- [107] I. Rueda, «Investigación y evaluación cualitativa: bases teóricas y conceptuales,» *Atención Primaria*, nº 23, pp. 496-502, 1999.
- [108] C. Perez, «¿Deben estar las técnicas de consenso incluidas entre las técnicas de investigación cualitativa?,» *Revista Española de Salud Pública*, nº 74, pp. 319-321, 2000.
- [109] Inter Agency & Expert Group on SDG, «Resource library: Sustainable Development Knowledge Plataform,» [En línea]. Available: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/11803Official-List-of-Proposed-SDG-Indicators.pdf>. [Último acceso: 8 10 2016].
- [110] E. Deming, *Calidad, Productividad y Competitividad*, Ediciones Díaz de Santos S.A, 1989.
- [111] Ministerio de Minas y Energía, «Análisis del comportamiento del PIB Minero-cuarto trimestre de 2015,» Ministerio de Minas y Energía, Colombia, Bogotá, 2016.
- [112] Ingeominas, UPME, «Sistema de Información Minero Colombiano, UPME,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta\\_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=160&grupo=439&Fechainicial=31/12/2009&Fechafinal](http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=160&grupo=439&Fechainicial=31/12/2009&Fechafinal).