



**Diseño curricular y propuesta didáctica para  
la enseñanza y aprendizaje de la geología  
ambiental.**

**Método de aprendizaje por proyectos  
(ABP/PBL) plataformas TIC. Estudio de caso**

**Steven Lizarazo Peña**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Naturales  
Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas Naturales  
Bogotá – Colombia  
2017**



# **Diseño curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental.**

## **Método de aprendizaje por proyectos (ABP/PBL) plataformas TIC. Estudio de caso**

**Steven Lizarazo Peña**

**Tesis presentada como requisito para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

**Directora:  
MSc. Nivea Cristina Garzón Gómez  
Profesora Departamento de Geociencias  
Facultad de Ciencias**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Naturales  
Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas Naturales  
Bogotá – Colombia  
2017**

# Dedicatoria

Dedico mis esfuerzos académicos a mi madre, a mis seres queridos, mis profesores y a todos aquellos ángeles que Dios ha puesto en mi camino, personas que han contribuido a mi formación profesional, brindándome su sabio consejo y ante todo su cariño.

Steven.

---

## Agradecimientos

Expreso mi gratitud a:

La Universidad Nacional de Colombia mi claustro desde el pregrado con la formación profesional, a la profesora Cristina Garzón mi directora, por su orientación académica y calidad humana, a la profesora Mary Ruth García por su continuo acompañamiento y apoyo.

A los profesores y estudiantes de las escuelas en Geología, Ingeniería Geológica y Geociencias que dedicaron su tiempo e información al desarrollo del proyecto, dentro de ellos destaco el aporte de la Universidad del Norte y la Universidad Nacional de Colombia. Al profesor Edier Vicente Aristizabal Giraldo docente de la asignatura de geología ambiental en la Sede Medellín por sus recomendaciones.

A todos aquellos profesores y especialistas que, con sus enseñanzas, fueron la inspiración para forjar mis pasos, y cuyo objeto es brindar mejores personas para la sociedad; a mis compañeros Miguel Ángel Gómez Fonseca y Andrés Felipe Lancheros Sánchez por su colaboración. A la geóloga Ana María Rojas Bernal por compartir su experiencia en la consultoría ambiental y brindarme su consejo.

## Resumen

Se presenta un programa curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental, basado en el Método de Aprendizaje por Proyectos (ABP/PBL) y plataformas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TICs. Tiene como objetivo, promover una actividad académica desde las geociencias, apoyada en escenarios y necesidades reales de la población colombiana. A partir de una línea base de información del quehacer de la comunidad geológica, la gestión ambiental y las exigencias de diferentes actores sociales sobre un territorio, se consultaron los currículos de las once escuelas de geología y disciplinas afines en el ámbito nacional y de veinte instituciones internacionales, para identificar el potencial pedagógico y transformador que podría presentar un programa en geología ambiental como el propuesto en la presente investigación.

**Palabras Clave:** Geología ambiental, Currículo Geociencias, Método de Aprendizaje por Proyectos (ABP/PBL), Informática.

## **Abstract**

A curricular program and didactic proposal for the teaching and learning of environmental geology is presented, based on the Project-Based Learning Method (ABP/PBL) and platforms in Information and Communication Technologies - ICTs. Its objective is to promote an academic activity based on geosciences, supported by real scenarios and needs of the Colombian population. From a baseline of information on the work of the geological community, environmental management and the demands of different social actors on a territory, the curricula of the eleven schools of geology and related disciplines in the national scope and twenty institutions were consulted international, to identify the pedagogical and transforming potential that a program in environmental geology as the one proposed in this research could present.

**Key Words:** Environmental Geology, Geosciences Curriculum, Project-Based Learning Method (PBL), Information Technology.

# Contenido

	Pág.
Dedicatoria .....	III
Agradecimientos .....	IV
Resumen .....	V
Abstract .....	VI
Contenido.....	VII
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO 1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Planteamiento del Problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Justificación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>3</b>
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Contexto Epistemológico .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Geología Ambiental y Currículo.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Plan de estudios.....	5
2.2.2 Geología ambiental .....	6
2.2.3 Antecedentes de la asignatura de geología ambiental en Colombia.....	6
<b>2.3 Características del programa de Geología Ambiental .....</b>	<b>7</b>
2.3.1 Universidades.....	7
2.2.2 Contenido .....	9
2.2.3 Modelo de enseñanza .....	10
2.2.4 Diagnóstico geoambiental nacional .....	11
2.2.5 Perfil geológico.....	11
2.2.6 Perfil ambiental.....	16
<b>2.3 Metodologías de enseñanza basada en resolución de problemas.....</b>	<b>18</b>
2.3.1 Etapa previa a la planificación.....	19
2.3.2 Planificación .....	19
2.3.3 Desarrollo .....	20
2.3.4 Funciones .....	21

2.3.5 Evaluación.....	21
<b>2.4 Tecnologías de información y comunicación .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA CURRICULAR .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Muestra estadística .....</b>	<b>24</b>
3.1.1 Selección de universidades (Nacional-Internacional) .....	24
<b>3.2 Elaboración del currículo .....</b>	<b>27</b>
3.2.1 Sistema de créditos académicos .....	27
3.2.2 Propuesta de currículo .....	28
3.2.3 Estrategias de implementación .....	33
3.2.4 Herramientas de evaluación para estudiantes.....	34
3.2.5 Herramienta para la evaluación de la propuesta curricular (actores educativos) .	35
3.2.6 Curso virtual en geología ambiental.....	35
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

# Introducción

El programa curricular y la propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental, basado en el Método de Aprendizaje por Proyectos (ABP/PBL) y plataformas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TICs, parte de reconocer que el medio geológico y natural ha dejado de ser un simple objeto de estudio o explotación, para convertirse en escenarios de complejas interacciones y conflictos, donde las temáticas geológicas están vinculadas a la resolución de problemas de incidencia social, económica y ecológica (Duran Valsero *et al*, 2003).

Los estudios y proyección de la geología y disciplinas afines, requiere de profesionales innovadores y comprometidos en la toma de decisiones respecto de la gestión y conservación de los recursos naturales y del patrimonio geológico (Duran *et al*, 2003). Así como del diseño de currículos enfocados en relacionar al hombre y su entorno, orientados a identificar y analizar problemas de manera teórica, buscando con investigación las mejores alternativas de solución, dentro de una visión holística, dialéctica y crítica de la realidad y un desarrollo sistémico de las categorías interpretativas de los docentes y estudiantes (Carr y Kemmis 1988).

La tarea de proponer éste programa curricular con didácticas alternativas y encaminado a remediar algunos vacíos en la formación profesional y el quehacer del geólogo, inmerso en una realidad compleja, como es el caso de nuestro país, surge de reuniones de reflexión en el año 2014, sobre el currículo de geociencias en la Universidad Nacional, donde los profesores coordinadores de la línea de geología ambiental, Modesto Portilla, Oscar Briceño, entre otros; se plantean la necesidad de fortalecer esta área temática dada la importancia que presenta, proponiendo que pase a ser una línea estratégica de fundamentación para la carrera.

La propuesta tiene como objetivo, promover una actividad académica desde las geociencias, apoyada en escenarios y necesidades reales de la población colombiana, donde la resolución de un problema implica responsabilizar al alumno de su propio aprendizaje y desarrollar unas competencias y habilidades necesarias en el campo profesional como la capacidad para la toma de decisiones, la habilidad para la comunicación oral y escrita, la capacidad para el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y creativo, entre otros (Duch *et al*, 2001).

Adicionalmente, el aprendizaje se puede optimizar mediante la utilización de “nuevas” tecnologías que faciliten la interacción e intercambio de experiencias y conocimientos entre estudiantes de diferentes zonas geográficas; que permitan a los maestros actualizarse y capacitarse en sus temáticas y propongan nuevas estrategias para construir conocimiento (Gómez, 2008).

El programa sugerido, debe ser evaluado y retroalimentado por las instituciones académicas interesadas en su futura implementación, para ello deberá contar con las respectivas modificaciones, actualizaciones y ajustes que se requieran en la misma, y contará con todo nuestro apoyo.

# CAPÍTULO 1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de una reflexión sobre las exigencias sociales y jurídicas que actualmente debe soportar la actividad y los profesionales de las geociencias, así como los discursos no siempre documentados de otros actores y sectores de la sociedad, se adelantó una línea base de información del quehacer de la comunidad geológica, la gestión ambiental y las exigencias de diferentes actores sociales sobre un territorio. Una preocupación que si bien, proviene del cotidiano de la comunidad académica y las asociaciones de profesionales, alcanza para vincular los currículos de las once escuelas de geología y disciplinas afines en el ámbito nacional y de veinte instituciones internacionales, para identificar el potencial pedagógico y transformador que podría presentar un programa en geología ambiental.

## 1.1 Planteamiento del Problema

La falta de un diagnóstico sistemático de la actividad y del perfil ocupacional del profesional de las geociencias, así como los discursos no siempre documentados de otros actores y sectores de la sociedad, plantean que las problemáticas ambientales más destacadas sobre el territorio colombiano, están asociadas con la extracción de los recursos minero-energéticos, una explotación que en la mayoría de los casos, no involucra a la comunidad geológica, pero ante el silencio y la falta de toma de decisiones, afecta la profesión. Y surge la necesidad de consultar los programas curriculares, relacionados con las ciencias ambientales y de la tierra y la pertinencia de su contenido en relación con el contexto nacional actual. Es por esto, que se ha tomado como caso de estudio el área de Geología Ambiental que es la disciplina que estudia las relaciones entre las actividades geológicas y el ambiente y cuyos programas curriculares se centran en la caracterización geológica de los desastres naturales, en términos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como en los aspectos ambientales y sociales que los generan o que son impactados.

Esto lleva a plantear la pregunta ¿Cuál es la estrategia académica que se debe formular en los currículos en Geología Ambiental para formar profesionales comprometidos con la resolución de las problemáticas geoambientales?

## 1.2 Justificación

La formación de profesionales en geociencias requiere de contenidos, métodos y pedagogías básicas disciplinares, no obstante, como en otras áreas del conocimiento, los momentos históricos actuales obligan al trabajo interdisciplinario por la complejidad de los problemas y alternativas de solución.

A partir de evaluar los programas curriculares desde un entorno geoambiental, con la construcción de una línea base de información sobre los planes académicos de las escuelas de geología, once para Colombia y 20 universidades, seleccionadas por su

representatividad internacional. Y frente a la realidad ambiental del país, se analiza de manera crítica que falta competencias profesionales y laborales para afrontar los diversos escenarios de conflicto alrededor del estudio y manejo de los geoambientes y recursos naturales, particularmente minero-energéticos en el territorio colombiano. Se evidencia en la revisión de los currículos una prevalencia de pedagogías y didácticas desactualizadas y poco formativas.

La Geología Ambiental no es una moda pasajera ya que una de sus funciones en un país como Colombia es mejorar el nivel de vida de sus habitantes y ayudar al entendimiento global del medio ambiente y, por lo tanto, a su manejo adecuado (CMMAD, 1988).

Cuando todos los municipios de Colombia con más de 20.000 habitantes empleen un geólogo debidamente entrenado en geología ambiental, sus habitantes y gobernantes se ahorrarán un gran número de problemas previsibles y remediabiles. De eso nada menos depende el bienestar presente y futuro de la humanidad (Hermelín Arbaux, 2002 a, b).

En la medida que se formen profesionales especializados en resolución de conflictos socioambientales el país mejorará la gestión de sus recursos naturales y garantizará su disponibilidad para generaciones futuras.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar un programa curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental, basado en el Método de Aprendizaje por Proyectos (ABP/PBL) y plataformas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TICs, para promover la formación académica de profesionales competentes y autónomos para intervenir en escenarios y necesidades reales de la población colombiana.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el contenido, metodología, métodos de evaluación y pertinencia de los programas académicos del área de Geología Ambiental en Colombia.
- Realizar una matriz comparativa de contenidos entre los programas nacionales e internacionales y evaluar su pertinencia para la realidad colombiana.
- Establecer una aproximación a las necesidades de estudiantes y profesionales de geología en temas de geología ambiental.
- Diseñar una propuesta curricular para la asignatura de Geología ambiental, con su respectiva estrategia de evaluación, que utilice las Tecnologías de información y comunicación existentes.
- Diseñar un aplicativo informático que permita divulgar en línea la propuesta curricular a desarrollar.

## CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA

El estado del arte en lo concerniente al diseño de un currículo es todo un sistema de gestión académica y políticas en educación de una sociedad determinada. En nuestro trabajo se parte de programas curriculares ya existentes, acreditados y con reconocimiento entre la comunidad geológica.

### 2.1 Contexto Epistemológico

Los dos conceptos principales que deben ser tenidos en cuenta al momento de aproximarse a la dinámica del ser humano de aprender, son pedagogía y didáctica, puesto que de ellas empezamos a comprender los procesos que se dan desde el educador en pro de que el conocimiento que se imparte tenga un impacto en el receptor que para el caso se trata del estudiante y/o estudiantes.

Es por esto por lo que se buscan las definiciones que más se adapten al presente documento para así relacionar este proceso con el objetivo primordial del curso que es poder llegar del mejor modo al estudiante a través de una propuesta curricular para la asignatura de geología ambiental en el ámbito de la educación superior, pero que de la flexibilidad de poder ser adaptado según la necesidad a otros entornos de aprendizaje.

El principal concepto evaluado por los educadores es el de pedagogía, Meirieu en 1997 lo define como: “ Una reflexión sobre los fines de la educación y sobre los medios que uno puede poner al servicio de dichos fines”, es decir, la naturaleza de esta ciencia es encontrar la metodología y técnicas educativas que hagan el quehacer docente más provechoso por parte de los estudiantes, lo cual exige que desde el maestro haya también puntos de fortalecimiento y cambio en su labor, ajustando su ejercicio docente al más productivo para sus estudiantes (Zambrano Leal, 2016).

El siguiente concepto que también forma parte fundamental del que hacer del educador se trata de la didáctica, que es, disciplina científica encargada de estudiar la génesis, apropiación y difusión del conocimiento y sus ambientes de enseñanza y aprendizaje (Zambrano Leal, 2005). Desde este punto de partida se observa que el proceso que tiene la didáctica se detiene mucho en el cómo utilizar los procesos y elementos existentes del mejor modo para poder llegar a la comprensión y como lo dice el concepto la apropiación del saber por parte del interlocutor.

Teniendo en cuenta los dos anteriores conceptos, y a través de una reflexión hecha desde la documentación sobre cómo se educa en geología ambiental en Colombia y las principales escuelas a nivel internacional, junto con el sondeo de la percepción de la misma asignatura en las 11 escuelas colombianas que ofrecen dicha asignatura es evidente la necesidad de apropiar el conocimiento a través de metodologías teórico-prácticas que rompan el esquema tradicional de enseñanza.

Una de las metodologías de aprendizaje teórico-práctico es la de aprendizaje por problemas/proyectos, la cual permite al estudiante ser gestor de su propio aprendizaje ya que le permite a partir de la reflexión de su entorno, formular proyectos que lo ayuden a comprender dicha dificultad y a su vez proponer alternativas desde la apropiación del conocimiento que va gestionando desde su propio trabajo y desde la consolidación de dicho saber con su educador y el trabajo grupal (González González, 2014).

Dicha metodología será la utilizada en el presente documento como propuesta para formular el aprendizaje de la geología ambiental en la educación superior, debido a que ofrece flexibilidad tanto para el docente como para el estudiante para construir el conocimiento, para crear espacios de discusión al socializar lo aprendido, para proponer soluciones diversas a un mismo problema y porque es la metodología que está siendo utilizada en las principales escuelas del mundo para educar.

## **2.2 Geología Ambiental y Currículo**

Se incluyen asignaturas orientadas a abordar la temática de ambiente; dentro de las carreras en ciencias de la Tierra, se encuentra la geología ambiental, la cual requiere de conocimientos adecuados en geomorfología, edafología, hidrología, sísmica y vulcanología. Se requiere además un conocimiento adecuado del funcionamiento de las instituciones públicas locales, regionales y nacionales, relacionadas con el tema (Hermelín Arbaux, 2012a).

Al entrar en el tema de asignaturas, debemos tener claro el concepto de currículo, por lo cual se acude a la definición que tiene el ministerio de educación colombiano en el 2017:

*“Currículo es el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías, y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional” (MinEducación, 2017a).*

Comprendiendo que la finalidad del currículo debe aportar a la construcción de un profesional que tenga las herramientas necesarias para abordar su contexto y más que ello, ser un actor activo en su realidad desde la proposición de soluciones.

### **2.2.1 Plan de estudios**

Un plan de estudios es el esquema estructurado de las áreas obligatorias, fundamentales y optativas, con sus respectivas asignaturas, que forman parte del currículo de los establecimientos educativos. El plan de estudios debe contener los siguientes aspectos (MinEducación, 2017b).

- La intención e identificación de los contenidos, temas y problemas de cada área, señalando las correspondientes actividades pedagógicas.
- La distribución del tiempo y las secuencias del proceso educativo, señalando en qué grado y período lectivo se ejecutarán las diferentes actividades.
- Los logros, competencias y conocimientos que los educandos deben alcanzar y adquirir al finalizar cada uno de los períodos del año escolar, en cada área y grado, según hayan sido definidos en el proyecto educativo institucional-PEI- en el marco de las normas técnicas curriculares que expida el Ministerio de Educación Nacional. Igualmente incluirá los criterios y los procedimientos para evaluar el aprendizaje, el rendimiento y el desarrollo de capacidades de los educandos.
- El diseño general de planes especiales de apoyo para estudiantes con dificultades en su proceso de aprendizaje.

- La metodología aplicable a cada una de las áreas, señalando el uso del material didáctico, textos escolares, laboratorios, ayudas audiovisuales, informática educativa o cualquier otro medio que oriente soporte la acción pedagógica.
- Indicadores de desempeño y metas de calidad que permitan llevar a cabo la autoevaluación institucional.

Comprendiendo lo que significa un plan de estudios en Colombia, podremos tener un análisis más claro de lo que ocurre con la asignatura de geología ambiental en el país, es decir, acercarnos a la situación actual de los contenidos en ambiente que el mismo ministerio de educación exige para la complementación educativa del estudiante.

### 2.2.2 Geología ambiental

El Glosario de Bates & Jackson (1980) define la geología ambiental como “la aplicación de los principios y de los conocimientos de la geología a los problemas creados por la ocupación y la explotación del entorno físico por el hombre”.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD) la definió en 1987 como “La convivencia duradera del hombre con el planeta Tierra implica una planificación y una gestión adecuadas de los recursos, de las amenazas y los riesgos naturales. Sin esas condiciones no se concibe un desarrollo sostenible”.

Edward Keller (1996) la define como “el uso de información geológica para ayudar a resolver conflictos con el uso del suelo, minimizar la degradación ambiental y maximizar los resultados benéficos de utilizar los ambientes naturales y modificados”.

Hermelín Arbaux (2002b) postula que “Los paisajes son conjuntos de rocas, geoformas, suelos y ecosistemas que son mantenidas por procesos naturales y que son también la expresión de la historia del entorno natural, con la adición de los impactos y de la gestión de los seres humanos”.

### 2.2.3 Antecedentes de la asignatura de geología ambiental en Colombia

“Hace casi 70 años (1933) que Hubach y Alvarado, del entonces Servicio Geológico Nacional, presentaron dos informes sobre la destrucción de dos poblaciones boyacenses: Sativanorte y La Paz, informes que contenían igualmente recomendaciones muy claras sobre los sitios donde deberían reconstruirse las dos nuevas poblaciones: Sativa y Paz de Río. Me atrevo a considerar esa fecha como la del nacimiento en Colombia de la geología ambiental ” (Hermelín, 2002a).

Podría remontarse a 1595, con la descripción de Fray Pedro de Simón (1625), de la erupción del Nevado de Ruiz o a 1846 con la excelente contribución de Joaquín Acosta a la Academia de Ciencias de París acerca de otra erupción del mismo volcán el año anterior. Pero ninguno de esos dos trabajos trae realmente recomendaciones para el futuro y es así como en la vertiente oriental de la Cordillera Central se fundó hacia 1870 la población de Armero, muy próspera hasta el 13 de noviembre de 1985 (Hermelín, 2002a).

En Colombia, las Ciencias Ambientales comenzaron a ser reconocidas por Colciencias desde 1971 con el Proyecto Especial sobre “Ecología y Ciencias Ambientales”. La aprobación definitiva de esta nueva área de conocimiento tuvo lugar en 1991, en el momento que se organizó el actual Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología – SNCyT, y comenzaron a funcionar sus 11 programas nacionales de Ciencia y Tecnología, entre

los cuales se cuenta el “Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat” (RCFA, 2007).

El carácter multidisciplinario o interdisciplinario de las Ciencias Ambientales ha sido una constante en todas las caracterizaciones que sobre ellas se han formulado y se siguen formulando hasta la fecha. Algunas de estas disciplinas científicas particulares iniciaron procesos autónomos de desarrollo o ampliación de su tradicional campo de trabajo para ocuparse del análisis de problemas y temas ambientales específicos. Esta tendencia dio origen a una serie de Ciencias Ambientales de carácter unidisciplinario, tanto en el campo de las ciencias naturales como en el de las ciencias sociales. Ejemplos de esta modalidad de trabajo científico unidisciplinario sobre el ambiente y sus problemas son la Química Ambiental, la Geología Ambiental, la Economía Ambiental, la Historia Ambiental (RCFA, 2007).

A partir de 1972, como resultado de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, se reconoce la incidencia de la tarea educativa ambiental en la concientización colectiva respecto a la interdependencia del hombre con el medio ambiente (RCFA, 2007).

En 1977, en la Conferencia de Tbilisi, se declara que “Las universidades, en su calidad de centros de investigación, de enseñanza y de formación del personal calificado del país, deben dar cada vez mayor cabida a la investigación sobre educación ambiental y a la formación de expertos en educación formal y no formal. La educación ambiental es necesaria para los estudiantes cualquiera sea la disciplina que estudien y no sólo las ciencias exactas y naturales, sino también las ciencias sociales y las artes puesto que la relación que guardan entre sí la naturaleza, la técnica y la sociedad, marca y determina el desarrollo de una sociedad (UNESCO, 1977).

Hasta el 2012 (Hermelín Arbaux, 2002b), la investigación sobre geología ambiental en Colombia se centró en el desarrollo de metodologías apropiadas (Arango *et al*, 1990; Hermelín Arbaux, 1988; 1989; 1990 a, b, c). Sin embargo, el futuro incluye el enorme potencial que ofrece el uso intensificado de sensores remotos, particularmente de imágenes de satélites (Pérez, 1990) y de los Sistemas de Información Geográfica (Bustamante, 1990; Chica *et al*, 1990; Van Westen & Álzate, 1990), así como la evaluación sistemática de pérdidas previstas a nivel regional (Velásquez & Meyer, 1990).

Hermelín Arbaux (2002b) expresa que “La experiencia obtenida al dictar, desde 1983, un curso de geología ambiental en el programa de Posgrado en Planeación Urbana de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional – sede Medellín, permite plantear la necesidad de buscar nuevas audiencias para este tema; casi podría afirmarse que planificadores, arquitectos, urbanistas y en general personas que tomen decisiones o las recomienden sobre uso del territorio deben necesariamente tener conocimientos de geología ambiental”.

## **2.3 Características del programa de Geología Ambiental**

### **2.3.1 Universidades**

En Colombia existen 163 universidades, 56 públicas y 107 privadas; solamente 17 universidades tienen carreras de pregrado y posgrado y acreditadas; de esas 17, cuatro

**Diseño curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental. Método de aprendizaje por proyectos (ABP/PBL) plataformas TIC. Estudio de caso**

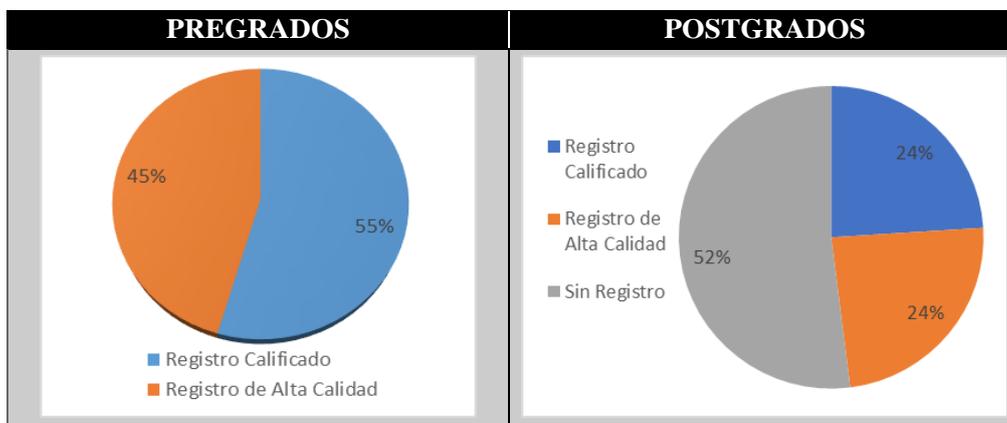
(4) tienen registro de alta calidad, ocho (8) tienen registro calificado y los programas restantes aparecen sin registro (Tabla 1).

**Tabla 1.**

Acreditación de programas de educación superior en Geociencias y afines (MEN, 2017)

UNIVERSIDAD	CARRERA	NIVEL	ESTADO
Universidad EAFIT	Especialización en Geología	Posgrado	Sin registro
	Maestría en Hidrogeología Ambiental	Posgrado	Sin registro
	Geología	Pregrado	Registro Calificado
Universidad Nacional De Colombia	Maestría en ciencias - Geología	Posgrado	Sin registro
Universidad Antonio Nariño	Maestría en Geología	Posgrado	Sin registro
Universidad De Antioquia	Geología	Posgrado	Sin Registro
Universidad Sergio Arboleda	Maestría en ciencias - Geología	Posgrado	Sin registro
Universidad Del Cauca	Especialización en medio ambiente y Geoinformática	Posgrado	Sin registro
Universidad Del Valle	Geología	Posgrado	Sin Registro
Universidad Militar-Nueva Granada	Geología	Posgrado	Sin Registro
Universidad Industrial De Santander	Maestría en Geología	Posgrado	Registro de Alta calidad
	Geología	Posgrado	Sin Registro
	Geología	Pregrado	Registro de Alta Calidad
Universidad De Caldas	Geología	Posgrado	Sin registro
	Geología	Pregrado	Registro Calificado
Universidad De Pamplona	Geología	Pregrado	Registro Calificado
Universidad Nacional De Colombia	Doctorado en Geociencias	Posgrado	Sin registro
	Especialización en geotecnia ambiental	Posgrado	Sin registro
	Geología	Pregrado	Registro de Alta Calidad
	Ingeniería Geológica	Pregrado	Registro de Alta Calidad
Universidad IEA	Ingeniería Geológica	Pregrado	Registro Calificado
Universidad de los Andes	Geociencias	Pregrado	Registro Calificado
Universidad de Santander	Geología	Pregrado	Registro Calificado
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC	Ingeniería Geológica	Pregrado	Registro Calificado
Fundación Universitaria del Área Andina	Ingeniería Geológica	Pregrado	Registro Calificado
Universidad del Norte	Geología	Pregrado	Registro Calificado

Lo anterior indica que todos los programas de pregrado están registrados y el 45% de cuentan con certificación de alta calidad y que el 52% de los programas de postgrado no están registrados y el 24% tiene registro de Alta Calidad (Figura 1).

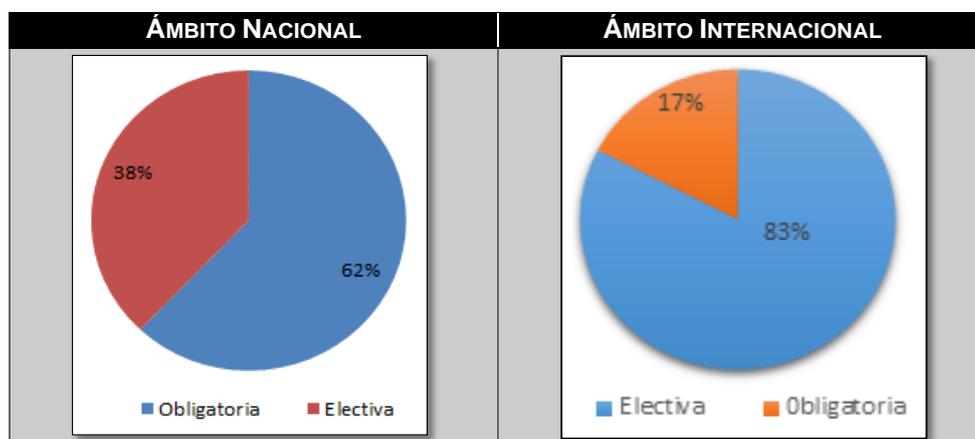


**Figura 1.** Certificación de los programas en Geociencias en Colombia (MEN, 2017).

Para hacer un comparativo con el ámbito internacional se tomaron los países con mayor y menor número de universidades que dictan las carreras de Geociencias, Geología y afines. Se encontró que Estados Unidos ocupa el primer lugar con veinte (20) universidades y Brasil el último lugar con solo tres (3). En ambos casos, la totalidad de las carreras cuentan con acreditación de alta calidad.

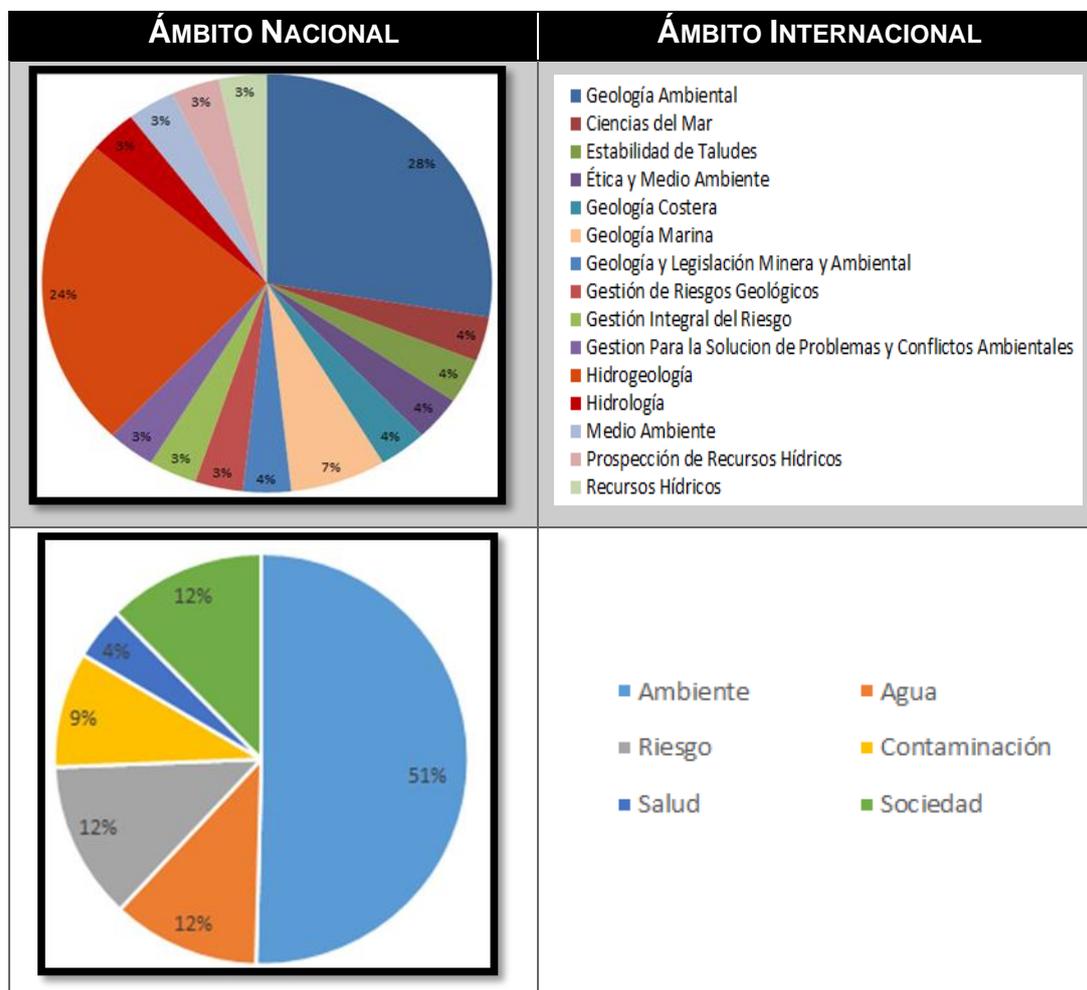
### 2.2.2 Contenido

Dentro de los currículos existen materias de carácter obligatorio que proporcionan al estudiante el conocimiento básico de la disciplina y materias electivas que le permiten profundizar en ciertos temas o ampliar sus conocimientos en otras áreas. Al hacer el sondeo en las once (11) universidades nacionales, se encontró que hay 29 materias de Geología Ambiental y afines; de las cuales dieciocho (18) son obligatorias y once (11) son electivas. En la muestra de universidades internacionales, se tiene un total de 137 materias de interés, 103 electivas y 31 obligatorias. Se puede observar (Figura 2) que en el panorama nacional hay una tendencia a que las materias relacionadas con la Geología Ambiental y afines sean de tipo obligatorio (62%), mientras que en el internacional la tendencia es hacia las electivas (83%).



**Figura 2.** Carácter de las materias ofrecidas en las carreras de interés (Compilado por Lizarazo, 2017).

En cuanto al contenido de los programas de Geociencias y afines, se observa que en el marco nacional el 28% de las carreras tienen Geología Ambiental; el 24% Hidrogeología y el 7% Geología Marina y Ambiental. Mientras en el marco internacional, el 51% de los programas contienen temas ambientales; el 12% incluye temáticas sociales, de riesgo y de agua; el 9% ubica la contaminación como un tema separado y el 4% incluyen los temas de salud (Figura 3).



**Figura 3.** Contenido de los programas de Geociencias en el marco nacional e internacional (Compilado por Lizarazo, 2017).

### 2.2.3 Modelo de enseñanza

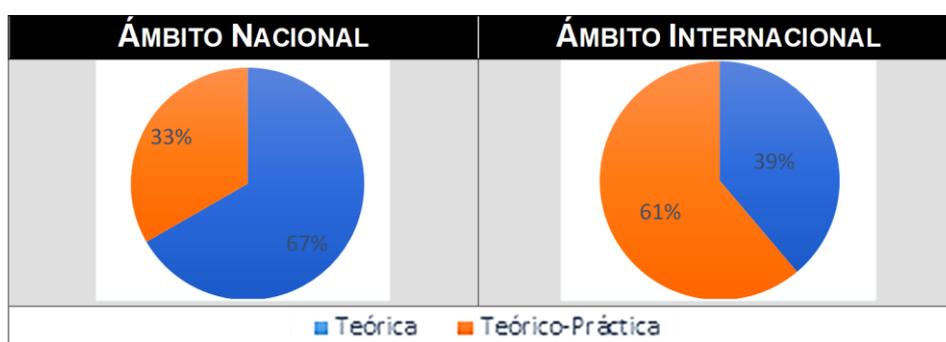
Dentro de la educación hay tres modelos de enseñanza: 1) el netamente teórico que se centra en la divulgación del conocimiento por parte del docente y en aportar la mayor cantidad de contenido en cada clase; 2) el modelo teórico-práctico donde el docente brinda las bases conceptuales y se crean actividades para que el estudiante, a partir de la aplicación de esos conocimientos básicos, busque respuestas y soluciones; y 3) el modelo práctico mediante el cual se aprende haciendo (Álvarez Álvarez, 2012).

Dentro del modelo teórico-práctico, se utilizan recursos como los laboratorios y las salidas de campo, en los cuales el estudiante aplica los conocimientos adquiridos previamente, para resolver un problema dado. Estas herramientas permiten, en el caso

de las Ciencias de la Tierra, entender los procesos geológicos, ambientales y sociales que se presentan en diferentes regiones de Colombia (UNAL, 2009).

En la experiencia práctica, se busca que el alumno comprenda cómo puede aplicar el conocimiento adquirido para entender el entorno o problema que se le presenta; que pueda complementar y fundamentar los trabajos de investigación, estructurar nociones y construir conceptos. Así mismo, permiten realizar una evaluación de aquellas fortalezas y debilidades que presenta el módulo teórico y así mejorar la asignatura (Umaña de Gauthier, 2017).

En el análisis realizado a las universidades tomadas como referentes (Figura 4) se encontró que, para la enseñanza de la asignatura de Geología Ambiental y afines, el modelo teórico predomina en Colombia (67%) mientras que en el resto del mundo se prefiere el método teórico-práctico (61%).



**Figura 4.** Metodologías para la enseñanza de la Geología Ambiental y afines (Compilado por Lizarazo, 2017).

#### 2.2.4 Diagnóstico geoambiental nacional

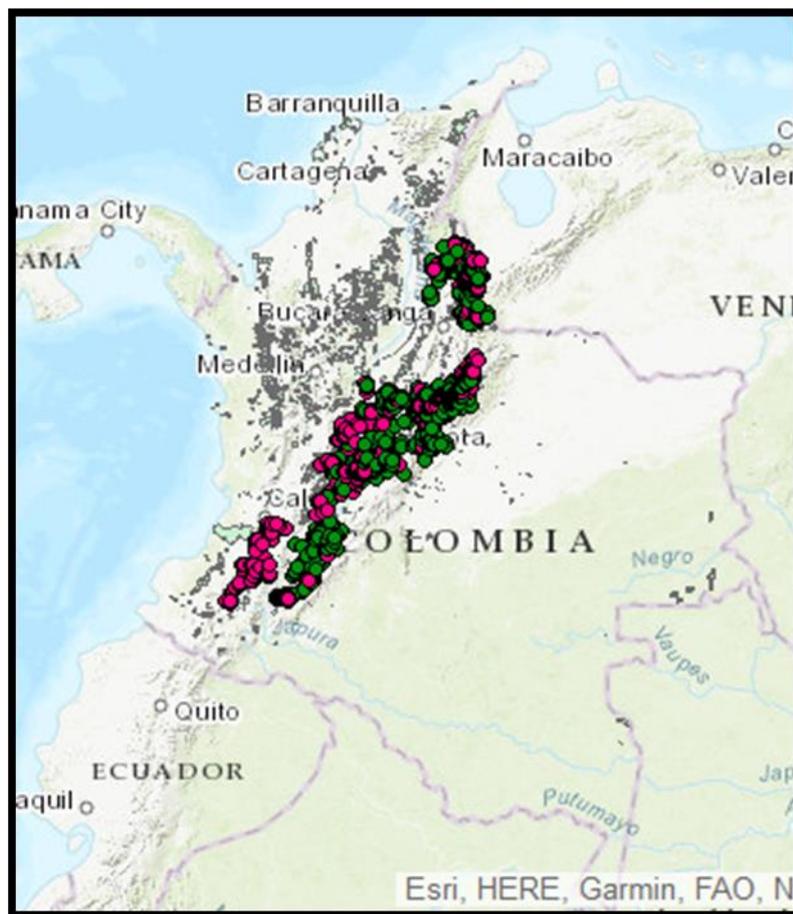
Este perfil geoambiental busca contextualizar la participación de los Geólogos en la dinámica ambiental del país. Después de hacer una revisión de los diferentes aspectos ambientales se puede ver como la geología ha tenido una participación muy baja en la toma de decisiones, la formulación de políticas ambientales y la construcción de modelos y escenarios de desarrollo sostenible.

Lo anterior, lleva a preguntarse sobre la pertinencia y efectividad del enfoque de los programas de geología ambiental en Colombia y soporta la necesidad de crear un programa que aporte herramientas a los profesionales de las geociencias para que estos se conviertan en gestores de cambio y lideren la resolución de los problemas geosocioambientales que aquejan al país.

#### 2.2.5 Perfil geológico

El aprovechamiento de una oferta hídrica de más de 2.084 km<sup>3</sup> para la generación de electricidad, le ha permitido a Colombia consolidarse como el quinto país, entre más de 146, más competitivo en generación energética. La contribución de grandes plantas hidroeléctricas como Chivor (AES Chivor), San Carlos (ISAGEN) o el Guavio (EMGESA), la generación de energía alcanzó en 2012, un máximo de 4.139 GWh/mes. Estos resultados obedecen también al creciente aporte de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) de menos de 20 MW, las cuales aprovechan las corrientes de agua menos caudalosas. (XVII Congreso Colombiano de Petróleo y Gas, 2017).

Según la Agencia Nacional de Minería, de los 114 millones de hectáreas continentales del territorio nacional, sólo el 5% están tituladas para la actividad minera, de las cuales el 2.3% están en exploración, 1.6% en construcción y montaje, y 1.1% en explotación". Al 2017 la Agencia, reporta 9.602 títulos mineros en los que se explotan 8 grandes grupos de materiales: de construcción 57%, carbón 17%, metales preciosos 11%, calizas 5%, minerales Industriales 4%, piedras preciosas 4% y otros Metales 2%. La tenencia de títulos mineros está concentrada en un 68% (6.517 títulos) en personas naturales, mientras que solo el 32% restante (3.085 títulos) se encuentra en manos de titulares con personería Jurídica y las mayores áreas tituladas para desarrollar proyectos mineros son en un 22% competencia de la Gobernación de Antioquía, seguido por el PAR Cartagena y el PAR Valledupar con un 10% cada uno. Podemos afirmar además que la minería se desarrolla en la mayor parte del territorio colombiano, para ser más precisos en 30 de los 32 departamentos y en el Distrito Capital." (ANM, 2015).



**Figura 5.** Áreas asignadas a la actividad minera. (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2017).

En el sector minero, el censo minero realizado por la UPME muestra que la actividad minera, legal e ilegal, se realiza en la mayor parte del país (Figura 5) y que su localización coincide con las áreas de actividad petrolera. Las áreas grises de la parte occidental del país, y los puntos verdes son actividades con título minero. Para la actividad petrolera, la Agencia Nacional de Hidrocarburos reportó en julio del 2017, 900 áreas distribuidas de la siguiente manera (Tabla 2):

**Tabla 2.**

Listado de áreas para la actividad de hidrocarburos (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2017).

<b>ESTADO</b>	<b>No. DE ÁREAS</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>
<b>Exploración</b>	272	19.778.950
<b>Explotación</b>	147	1.525.076
<b>Producción</b>	52	1.043.670
<b>Disponibles</b>	410	58.697.769
<b>Reservadas</b>	5	5.260.537
<b>En evaluación técnica</b>	18	13.710.032
<b>Otro</b>	2	2.182.623
<b>TOTAL</b>	<b>906</b>	<b>102.198.657</b>
<b>SUPERFICIE</b>		
<b>Continental</b>	826	58.810.404
<b>Marina</b>	73	42.955.378
<b>TOTAL</b>	<b>899</b>	<b>101.765.782</b>

#### 2.2.5.1 Indicadores de Riesgo de Desastres

Los indicadores de riesgo de desastres y gestión de riesgos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) permite evaluar mejor el riesgo que afrontan los países en casos de desastre, y sirven como una guía útil para emprender acciones políticas y gubernamentales que tengan como propósito reducir las pérdidas humanas y los daños en infraestructura, así como las pérdidas financieras y económicas causadas por terremotos, inundaciones y otros fenómenos naturales.

En forma general, el fenómeno natural cuya amenaza tiene la mayor área de influencia y mayor severidad (muy alto a moderado en todo el territorio) es la ocurrencia de sismos, seguido de las descargas eléctricas que varían su severidad de notable a moderado. En cuanto a los eventos que tienen un área de influencia en todo el país, pero con menor severidad se encuentran las sequías. Las inundaciones, presentan niveles de severidad que varía de leve a muy alto, pero en un área menor del territorio (aproximadamente el 55%). Los eventos que menor área de influencia (5%) tienen en el país pero que cuentan con un nivel alto o notable de severidad son los tsunamis, las oleadas por tormenta y las erupciones volcánicas, y con la misma área de influencia y menor severidad (leve a moderado) se encuentran las granizadas y las tormentas tropicales (Figura 6). Los fenómenos recurrentes y puntuales como deslizamientos e inundaciones, poco visibles a nivel nacional, son causantes de efectos continuos en el nivel local y que acumulativamente pueden ser importantes se consideran en la estimación del Índice de Desastres Locales (BID, 2015).

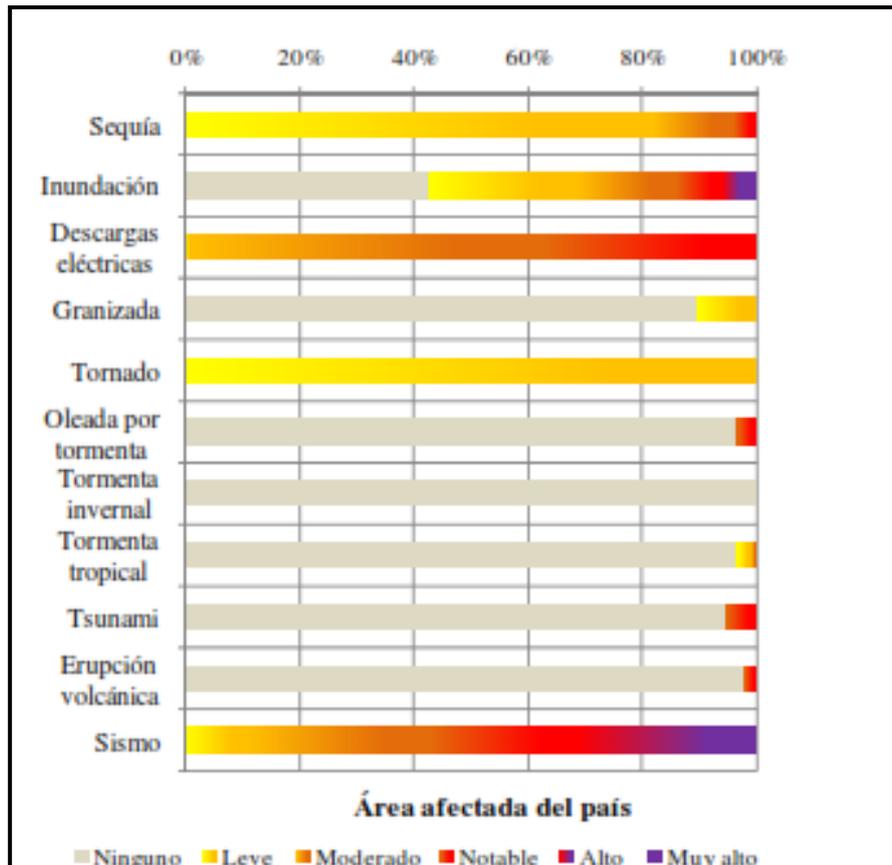


Figura 6. Porcentajes de áreas de influencia según amenaza (Munich Re, 2015).

El sistema de indicadores consiste en cuatro índices principales (BID, 2015):

- El Índice de Déficit por Desastres calcula el impacto macroeconómico y financiero de los riesgos que enfrentan los países debido a posibles catástrofes.
- El Índice de Desastres Locales evalúa la frecuencia en la magnitud y distribución de los efectos derivados de la acumulación de daños causados por desastres de pequeña escala, tales como el número de muertos, gente afectada y concentración de pérdidas.
- El Índice de Prevalencia de Vulnerabilidad mide la exposición de los países a pérdidas humanas y económicas, su fragilidad socioeconómica y la debilidad institucional e infraestructura.
- El Índice de Gestión de Riesgo evalúa cómo los países identifican riesgos, qué hacen para reducirlos, cómo responden y se recobran después de desastres naturales y qué esquemas presupuestarios y de protección financiera aplican para lidiar con los costos de catástrofes.

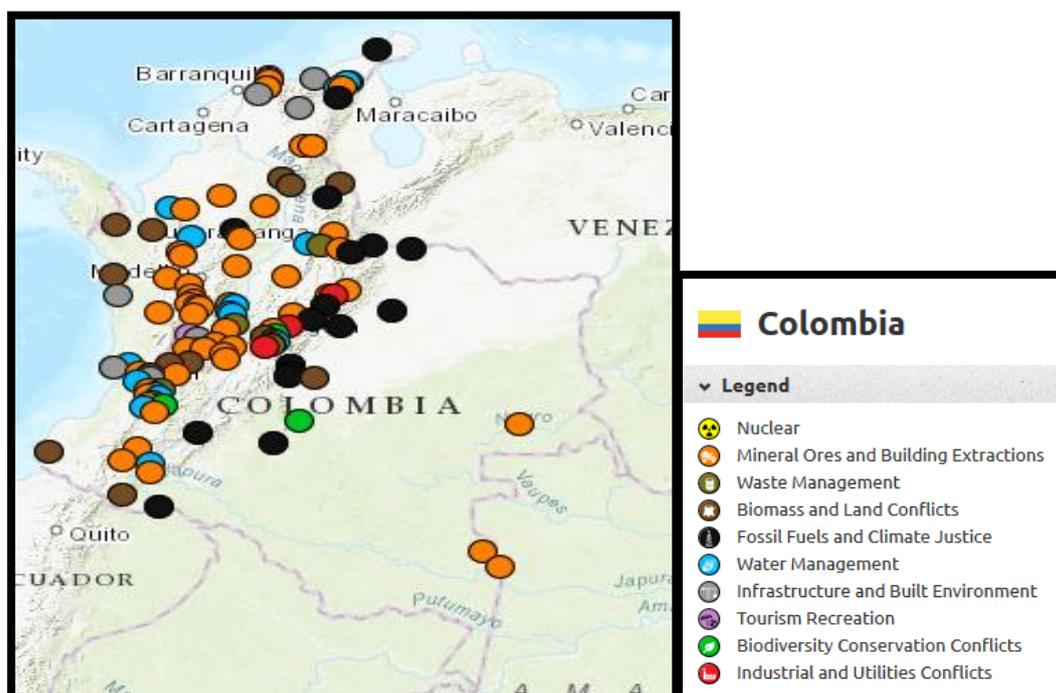
#### 2.2.5.2 Conflictos ambientales nacionales

Las actividades contaminantes producidas por la explotación minera ilegal pueden llegar a tener impactos directos sobre la salud de las personas y adicionalmente, otra clase de impactos indirectos sobre el bienestar humano, como la disminución de productos del bosque que afecta el balance alimentario y medicinal, y puede producir cambios en las

prácticas tradicionales, usos y costumbres de las comunidades étnicas asociados a la biodiversidad (Sentencia T-622/16 de la Corte Constitucional de Colombia).

Para 1995, se estimaba que existían 48 millones de hectáreas de bosques en pie en el país y que se había destruido más del 30% de la cobertura forestal nativa. Las principales causas de la deforestación, según el Ministerio de Minas y Energía (1994), fueron la expansión de la frontera agropecuaria y la colonización (73,3%), producción de madera (11,7%), consumo de leña (11%), incendios forestales (2%), y cultivos ilícitos (2%). Para conservar la riqueza natural, se ha venido desarrollando un sistema nacional de áreas protegidas que cuenta, para 1995, con 33 parques nacionales, dos reservas naturales, 7 santuarios de flora y fauna y una zona ecológica especial. Sin embargo, también se ha presentado deterioro al interior de estas áreas “protegidas” porque el Estado ha sido incapaz de impedir en ellas la acción depredadora de los colonos (Sánchez, 2002).

En 2017, los conflictos ambientales que generan mayor impacto están asociados a la extracción de minerales, combustibles fósiles y cambio climático, gestión del recurso hídrico, construcción de infraestructura, manejo de basuras, industria y servicios públicos, biodiversidad y conservación (EJOLT, 2017). Siendo la extracción de minerales e hidrocarburos, la actividad geológica que genera mayores conflictos ambientales es (Figura 7).



**Figura 7.** Atlas de Justicia Ambiental de Colombia (EJOLT, 2017).

### 2.2.5.3 Normatividad ambiental

La Constitución de 1991 en la que se establecieron la función ecológica de la propiedad, los deberes ambientales del Estado, los derechos ambientales de los ciudadanos; se ordenó la formulación de políticas ambientales como parte del Plan Nacional de

Desarrollo e introdujo la noción de desarrollo sostenible como meta para la sociedad, entre otros aspectos (Sánchez, 2002).

En 1992 en Río, Brasil, se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo, en la cual se intentó definir el rumbo ambiental de la Tierra y

se elaboró una carta magna para preservar el sistema ecológico y asegurar un desarrollo sostenible sin irrespectar los intereses de los distintos pueblos. (Sánchez, 2002).

La Ley 99 de 1993, estableció el Sistema Nacional Ambiental (SINA); modificó la legislación en materia de licencias ambientales, tasas retributivas, tasas por uso del agua, destinación de recursos financieros para la gestión ambiental, y sanciones por infracción de las normas ambientales.

En 1994, la Ley General de Educación consagra como uno de los fines de la educación la adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales, de la preservación de desastres, dentro de una estructura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la nación; dispone la estructura del servicio público educativo y consagra que está organizada para formar al educando en la protección, preservación y aprovechamiento de los recursos naturales y el mejoramiento de las condiciones humanas y del ambiente. El decreto 1743, uno de los que reglamenta esta ley, institucionaliza el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal. Se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen mecanismos de coordinación entre los ministerios de Educación y Medio Ambiente (Red Colombiana de Formación Ambiental, 2007).

En este mismo año, Colombia suscribió el convenio de Diversidad Biológica a través de la Ley 165 de 1994, con base en la cual se formuló la Política Nacional de Biodiversidad y se adquirió el compromiso de conformar y consolidar un Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP.

En el 2014, mediante el Decreto 2041, se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales y en el 2015 se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076).

**El licenciamiento ambiental**, concebido como un instrumento de regulación, control y planificación ambiental de las actividades productivas, se ha convertido en un simple trámite administrativo, para el cual lo importante no es la calidad de las exigencias y obligaciones que impone, sino la rapidez con que se expida. Así mismo, la falta de confiabilidad y la escasez de información adecuada para la gestión sobre el terreno, y el aislamiento de los subsistemas de información exitosos, son causa principal de la desarticulación entre los resultados de la investigación y la formulación de políticas y la toma de decisiones para una gestión ambiental adecuada y coordinada (Nannetti & Leyva, 2015).

#### 2.2.6 Perfil ambiental

Colombia tiene una superficie total de 2.070.408 km<sup>2</sup>, repartidos en un área continental de 1.141.748 km<sup>2</sup> y un área marítima de 928.660 km<sup>2</sup> (IGAC, 2017). Es uno de los cinco países con mayor diversidad biológica a nivel internacional y como parte del Convenio de Diversidad Biológica se encuentra comprometida en establecer y mantener al año 2010 para las zonas terrestres y al año 2012 para las marinas, sistemas nacionales y regionales de áreas protegidas completos, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos que contribuyan al logro de los objetivos del Convenio (Parques Nacionales Naturales de Colombia)

Este país biológica y culturalmente megadiverso, tiene mucho que perder si no maneja con cautela e inteligencia la explotación de sus recursos mineros. Durante las últimas siete décadas esta labor de inspección y evaluación ha demostrado multitud de problemas que incluso van más allá del ámbito geológico, tocando como principal y constante víctima al ambiente y la sociedad (Hermelín Arboux, 2002a). Cuenta con 59 áreas naturales, de las cuales 26 tienen presencia de comunidades indígenas y afro descendientes, pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales que representan 14'268.224 hectáreas (142,682 km<sup>2</sup>) de la superficie nacional (marinas y terrestres), donde 11,27% constituyen el área continental y 1,5% el área marina (Parques Nacionales Naturales de Colombia). En julio del 2017, estaban registradas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (919 áreas protegidas equivalentes a 23.954.034 hectáreas).

El Informe del estado de los recursos naturales 2015-2016, realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), concluyó lo siguiente (IDEAM, 2016):

- El 33% de los ecosistemas del país aún no cuentan con una representatividad dentro del El Sistema Nacional Áreas Protegidas.
- A la fecha se han delimitado 10 complejos de páramos a escala 1:25.000, lo que equivale a un avance del 28% en el número de páramos. Los humedales interiores que son fundamentales en la regulación y la disponibilidad hídrica del país cubren el 2,2% del territorio continental. Sin embargo, ninguno de ellos cuenta con planes de manejo formulado o adoptado elevando su vulnerabilidad frente a tensores ambientales.
- El 23% de los manglares, ecosistemas que garantizan la oferta de los recursos pesqueros y a su vez protegen las costas contra de la erosión, se encuentran sin zonificar y tan solo el 60% de las áreas de manglares cuentan con planes de manejo formulado.
- En cuanto a las zonas marino-costeras, las áreas coralinas alcanzan mayor extensión y amplia distribución en el Caribe; mientras que en el Pacífico se presentan muy reducidas y localizadas; el proceso de deterioro de estas áreas es generalizado, siendo las causas antrópicas y naturales las principales causantes de deterioro. El 87% de las costas no cuentan aún con un instrumento de planificación que oriente su gestión, aspecto que es consecuente con su creciente deterioro por fenómenos de erosión costera.
- Los bosques en Colombia presentan tasas de deforestación crecientes causadas por actividades antrópicas e incendios.
- El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014-2018 adolece de propuestas para el ordenamiento territorial indígena con presencia de explotaciones mineras. La Contraloría General de la República (2011-2012) identificó el incremento de los Pasivos Ambientales Mineros (acumulativos, residuales y sinérgicos), no previstos en la normatividad minera y ambiental.
- Los avances en materia de Gestión del Riesgo de Desastres frente a fenómenos hidro-meteorológicos extremos, como el ENOS en el país aún son incipientes, sin que se haya comprendido la importancia de integrar las acciones de adaptación al cambio climático. Esto se evidencia en las acciones del Objetivo 3 de la Estrategia de Crecimiento Verde del Plan Nacional de Desarrollo, que no contemplan dentro de la articulación de la gestión del conocimiento y de las

acciones de reducción del riesgo aquellas que son responsabilidad de las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA).

- La incorporación de la gestión del riesgo en la revisión de los POT (Artículo 189, Decreto 19 de 2012) debe garantizar la delimitación y zonificación de las áreas de amenaza, así como la delimitación y zonificación de las áreas con condiciones de riesgo, además de la determinación de las medidas específicas para su mitigación, lo cual implica contar con estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo – AVR por parte de los municipios. Sin embargo, la incorporación de la gestión del riesgo en la actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial se dificulta porque la mayoría de los municipios no cuentan con recursos suficientes para realizar esta labor.
- A pesar de los desastres que periódicamente ocurren en el país, derivados de fenómenos climáticos, persiste la baja capacidad humana, técnica y presupuestal de las entidades del SINA para la implementación de medidas de gestión del riesgo, especialmente en el tema de prevención.
- La ausencia de información al detalle requerido que les permita a los municipios actualizar sus POT, planes de gestión de riesgos y sus planes de desarrollo, genera que la gestión de riesgos siga siendo correctiva y reactiva, y no prospectiva como lo dispone la normativa vigente.

Por su parte, en el Índice de Desempeño Medioambiental (EPI, por sus siglas en inglés), consultado en enero de 2017), Colombia descendió de categoría, entre el 2008 y el 2014, del puesto 9 al 85. Esto se debe, en parte, al modelo de desarrollo basado en la extracción de recursos naturales adoptado por el gobierno nacional no mira al futuro, es insostenible e inequitativo. Su impacto ambiental es muy fuerte y poco controlado y entraña grandes riesgos e incertidumbres, como en el caso de la minería y los hidrocarburos. Como lo destaca el informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) sobre la situación ambiental en Colombia, el crecimiento económico logrado en los últimos años se ha hecho a costa del capital natural y del medio ambiente (Nannetti & Leyva, 2015).

### **2.3 Metodologías de enseñanza basada en resolución de problemas**

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una metodología centrada en el aprendizaje, en la investigación y reflexión que siguen los alumnos para llegar a una solución ante un problema planteado por el profesor. Se plantea como medio para que los estudiantes adquieran esos conocimientos y los apliquen para solucionar un problema real o ficticio, sin que el docente utilice la lección magistral u otro método para transmitir ese temario. Dentro del proceso educativo el docente explica una parte de la materia y, seguidamente, propone a los alumnos una actividad de aplicación de dichos contenidos (UPM, 2008).

Barrows (1986) define al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”. En esta metodología los protagonistas del aprendizaje son los propios alumnos, que asumen la responsabilidad de ser parte activa en el proceso (UPM, 2008).

Esta metodología ayuda al alumno a desarrollar y a trabajar competencias. Como la resolución de problemas; la toma de decisiones; el trabajo en equipo; las habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información); el desarrollo de actitudes y valores: precisión, revisión, tolerancia (De Miguel, 2005) ; Identificación de

problemas relevantes del contexto profesional; la conciencia del propio aprendizaje; la planificación de las estrategias que se van a utilizar para aprender; el pensamiento crítico; el aprendizaje autodirigido; las habilidades de evaluación y autoevaluación y el aprendizaje permanente (Prieto Navarro, 2006).

Las etapas que ha definido la Universidad Politécnica de Madrid (UPM, 2008) para la exitosa implementación de esta metodología de enseñanza se presentan a continuación:

### 2.3.1 Etapa previa a la planificación

Para la planificación y utilización del ABP se deben tener en cuenta 1) que los conocimientos de los que ya disponen los alumnos son suficientes y les ayudarán a construir los nuevos aprendizajes que se propondrán en el problema; 2) que el contexto y el entorno favorezca el trabajo autónomo y en equipo que los alumnos llevarán a cabo (comunicación con docentes, acceso a fuentes de información, espacios suficientes, entre otros.)

### 2.3.2 Planificación

En la planificación de la sesión de ABP es necesario:

Identificar los objetivos que, enmarcados dentro de las competencias establecidas en la materia, pretendemos que los alumnos logren con la actividad.

Escoger la situación problema sobre la que los alumnos tendrán que trabajar, teniendo en cuenta que el contenido debe ser 1) relevante para la práctica profesional de los alumnos; 2) lo suficientemente complejo (pero no imposible) para que suponga un reto para los estudiantes y 3) lo suficientemente amplio para que los alumnos puedan formularse preguntas y abordar la problemática con una visión de conjunto, pero sin que esta amplitud llegue a desmotivarles o crearles ansiedad.

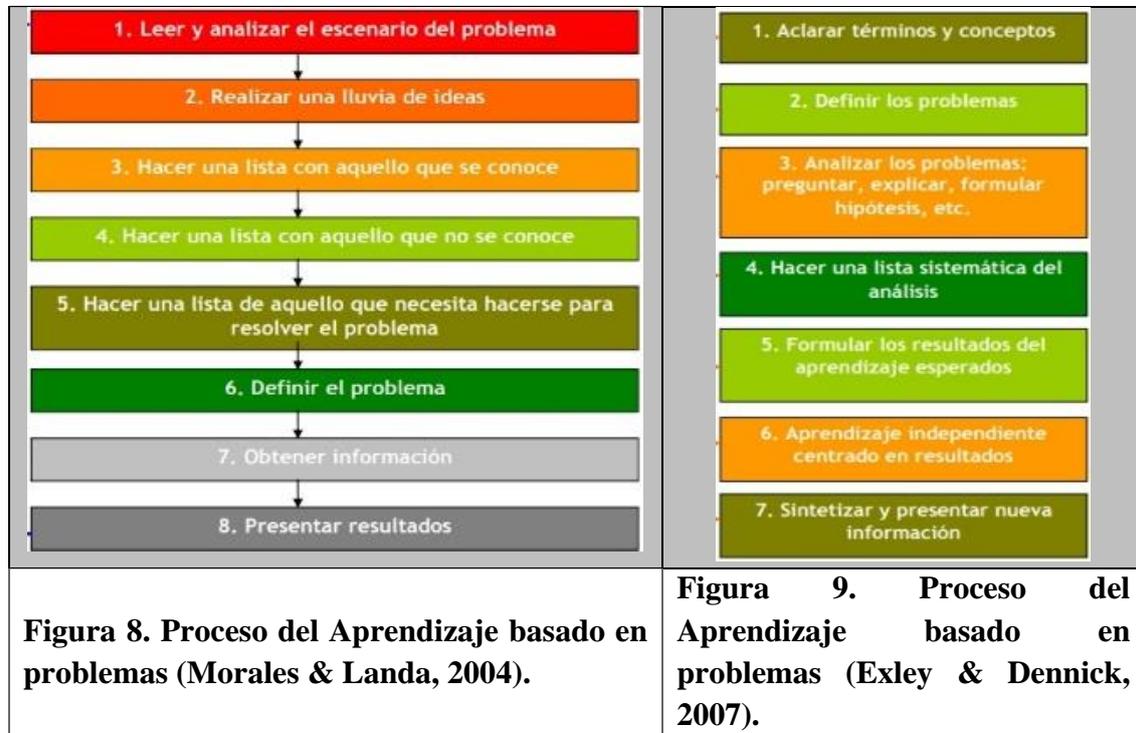
Orientar las reglas de la actividad y el trabajo en equipo: en ocasiones, trabajar en grupo puede crear tensiones, malestar entre los miembros, descoordinación, entre otros. Para que estos problemas no entorpezcan el trabajo de los equipos, el docente puede proponer el reparto de roles dentro de los grupos como el coordinador, gestor de tiempos, moderador; los estudiantes, aparte de desempeñar estos roles, deben participar activamente en el trabajo.

Establecer y especificar un tiempo para que los alumnos resuelvan el problema y puedan organizarse. El tiempo puede abarcar determinadas horas, días e incluso semanas, dependiendo del alcance del problema. No se recomienda que el tiempo dedicado al problema sea excesivamente extenso ya que los alumnos pueden desmotivarse. También se pueden seleccionar los momentos en los que los alumnos estarán en el aula trabajando y aquellos en los que no necesitarán (si no lo desean) estar en la clase.

Organizar sesiones de tutoría donde los alumnos (a nivel individual y grupal) puedan consultar con el tutor sus dudas, incertidumbres, logros. Este espacio ofrece al tutor la posibilidad de conocer el avance de la actividad y de orientar y motivar a los estudiantes para que continúen investigando.

### 2.3.3 Desarrollo

Morales y Landa (2004) establecen que el desarrollo del proceso de ABP ocurre en ocho fases (Figura 8), mientras que otros autores, como Exley & Dennick (2007) dividen el proceso en siete fases (Figura 9).



En la figura 8 se observa que el primer paso busca que los alumnos entiendan el enunciado y lo que tienen que hacer; los pasos 2 al 5 sirven para que los alumnos tomen consciencia de la situación a la que se enfrentan, utilicen sus conocimientos para formular hipótesis de por qué puede ocurrir el problema, de las posibles causas, identifiquen los vacíos de información que tienen y propongan soluciones. En la etapa 6 definen el problema que van a resolver; el paso 7 consiste en un período de trabajo y estudio individual en el que cada miembro del equipo lleve a cabo la tarea asignada; y en el último paso se obtiene, estudia, analiza y comprende la información necesaria con el fin de aportar al equipo herramientas para la toma de decisiones.

La principal diferencia entre ambas divisiones (Figura 8 y 9) es que, en la última, los alumnos definen primero los problemas y luego plantean las preguntas, las hipótesis, aquellos aspectos que conocen, lo que es desconocido y tendrán que investigar. Es fundamental que los alumnos conozcan los pasos que han de seguir para resolver el problema y que exista un moderador u organizador que vaya guiando al grupo en cada paso (UPM, 2008).

De los dos modelos presentados anteriormente el que se utilizará será el de Morales & Landa del año 2004, puesto que permite una mayor flexibilidad de trabajo tanto en grupo como individual en el momento de aplicar la metodología de aprendizaje basado en problemas/proyectos. Además, el modelo facilita que el estudiante de manera individual pueda gestionar su aprendizaje en el tema propuesto, ahondar en el mismo y al final poder ser capaz de proponer vías alternativas de solución visto desde diferentes perspectivas.

### 2.3.4 Funciones

Al utilizar metodologías centradas en el aprendizaje de los alumnos, los roles tradicionales, tanto del profesor como del alumnado, cambian (Tabla 3).

**Tabla 3.**

Roles del profesor y los alumnos en la metodología ABP (UPM, 2008).

PROFESOR	ALUMNO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Da un papel protagonista al alumno en la construcción de su aprendizaje.</li><li>• Tiene que ser consciente de los logros que consiguen sus alumnos.</li><li>• Es un facilitador del aprendizaje que acude a los alumnos cuando le necesitan y que les ofrece información cuando la necesitan.</li><li>• Su papel principal es ofrecer a los alumnos diversas oportunidades de aprendizaje.</li><li>• Ayuda a sus alumnos a que piensen críticamente orientando sus reflexiones y formulando cuestiones importantes.</li><li>• Realiza sesiones de tutoría con los alumnos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es el responsable de su aprendizaje.</li><li>• Trabaja con diferentes grupos gestionando los posibles conflictos que surjan.</li><li>• Intercambia ideas con los compañeros.</li><li>• Comparte información y aprende de los demás.</li><li>• Es autónomo en el aprendizaje (buscar información, contrastarla, comprenderla, aplicarla) y pide ayuda y orientación cuando lo necesite.</li><li>• Dispone las estrategias necesarias para planificar, controlar y evaluar los pasos que lleva a cabo en su aprendizaje.</li></ul>

### 2.3.5 Evaluación

En esta metodología se evalúa al alumno acorde a los conocimientos que ha adquirido por medio de un aprendizaje autónomo y cooperativo y que ha desarrollado y entrenado las competencias previstas en el programa de la materia gracias a una reflexión profunda y a una construcción activa de los aprendizajes.

Para evaluar estos aprendizajes se pueden utilizar diversas técnicas:

**Caso práctico** en el que los alumnos tengan que poner en práctica todo lo que han aprendido.

**Un examen de conocimientos** que no esté basado en la reproducción automática de los contenidos estudiados, sino que implique que el alumno organice coherentemente sus conocimientos.

**Autoevaluación:** el alumno ha llevado a cabo un proceso de aprendizaje autónomo. Por tanto, nadie mejor que él mismo conoce todo lo que ha aprendido y todo lo que se ha esforzado. Se pueden establecer algunos aspectos para que el alumno se autoevalúe: aprendizaje logrado, tiempo invertido, proceso seguido, entre otros.

**Evaluación realizada entre pares (coevaluación):** el alumno, durante su proceso de aprendizaje, ha trabajado con sus compañeros cooperativamente; por tanto, conocer la opinión de los compañeros también resulta interesante. Los aspectos sobre los que se pueden preguntar pueden ser: ambiente cooperativo dentro del grupo, reparto de tareas eficaz, cumplimiento de las expectativas como grupo, entre otros.

#### **2.4 Tecnologías de información y comunicación**

La Comisión de las Comunidades Europeas, en una comunicación enviada al Consejo y Parlamento Europeo Internet (CCE, 2001), explica que “las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) son un término que se utiliza actualmente para hacer referencia a una gama amplia de servicios, aplicaciones y tecnologías, que emplean diversos tipos de equipos y de programas informáticos, que a menudo se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones”.

Así mismo, indica que las TIC's incluyen 1) servicios de telecomunicaciones como fax y la telefonía fija y móvil, que a su vez constituyen la base de servicios como el correo electrónico, la transferencia de archivos de un ordenador a otro e Internet, que potencialmente permite conectar múltiples ordenadores, generando acceso a diversas fuentes de conocimiento e información; 2) tecnologías como radio, TV, celulares, cableado de cobre o de fibra óptica, conexiones inalámbricas o móviles y satelitales; y 3) aplicaciones como videoconferencias, teletrabajo, enseñanza a distancia, sistemas de tratamiento de la información, inventario de existencias; 4) los equipos utilizados por esas aplicaciones son los teléfonos, los ordenadores, las estaciones base para el servicio de radiofonía y 5) los programas informáticos que abarcan desde los sistemas operativos a software y aplicativos de trabajo.

Por otra parte, reflexiona sobre el papel de estas en las políticas de desarrollo y concluye que “los rápidos progresos tecnológicos y de mercados que están teniendo lugar en el campo de las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) tienen repercusiones en casi todos los sectores de la sociedad y en todos los países. Mientras que la llamada 'revolución digital' genera flujos de información a una escala global e introduce cambios profundos en la manera en que funcionan los negocios, los mercados y la política; el término 'línea divisoria digital' indica que no todo el mundo se beneficia de estos cambios revolucionarios ya que un tercio de la población mundial nunca ha hecho una llamada telefónica; más de 3.000 millones de personas no disponen de dinero para gastar en servicios de comunicación o viven en zonas rurales y alejadas, donde el acceso a las TIC's es escaso o inexistente” (CCE, 2001).

Por su parte, el Gobierno Nacional se ha comprometido con un Plan Nacional de TIC 2008-2019 que busca que, al final de este período, todos los colombianos se informen y se comuniquen haciendo uso eficiente y productivo de las TIC, para mejorar la inclusión social y aumentar la competitividad. Para lograr este objetivo se proponen una serie de políticas, acciones y proyectos en ocho ejes principales: 1) cuatro ejes transversales que cubren aspectos y programas que tienen impacto sobre los distintos sectores y grupos de la sociedad y que son Comunidad, Marco regulatorio, Investigación, Desarrollo e Innovación y Gobierno en Línea y 2) cuatro ejes verticales que buscan una mayor apropiación y uso de las TIC en sectores prioritarios como Educación, Salud, Justicia, y Competitividad Empresarial (MinTIC, 2008).

Por todo lo anterior, se ha incluido la utilización de estas herramientas en la implementación de este programa curricular, con el fin de facilitar el acceso al mismo;

de complementar el aprendizaje de los estudiantes; y de fortalecer las relaciones de la academia con la sociedad, al generar espacios virtuales que sirvan para capacitar a las comunidades sobre sus problemáticas ambientales y las posibles soluciones locales que pueden aplicarse.

Teniendo en cuenta que la Universidad Nacional utiliza la Plataforma de Google, se utilizarán las herramientas que esta ofrece para correo electrónico (Gmail), chats (Hangouts), páginas web (Googlesites), divulgación de información audiovisual (YouTube), calendario (calendar), intercambio de documentos (Drive). Adicionalmente se utilizarán Sistemas de Gestión de Aprendizaje (Learning Management System - LMS) que son aplicaciones para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación de una institución u organización. Para la implementación del curso se sugiere utilizar Moodle, debido a que tiene una interfaz sencilla de utilizar tanto para el administrador como para el usuario.

Haciendo uso de la información de esta línea base, donde además se incluye material de apoyo el cual podremos encontrar en el gestor bibliográfico de Mendeley en la carpeta pública llamada Enseñanza de Geología Ambiental a la cual a través del correo institucional pueden acceder para tener un referente futuro. Concluyendo el capítulo, toda la información generada será la que de sustento a la formulación de la propuesta a diseñar.

## CAPÍTULO 3. PROPUESTA CURRICULAR

En este capítulo se presentan los insumos tecnológicos, conceptuales, metodológicos y la propuesta de evaluación del alumno y la asignatura que se pretende formular mediante esta propuesta curricular para dar respuesta a las necesidades en el campo científico de esta área en el país.

### 3.1 Muestra estadística

Para la elaboración de esta propuesta curricular fue necesario identificar las universidades que tienen en sus programas académicos las carreras de Geología, Geociencias o afines. Una vez listadas, fue necesario identificar el número de carreras que incluyen la materia de Geología Ambiental o afines.

#### 3.1.1 Selección de universidades (Nacional-Internacional)

Inicialmente se identificaron las universidades, nacionales e internacionales, que tenían en su pensum la Carrera de Geología, Geociencias o afines. La muestra nacional se obtuvo al tomar todas las universidades del país que tuvieran la Carrera de Geología y afines, esto dio como resultado la inclusión de 11 universidades (Tabla 4).

Para definir la muestra internacional se consultaron diferentes rankings, entre ellos el US News. Se obtuvo que las 20 mejores universidades son de Estados Unidos e Inglaterra, resultado que no permite tener una visión global de los programas de la materia de Geología Ambiental, por lo que fue necesario incluir las universidades de Asia-África (3), Oceanía (3) y Latinoamérica (4) que estaban registradas en puestos inferiores (tabla 4). Para el ámbito internacional se consolidó una muestra de 30 universidades, todas ellas incluidas en el ranking US News de las mejores del mundo.

**Tabla 4.**

Universidades internacionales de referencia (Compilado por Lizarazo, 2017)

RANKING	UNIVERSIDAD	PAÍS	RANKING	UNIVERSIDAD	PAÍS
1	<a href="#">Harvard University</a>	Estados Unidos	17	<a href="#">Imperial College London</a>	Inglaterra
2	<a href="#">Massachusetts Institute of Technology</a>	Estados Unidos	21	<a href="#">Duke University</a>	Estados Unidos
3	<a href="#">Stanford University</a>	Estados Unidos	22	<a href="#">University College London</a>	Inglaterra
4	<a href="#">University of California--Berkeley</a>	Estados Unidos	23	<a href="#">Cornell University</a>	Estados Unidos
5	<a href="#">University of Oxford</a>	Inglaterra	26	<a href="#">University of Melbourne</a>	Australia
6	<a href="#">California Institute of Technology</a>	Estados Unidos	30	<a href="#">University of Edinburgh</a>	Inglaterra
7	<a href="#">University of Cambridge</a>	Estados Unidos	34	<a href="#">University of Sydney</a>	Australia
8	<a href="#">Columbia University</a>	Estados Unidos	45	<a href="#">University of Queensland Australia</a>	Australia
9	<a href="#">Princeton University</a>	Estados Unidos	57	<a href="#">University of Tokyo</a>	Japón
10	<a href="#">Johns Hopkins University</a>	Estados Unidos	114	<a href="#">Kyoto University</a>	Japón
11	<a href="#">University of Washington</a>	Estados Unidos	148	<a href="#">Chinese University Hong Kong</a>	China
12	<a href="#">Yale University</a>	Estados Unidos	153	<a href="#">Universidade de São Paulo</a>	Brasil
13	<a href="#">University of California--Los Angeles</a>	Estados Unidos	338	<a href="#">Federal University of Rio de Janeiro</a>	Brasil
14	<a href="#">University of Chicago</a>	Estados Unidos	341	<a href="#">University of Buenos Aires</a>	Argentina
16	<a href="#">University of California--San Diego</a>	Estados Unidos	344	<a href="#">State University of Campinas</a>	Brasil

Se tomó el ranking de la USNEWS como referencia puesto que es el que tiene mayor número de indicadores y el que contempla la mayor cantidad de variables para hacer la valoración. Este ranking identifica y categoriza las 500 mejores universidades, acorde a su desempeño en investigación y a su reputación académica. Para ello, utiliza variables estadísticas, cuantitativas y cualitativas, que los expertos en educación han propuesto como indicadores confiables de la calidad académica y adicionalmente, utiliza los indicadores bibliométricos definidos en la Web of Science TM.

Para seleccionar las carreras de interés nacional e internacional, se realizó una búsqueda en cada uno de los portales institucionales de las universidades seleccionadas anteriormente. Allí se identificaron los nombres de las carreras de pregrado y postgrado que estuvieran relacionadas con el estudio de las dinámicas terrestres (Tabla 5).

En Colombia se observa un predominio de la carrera de Geología, dictada en seis (6) de once (11) universidades, seguida de la carrera de Ingeniería Geológica (3), Geociencias (1) e Ingeniería de Petróleos (1). En el ámbito internacional se tiene un predominio de las Carreras de Geología (9), de Ciencias de la Tierra (7) y Ciencias planetarias y de la Tierra (4).

**Tabla 5.**

Listado de carreras por universidad (Compilado por Lizarazo, 2017)

UNIVERSIDAD	NOMBRE CARRERA	UNIVERSIDAD	NOMBRE CARRERA
<b>ÁMBITO NACIONAL</b>			
UNINORTE	Geología	Universidad de los Andes	Geociencias
Universidad de Pamplona Colombia	Geología	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Ingeniería Geológica
Universidad de Caldas	Geología	Universidad IEA	Ingeniería Geológica
EAFIT	Geología	Fundación Universitaria del Área Andina	Ingeniería Geológica
Universidad de Santander	Geología	Universidad Nacional de Colombia	Geología
			Ingeniería geológica
Universidad Industrial de Santander	Geología		
<b>ÁMBITO INTERNACIONAL</b>			
University of California-Los Angeles	Ciencias del Espacio, Planetarias y de la Tierra	Stanford University	Ciencias Geológicas
University of Washington	Ciencias planetarias y de la Tierra	University of Chicago	Ciencias Geofísicas
Kyoto University	Ciencias Planetarias y de la Tierra	Princeton University	Geociencias
Johns Hopkins University	Ciencias planetarias y de la Tierra	University of Toronto	Geociencias
Harvard University	Ciencias planetarias y de la Tierra	Universidad de Melbourne	Geología

**Diseño curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental. Método de aprendizaje por proyectos (ABP/PBL) plataformas TIC. Estudio de caso**

Una vez identificadas las carreras de interés, se revisaron sus programas curriculares en las cuarenta y uno (41) universidades seleccionadas, con el fin de saber en cuantas de ellas se dicta Geología Ambiental o materias con temáticas similares (Tabla 6).

**Tabla 6.**

Listado de materias por carreras (Compilado por Lizarazo, 2017)

ÁMBITO NACIONAL			
CARRERA	MATERIA	CARRERA	MATERIAS
Geociencias	Ética y Medio Ambiente	Geología	Ciencias del mar Estabilidad de Taludes Geología Ambiental Geología costera Geología Marina Geología y legislación minera y ambiental Gestión Integral del Riesgo Resolución de problemas y conflictos ambientales Hidrología Hidrogeología Prospección de Recursos Hídricos Recursos hídricos
Ingeniería Geológica	Geología Ambiental Hidrogeología Medio ambiente		
CARRERA		MATERIA	
Ciencias del Espacio, Planetarias y de la Tierra / Ciencias planetarias y de la Tierra / Ciencias Geológicas y Planetarias	Calentamiento Global / Ciencias ambientales de la tierra / Desastres naturales / Energía y clima / Geología Ambiental local / Hidrología y geomecánica ambiental / Ingeniería y Geología Ambiental / Recursos energéticos y ambiente / Tierra y ambiente		
Ciencias de los sistemas terrestres / Ciencias Oceánicas y de la Tierra / Ciencias Ambientales y de la Tierra / Ciencias de la Tierra	Acción colectiva, derechos de propiedad y ambiente / Aguas pluviales / Análisis costo-beneficio para las políticas de salud y ambiente / Atmósfera e Hidrosfera / Biofísica ambiental / Bioremediación / Cambio climático / Cambio de entorno global / Cambios ambientales / Ciencias ambientales y de la Tierra / Ciencias atmosféricas / Contaminación del aire / Contaminación, ambiente y salud / Desastres y riesgos ambientales / Ecología y ambiente / Educación e interpretación ambiental / El hombre y los ambientes terrestres / Energía sostenible / Estudios de ciencias sociales para la gestión ambiental / Ética ambiental / Evolución del sistema terrestre / Fundamentos de los recursos minero-energéticos / Geo-ambiente / Geología Ambiental / Hidrogeología / Introducción a la ciencia y política ambiental / Introducción a las ciencias e Ingeniería ambiental / Oceanografía ambiental / Recursos terrestres y sostenibilidad / Resolución de conflictos ambientales / Riesgos naturales y mitigación / Salud ambiental / Salud humana y evaluación del riesgo ecológico / Sistema terrestre / Sistemas hídricos		
Ciencias Geológicas / Ciencias Geofísicas / Geociencias	Aspectos ambientales globales / Calentamiento global / Clima y sociedad / Crisis social y ambiental / Desastres naturales / Energía y ambiente / Investigación actual en la tierra y ciencias ambientales / Sostenibilidad		
Geología / Geología y Geofísica	Análisis de proyectos ambientales / Ciencia, política y política ambiental / Ciencia, tecnología y sociedad / Ciencias ambientales de la tierra / Ciencias de la tierra, energía y ambiente / Ciencias naturales y ambientales / Contaminación de los recursos hídricos / Educación ambiental en ambientes naturales y construidos / Educación, ciencias, tecnología y sociedad / Enseñanza de las ciencias terrestres y ambientales / Evaluación de impacto ambiental / Fuentes de energía alternativa / Fuentes de Energía y medio ambiente / Geografía de los recursos naturales / Geología ambiental / Geología Ambiental y Planificación / Geología e ingeniería Ambiental / Geología urbana / Geología y asuntos públicos / Geoquímica ambiental / Hidrogeología / Hidrogeología y recursos hídricos / Impactos ambientales / Leyes ambientales / Leyes sobre los recursos naturales / Manejo Mineral y ambiental / Meteorología del medio ambiente urbano y marino / Mineralización y medio ambiente / Minería y ambiente / Recursos energéticos / Atmósfera, océano y cambio ambiental / Geo-microbiología ambiental / Minerales y salud humana / Paleobotánica / Recursos naturales y su sostenibilidad / Tierra, recursos, energía y ambiente		
Ingenierías de la Tierra y ambientales	Contaminación de aire / Ingeniería ambiental / Recursos de energía alternativa / Remediación y transporte de contaminantes de las aguas subterráneas / Reutilización y tratamiento sostenible del agua		
Licenciatura en ciencias geológicas	Geología ambiental / Hidrogeología / Riesgo geológico / Riesgo sísmico / Riesgo volcánico		

### **3.2 Elaboración del currículo**

Para diseñar este programa curricular lo primero que se hizo fue caracterizar la asignatura de Geología Ambiental en el ámbito internacional, con el fin de identificar los programas mejor acreditados y compararlos con los programas nacionales. Al realizar esta comparación, se definieron los elementos que faltan en los programas nacionales; obteniendo así, los parámetros necesarios para realizar el ajuste temático del programa académico vigente.

Adicionalmente, se envió una encuesta a los directores de las 11 universidades donde se ofrece la carrera de Geociencias, para conocer las percepciones de profesores y estudiantes sobre la cátedra de Geología Ambiental. De este ejercicio se obtuvieron solamente 38 respuestas, de las cuales 32 corresponden a estudiantes de la Universidad Nacional y 6 de la Universidad del Norte, siendo esta la muestra estadística que se tomará como referente (Anexo 1).

Posteriormente, se realizó un diagnóstico geoambiental que permitió visualizar, de manera general, las problemáticas que tiene el país en los temas ambientales e identificar aquellas que están relacionadas con las actividades geológicas. A partir de esta evaluación se incluyeron otros temas de estudio y se diseñaron las actividades que permiten aplicar la metodología de aprendizaje basada en problemas.

A partir de la propuesta de contenido consolidada, se estructuraron y organizaron las clases necesarias para el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta que el calendario académico que manejan las instituciones de educación superior en Colombia consta de 14 semanas efectivas por semestre y el sistema de créditos académicos que se maneja en la Universidad Nacional de Colombia, tomada como referente el sistema de la, por ser la única que cuenta con dos carreras relacionadas con Ciencias de la Tierra.

#### **3.2.1 Sistema de créditos académicos**

Mediante el Decreto 2566 del 2003 “Por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior y se dictan otras disposiciones”, el gobierno solicita a las entidades educativas organizar las actividades de formación por créditos académicos.

Un Crédito Académico es la unidad que mide el tiempo estimado de actividad académica del estudiante, en función de las competencias profesionales y académicas que se espera que el programa desarrolle. Equivale a 48 horas semanales de trabajo del estudiante, incluidas las horas académicas con acompañamiento docente y las demás horas que deba emplear en actividades independientes de estudio, prácticas, preparación de exámenes u otras que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje propuestas, sin incluir las destinadas a la presentación de exámenes finales.

Una hora académica con acompañamiento directo de docente supone dos horas adicionales de trabajo independiente en programas de pregrado y de especialización, y tres en programas de maestría, lo cual no impide que las instituciones de educación superior propongan el empleo de una proporción mayor o menor de horas presenciales (MEN, 2001).

Para la Universidad Nacional de Colombia se tiene que un crédito equivale a 48 horas semanales de trabajo, es decir, 768 horas académicas al semestre (UNAL, 2007). A la

materia de Geología Ambiental le han asignado tres (3) créditos, repartidos en cuatro (4) horas presenciales a la semana y ocho (8) horas semanales de trabajo en casa (Decreto 2566 del 2003). Sin embargo, dada la relevancia de la asignatura para el desarrollo de competencias por parte del profesional, se propone que la asignatura tenga un valor de cuatro (4) créditos con la misma intensidad horaria que lleva hasta el momento, y que también sea una disciplina que haga parte del componente fundamental de un programa académico, ya que dada su relevancia no puede ser optativa en el componente disciplinar pues en el país a diario se evidencia la necesidad de profesionales competentes en el área.

En lo que respecta a la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones – TICs, para efectos de este trabajo se utilizaron las siguientes herramientas tecnológicas de la siguiente manera para así dar el uso que a consideración propia puede ser el más oportuno en la propuesta del presente currículo y así poder aprovechar estos canales para su implementación:

Se realizó un portal web con la propuesta del curso, cuya dirección es <https://sites.google.com/site/pcgeolambslp/> creada desde el correo [pcgeoambslp@gmail.com](mailto:pcgeoambslp@gmail.com), desde el que se propone aprovechar la mayor cantidad de herramientas que nos presenta la plataforma de Google, dentro de estos potenciales se abrirá un canal en YouTube para compartir contenido relacionado al área y posteriormente se irá creando contenido pertinente con los contenidos propuestos.

El software de Microsoft Office para elaborar este documento (Word), las diapositivas de las clases (Power Point) y las gráficas (Excel), también fue un componente que hizo uso de la tecnología. Además se propone que el docente pueda llevar a cabo esta propuesta a un sistema de gestión de aprendizaje (LMS siglas en inglés), como lo son Blackboard, Moodle, Edmodo entre otros, que puedan facilitar la interacción de los actores del curso mediante chats y videochats, foros, herramientas que facilitan el ingresar los compromisos de los estudiantes, dar retroalimentación y presentar la valoración estructurada en formatos que muestran el desempeño de los mismos, y otras facilidades que en la labor docente simplifican y optimizan procesos.

### 3.2.2 Propuesta de currículo

El diseño curricular implica la generación de esquemas, planes y actividades, donde se vean plasmadas concepciones y acciones de la idea que se necesita materializar y que sirvan como guías orientadoras en el proceso de su implementación (Casarini, 2002).

Este se elabora utilizando un compendio de ideas, contenidos y conocimientos enfocadas en preguntas como: el qué, quién, cómo, cuándo, dónde, para qué y desde dónde enseñar y evaluar; para ello se desarrolla un programa de la asignatura de geología ambiental (Anexo 3). Así mismo, se deben tener en cuenta aspectos como las formas culturales que hacen parte del contexto del estudiante; los factores relacionados al medio natural; la estructura de los contenidos del aprendizaje; y los factores asociados con la práctica pedagógica (Coll, 1991).

A partir del panorama geológico-ambiental del país y de la revisión de los currículos nacionales e internacionales de la materia de Geología Ambiental y afines, se definieron ocho (8) módulos, relacionados a continuación (Tabla 7).

Tabla 7.

Contenido temático del curso (Lizarazo, 2017)

MODULO	TEMAS PRINCIPALES	CONTENIDO
MÓDULO 1. FUNDAMENTOS DE GEOLOGÍA AMBIENTAL	Conceptos fundamentales de las Ciencias ambientales	Introducción al Medio Ambiental y las diferentes escalas de estudio (contexto humano) / Sistemas terrestres: Atmósfera, hidrósfera, biósfera y litósfera / Relación de las disciplinas de las Geociencias con el estudio de los ecosistemas / Conceptos básicos como Sostenibilidad vs Sustentabilidad, modificación del paisaje, disponibilidad de recursos naturales y minero-energéticos.
	Perspectivas y prospectos	Contexto histórico de la Geología Ambiental / Ética ambiental y responsabilidad social, presente y futura / Campos de acción de la Geología Ambiental / Herramientas que aporta la Geología Ambiental a la toma de decisiones sectoriales y políticas.
MÓDULO 2. PROCESOS Y MATERIALES TERRESTRES	Ciclos Materiales terrestres Procesos geológicos de origen natural	Ciclos geológicos (tectónicos y de las rocas) / Ciclo hidrológico y ciclos biogeoquímicos / Rocas, hielo y procesos de remoción en masa / Volcanes y lavas / Sedimentación y erosión (dunas, loess, procesos costeros) / Drenajes - inundaciones
MÓDULO 3. AMENAZAS NATURALES	Amenaza, riesgo y vulnerabilidad a escala humana	Conceptos de Amenaza - Riesgo - Vulnerabilidad a escala humana / Percepción de los estudiantes ante las diferentes amenazas naturales / Procesos geológicos y humanos que las determinan / Herramientas geológicas para su caracterización y evaluación: cartografía, sensores remotos / Riesgos naturales, mixtos e inducidos / Valoración del riesgo / Factores asociados: conflictos en el uso del suelo / Sistemas de monitoreo en Colombia: entidades responsables, beneficios y alteraciones asociadas / Programas de prevención y mitigación / Análisis de casos históricos.
		Inundaciones: Contexto geo-ambiental de la dinámica fluvial / Contexto histórico nacional y casos más relevantes en Colombia y el mundo / Incidencia en la dinámica social y económica de Colombia / Medidas adoptadas de mitigación y prevención / Aporte de la geología.
		Procesos de remoción en masa: Caracterización geo-ambiental de los diversos tipos de procesos / Contexto histórico nacional y casos más relevantes en Colombia y el mundo / Incidencia en la dinámica social y económica de Colombia / Medidas adoptadas de mitigación y prevención / Aporte de los geólogos
		Volcanes: contexto geo-ambiental de la actividad volcánica / Contexto histórico nacional y casos más

		<p>relevantes en Colombia y el mundo / Incidencia en la dinámica social y económica de Colombia / Medidas adoptadas de mitigación y prevención / Aporte de los geólogos</p> <p>Sismos: introducción a la sismología enfocada a geología ambiental / contexto histórico nacional y casos más relevantes en Colombia y el mundo / Incidencia en la dinámica social y económica de Colombia / Medidas adoptadas de mitigación y prevención / Aporte de los geólogos.</p> <p>Procesos Costeros: caracterización geo-ambiental de los Procesos costeros / Contexto histórico nacional y casos más relevantes en Colombia y el mundo / Incidencia en la dinámica social y económica de Colombia / Medidas adoptadas de mitigación y prevención / Aporte de los geólogos</p>
<p><b>MÓDULO 4.</b> <b>ASPECTOS</b> <b>GEOLÓGICOS</b> <b>DE LA SALUD</b> <b>AMBIENTAL</b></p>	<p><b>Introducción</b></p>	<p>Introducción a la salud ambiental y los aspectos que la definen / Relación Geología, Ambiente y Salud / Caracterización de los Ecosistemas colombianos: interrelación de las matrices ambientales / Ecosistemas estratégicos de Colombia: definición, importancia, manejo / Amenazas a los ecosistemas por parte de actividades geológicas humanas: sustancias contaminantes, fuentes de contaminación y efectos en salud.</p>
	<p><b>Matrices ambientales</b></p>	<p>Suelo y sedimentos: Introducción a los suelos y sedimentos (características físicas a tener en cuenta para estudios de geología ambiental y su relación con el agua y el aire) / Perfiles del suelo: nociones básicas y su importancia en la Geología ambiental / Importancia de los materiales y procesos geológicos en la fertilidad de los suelos y el tipo de sedimentos / Propiedades ingenieriles de los suelos / Afectaciones del suelo y de los sedimentos: contaminación, desertificación, conflictos en el uso, sobrecarga / Perspectiva nacional y global del recurso.</p>
		<p>Agua y hielo / Introducción a los cuerpos de agua y hielo / Dinámica fluvial (sedimentación y erosión) y glaciar / Contaminación hídrica (superficial y subterránea) en Colombia: estándares de calidad según normativa colombiana, sustancias contaminantes, fuentes de contaminación, métodos de tratamiento / Perspectiva nacional y global del recurso (usos, suministro, administración del recursos hídrico en Colombia; Programas, nacionales e internacionales, de disminución y prevención de la contaminación hídrica) / Estrategias de Colombia para enfrentar el desabastecimiento de agua potable.</p> <p>Aire: introducción / Contaminación atmosférica: polución del aire en entornos urbanos / Influencia de</p>

		la meteorología y la topografía / Calentamiento global: marco histórico, sustancias y partículas que lo generan y que contribuyen a su agotamiento, relación con el agotamiento de la capa de ozono, efectos ambientales y en salud / Agotamiento de la capa de Ozono: marco histórico, sustancias y partículas que lo generan y que contribuyen a su agotamiento, efectos ambientales y en salud / Programas, nacionales e internacionales, de disminución y prevención de la contaminación atmosférica y el agotamiento del ozono / Estrategias de Colombia para enfrentar el cambio climático: protocolo de Montreal. Perspectiva nacional y global del recurso.
	<b>Salud ambiental</b>	Introducción al concepto de salud ambiental y geoquímica / Abundancia y disponibilidad de elementos naturales, concentración y dispersión de sustancias químicas; dosis, desequilibrios y usos / Elementos traza y salud: dosis-respuesta, exposición, identificación de la amenaza y caracterización del riesgo / Factores culturales y climáticos que la determinan / Enfermedades asociadas a la geoquímica del entorno / Criterios y herramientas para la identificación, caracterización y evaluación de problemáticas, análisis de las relaciones geoquímica - salud ambiental. Casos históricos.
<b>MÓDULO 5. INTERACCIÓN GEOLOGÍA - HOMBRE- AMBIENTE</b>	<b>Panorama nacional</b>	Historia / actividades / técnicas ancestrales de minería; métodos y procesos de las actividades geo-antrópicas / Importancia económica y problemáticas asociadas / Marco legal Colombiano vs. Normativa internacional (Normatividad ambiental y minero-energética, Estudios de Impacto Ambiental, Planes de manejo ambiental y Planes de Ordenamiento ambiental territorial; tratados internacionales relacionados con actividades geológicas y consulta previa a comunidades).
	<b>Actividades geológicas de origen antrópico</b>	Recursos minero-energéticos: caracterización y uso / Introducción al muestreo geoquímico: protocolos; Normas y analitos típicos para trabajos ambientales según el objetivo / Fuentes minerales económicos y no económicos, localización de recursos minerales, uso humano, uso industrial, impacto ambiental de la industria minera, buenas prácticas ambientales, reciclaje / Caracterización de actividades comerciales: minería; extracción de hidrocarburos; generación de energía: tipos de energía, oferta y demanda, eficiencia y cogeneración; gestión del Patrimonio geológico: geoturismo / Factores geo-ambientales naturales, impactos ambientales de la industria.

	<b>Gestión de las actividades geológicas</b>	Introducción al manejo de residuos sólidos y vertimientos (líquidos) / Introducción a la gestión de residuos peligrosos / Reducción, reciclaje (clasificación); reutilización y disposición final / Efectos de una mala gestión de residuos y vertimientos, en la salud ambiental / Responsabilidad social y ambiental de las empresas / Herramientas para evaluación ambiental (estudios de Línea de Base; Estudios de Impacto Ambiental; Monitoreo; Auditorías Ambientales / Remediación ambiental)
	<b>Alternativas económicas</b>	Fuentes energéticas no contaminantes / Minería verde (Sello de origen) / Conservación de patrimonio geológico / Creación de industrias geológicas alternativas (museos, parques geológicos).
<b>MÓDULO 6. AMENAZAS DE LAS ACTIVIDADES GEOLÓGICAS DE ORIGEN ANTRÓPICO</b>	<b>Efectos secundarios sociales</b>	Degradación del tejido social (riñas, conflictos de intereses, desarrollo de actividades ilícitas, prostitución, entre otros.) / Aparición de enfermedades / Aumento de la pobreza / Desplazamiento forzado.
	<b>Ambientales</b>	Contaminación de recursos naturales / Conflictos del uso del suelo / Pérdida de la biodiversidad / Degradación ambiental y del paisaje natural.
<b>MÓDULO 7. PERCEPCIÓN Y CONFLICTO SOBRE EL TERRITORIO</b>	<b>Geoambiental y Sociocultural</b>	Debate sobre la visión del territorio no sólo como un área potencial de extracción sino como un medio en el cual también habitan personas con una identidad cultural, unas necesidades y quienes merecen un compromiso real con la actividad a realizar, que va desde su prospección hasta 6 meses finalizado el proyecto.
<b>MÓDULO 8. REFLEXIONES</b>		Principios éticos, responsabilidad social y ambiental del Gremio geológico y del profesional / Objetivos de desarrollo sostenible de la COP21: pertinencia y cumplimiento / Medio Ambiente y pobreza / Aspectos positivos de la actividad geológica extractiva y de generación de energía / Perspectivas laborales en Colombia y en el mundo: propuestas para generar espacios de trabajo; Oportunidades de innovación y Mejoramiento de la gestión de los recursos geológicos.

**Módulo 1.** Fundamentos de Geología Ambiental: en este módulo se busca contextualizar al estudiante en el tema ambiental desde la perspectiva geológica; lo motiva a evaluar la importancia de este conocimiento en la realidad del país y de su aplicación ética.

**Módulo 2.** Procesos y materiales terrestres: este módulo le da al estudiante una visión de las relaciones naturales entre la geología y el ambiente, sin tener en cuenta la actividad humana. Es decir, proporciona una visión de la dinámica terrestre antes de que el hombre existiera.

**Módulo 3.** Amenazas naturales: en este módulo se aplica el conocimiento del módulo 1 y 2 a la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo a escala humana. Se ha dividido por procesos terrestres con el fin de que el estudiante conozca cuales son.

**Módulo 4.** Aspectos geológicos de la salud ambiental: los temas tratados en este módulo buscan integrar los conocimientos de los módulos 1 a 3, a la vez que le permiten al estudiante entender como la salud del planeta depende del correcto funcionamiento de los sistemas terrestres y que factores naturales pueden alterar su equilibrio.

**Módulo 5.** Interacción Geología – Ambiente – Sociedad: este módulo le proporciona al estudiante las herramientas para entender la forma en que los materiales geológicos definen los diferentes ambientes naturales (ecosistemas) y cómo el hombre, a través de las actividades extractivas, modifica y afecta ambos entornos.

**Módulo 6.** Amenazas de las actividades geológicas de origen antrópico: en este módulo el estudiante consolida su entendimiento sobre las relaciones que existen entre las actividades extractivas y el entorno natural y social e identifica los factores de riesgo para el ambiente y la sociedad. Así mismo, empieza a proponer soluciones para minimizar esos riesgos y mejorar dichas actividades.

**Módulo 7.** Percepción y conflicto sobre el territorio geoambiental y sociocultural, debate sobre esta discusión en el país a través del compromiso y la responsabilidad de la entidad público o privada y del profesional de las ciencias de la tierra con el ambiente y la sociedad.

**Módulo 8.** Reflexiones: este espacio busca que el estudiante integró todo el conocimiento y experiencias adquiridos durante el curso y que evalué su responsabilidad social y ambiental como un profesional de Ciencias de la tierra.

### 3.2.3 Estrategias de implementación

Para implementar esta propuesta se han diseñado las siguientes actividades y herramientas:

**Talleres de investigación:** A partir de un problema seleccionado el estudiante debe realizar una serie de actividades que le permitirán entender la aplicación de los conocimientos previamente adquiridos en clase (Tabla 8 y Anexo 2).

Los problemas que se encuentran en el taller hacen referencia a las principales problemáticas que para la temática que desarrollan son de las más importantes e interesantes, ya que ofrecerán al estudiante la apropiación del conocimiento a partir de su contexto como ciudadanos pertenecientes a Colombia. Sin embargo, al ser una propuesta flexible se puede utilizar otros problemas que estén en vigor en el momento en el que se ejecute el curso.

La estructura de los talleres comprende el siguiente orden: título, módulos que involucra, ideas principales, focos de la investigación, bases teóricas, casos de estudios (anteriormente citados), actividad (comprende objetivos y ejercicios que desarrollan justamente dichos objetivos y se encaminan a lo tratado en los módulos) y por último referencias bibliográficas (que aportan a la elaboración de los talleres como guía y documentación).

Cada taller cuenta con la particularidad de tener un código QR el cual al ser escaneado por un dispositivo móvil presentará al estudiante material extra para desarrollar el taller.

**Tabla 8.**

Asociación de talleres con los módulos (Lizarazo, 2017)

MÓDULO	# DEL TALLER ASOCIADO
Fundamentos de geología ambiental	1, 2
Procesos y materiales terrestres	1, 2, 3, 4
Amenazas naturales	1, 2, 3, 4
Aspectos geológicos de la salud ambiental	1, 2, 3, 4
Interacción geología - hombre-ambiente	1, 2, 3, 4
Amenazas de las actividades geológicas de origen antrópico	1, 2, 3, 4
Percepción y conflicto sobre el territorio	1, 2, 3, 4
<b>Reflexiones</b>	

**Tutorías:** son espacios en los cuales el tutor o profesor, aclara las dudas que les hayan surgido a los estudiantes durante el desarrollo del trabajo extra clase.

**Foros de discusión:** estos espacios virtuales permiten el intercambio de experiencias entre los estudiantes y el profesor. A la vez que fortalecen sus habilidades de argumentación y reflexión.

**Actividades de refuerzo:** son actividades diseñadas para que los estudiantes fortalezcan su capacidad de deducción de conceptos no aprendidos y de relacionar los conocimientos adquiridos previamente para entender situaciones nuevas.

#### 3.2.4 Herramientas de evaluación para estudiantes

Considera la identificación de escenarios y problemas de trabajo desde la geología ambiental y sus afines; la construcción y sustentación del proyecto semestral; la elaboración de documentos, interacción con pares académicos, autoevaluación y demás tareas concertadas; y la aprobación del curso, según el reglamento de la Institución académica donde se oferte la asignatura. Los ítems para evaluar son:

- Participación y asistencia (Ensayos, contribuciones a los temas): (10%)
- Mesas de trabajo y eventos académicos: (20%)
- Proyecto Semestral (40% = 15% Avance y 25% Final) \*
- Talleres: (25%)
- Autoevaluación y Evaluación del Curso: (5%)

\* En este ítem el docente deberá hacer en conjunto con sus estudiantes una galería de no más de 10 temas sobre conflictos geoambientales en el país, a partir de los problemas generados, cada estudiante optará por un caso de estudio el cual irá abordando apoyado en las temáticas que se vayan tratando a lo largo del semestre, desarrollando un artículo de reflexión bajo los parámetros de la revista Geología Colombiana de la Universidad Nacional de Colombia (Para más información [AQUÍ](#)).

Se harán dos (2) entregas a lo largo del semestre, la primera propuesta para la mitad de este, con una valoración del 15%, y una final que corresponde al artículo finalizado con las respectivas correcciones del documento versión 1.0 y una breve sustentación del trabajo desarrollado en un tiempo no superior a siete (7) minutos.



- El diseño curricular se orientará a través de un programa que será entregado al estudiante y estará disponible en la plataforma para su continua revisión.
- La evaluación que muestra el proceso de valoración al estudiante y de la propuesta curricular por parte de los actores.
- En la sección de materiales se encuentran las diapositivas de las clases, los talleres y otro material complementario para la elaboración de los talleres y para profundizar en los diversos temas.  
Los módulos están diseñados para dar una introducción al tema y así permitir que el estudiante aplique el modelo de autoaprendizaje que es lo que busca la metodología ABP/PBL en donde el estudiante sume el reto de encontrar las herramientas para la formación de su conocimiento y el docente sirve como canal guía de refuerzo, orientación y debate de las temáticas que no están claras.  
De igual modo los talleres cuentan con un manejo didáctico del tema para abordar y más que ello aplicar los contenidos a un contexto real del panorama colombiano, estos talleres son el instrumento de aplicación de los módulos.
- La sala de escenarios contiene información sobre las entidades más importantes de los sectores geológico y ambiental.
- La sala de medios contiene videos, artículos, libros y materiales pertinentes para profundizar en los diversos temas.

Por último, aparece la sección de contacto donde hay una breve presentación de los formuladores de la propuesta y sus páginas de contacto para lograr un intercambio de conocimientos, experiencias, sugerencias y demás ideas que puedan ayudar al mejoramiento de la propuesta y su implementación en distintos campos de la sociedad.

En síntesis, se buscó abordar los temas de mayor interés en la geología ambiental y que a su vez se interrelacionan con las situaciones propias del contexto en el que se vive, con lo que busca que el geólogo no esté desdibujado con el panorama socioambiental y tenga la posibilidad de dar un debate claro y responsable en esta temática y que a su vez pase del discurso hacia la propuesta de alternativas que permitan desarrollar actividades geológicas minimizando a toda posibilidad el impacto que las mismas generan.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Antes los escenarios de conflicto que se presentar para las problemáticas generales y en algunos casos particulares sobre el quehacer de la comunidad geológica, la gestión ambiental del territorio y la pertinencia de los programas curriculares en geociencias, específicamente en geología ambiental, son de la mayor relevancia para Colombia. Siendo evidente que existe una proyección del tema, desde sus once (11) escuelas, que cuentan con las herramientas necesarias para que los profesionales que forma tengan las destrezas de afrontar y sustentar científicamente la toma de decisiones en lo disciplinar, pero que debemos suplir deficiencias presentes, mediante métodos como el propuesto en este trabajo de Aprendizaje por Proyectos (ABP/PBL) y plataformas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TICs.

Como se ha mencionado la formulación de programas curriculares surge con la premisa de responder a una sociedad que afronta necesidades y conflictos que deben ser resueltos desde la academia (Carr y Kemmis, 1988), por tanto, es imperativo que se proponga un contenido curricular orientado a los problemas de la realidad colombiana, con una pedagogía y didáctica que represente para el estudiante un entorno propositivo y valorativo de su profesión y los alcances transformadores de su actuar.

Se espera que esta propuesta de programa curricular con didácticas alternativas y encaminadas a remediar algunos vacíos en la formación profesional y el quehacer del geólogo, identificada en aquel momento de año 2014 por el Departamento de Geociencias, sea un aporte a la discusión que se viene dando en la universidad, no solamente en las diferentes escuelas de geociencias en el ámbito local e internacional.

Si bien la propuesta surge en la Maestría de Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Facultad de Ciencias de la Universidad, se espera que el programa sea evaluado y retroalimentado por otras instituciones académicas interesadas en su futura implementación, para ello deberá contar con las respectivas modificaciones, actualizaciones y ajustes que se requieran en la misma, y contará con todo nuestro apoyo.

## GLOSARIO

**Ambiente:** es el entorno vital: el sistema constituido por los elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando la forma, el carácter, el comportamiento y la supervivencia de ambos (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013) .

**Aprendizaje significativo:** Surge cuando el alumno, como constructor de su propio conocimiento, relaciona los conceptos a aprender y les da un sentido a partir de la estructura conceptual que ya posee. Dicho de otro modo, construye nuevos conocimientos a partir de los conocimientos que ha adquirido anteriormente. Este puede ser por descubrimiento (especialmente cuando trabajamos con las TICs), o receptivo. Pero además construye su propio conocimiento porque quiere y está interesado en ello. El aprendizaje significativo a veces se construye al relacionar los conceptos nuevos con los conceptos que ya posee y otras al relacionar los conceptos nuevos con la experiencia que ya se tiene. El aprendizaje significativo se da cuando las tareas están relacionadas de manera congruente y el sujeto decide aprenderlas (Guerrero Sánchez, 2014).

**Currículo:** Para el Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, el currículum es, según el artículo 76 del capítulo II de la Ley 115 de febrero 8 de 1994, el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el Proyecto Educativo Institucional. MEN

**Desarrollo sostenible:** modelo de desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las del futuro (Brundtland, 1988).

**Educación:** Es el proceso mediante el cual se afecta a una persona estimulándola para que desarrolle sus capacidades cognitivas y físicas para poder integrarse plenamente en la sociedad que la rodea (De-Juanas Oliva, 2014).

**Geología ambiental:** Es la rama de las ciencias de la tierra que estudia las interacciones entre la gente y la tierra. Está se basa en la comprensión de los procesos naturales que dan forma y cambio a la Tierra, procesos que causan terremotos, deslizamientos de tierra o inundaciones. La geología ambiental también investiga cómo las personas afectan a la Tierra, especialmente a través de su uso de recursos naturales (tales como tierra, combustible, minerales, aire y agua) y por la manera en que disponen de sus desechos (Keller, 1970; Hudson, 2016)

**Impacto ambiental:** El término impacto se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en su "entorno", interpretada en términos de "salud y bienestar humano" o, más genéricamente, de calidad de vida de la población; por entorno se entiende la parte del medio ambiente (en términos de espacio y de factores) afectada por la actividad o, más ampliamente, que interacciona con ella (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013).

**Pedagogía:** ciencia que estudia la educación y la enseñanza, que tiene como objetivos proporcionar el contenido suficiente para poder planificar, evaluar y ejecutar los procesos de enseñanza y aprendizaje, haciendo uso de otras ciencias, contempla visiones como la del mundo del lenguaje, el mundo de las identidades culturales, los intereses individuales y colectivos, así como los signos de la época que inscriben al individuo en un momento histórico y cultura particular (Puiggrós, 2007).

## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Álvarez, C. (2012). **La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje**. *Educatio Siglo XXI*, 30(2), 383-402.

Agencia Nacional de Hidrocarburos (2017a). **Evento - Congreso Colombiano De Petróleo y Gas - ACIPET**. [online] **Congreso Colombiano De Petróleo y Gas - ACIPET**. Disponible at: <https://congresoacipet.com/evento/> [Consultado: 18 Sep. 2017].

Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2017b). **Mapa de Tierras**. Bogotá, Colombia: Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Agencia Nacional de Minería. (2015). **Así es nuestra Colombia minera**. Bogotá, Colombia: Agencia Nacional de Minería.

Arango, M., Aristizábal, O., Betancur, J., Vásquez, C. & Hermelin, M. (1990). **Estudio preliminar de la parte alta de la cuenca de la Quebrada la Mosca, Guarne. Antioquia**. Memorias, Tercera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá. Primera Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Primer Seminario Andino de Geología Ambiental. Medellín, en prensa.

Barrows, H.S. (1986). **A Taxonomy of problem-based learning methods**. *Medical Education*, 20/6, 481–486.

Bates & Jackson. (1980). **Glossary of Geology**. American Geological Institute.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). **Indicadores de Riesgo de Desastres**. Washington, Estados Unidos: BID.

Brundtland, G. H. (1988). **Il futuro di noi tutti. Rapporto della commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo**.

Bustamante, G (2010). **Pedagogía de Kant: ¿una filosofía de la educación?** Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Cabero, J. (2001): **Tecnología Educativa. Diseño y utilización de medios en la enseñanza**, Barcelona, Paidós.

Carr, W. & Kemmis, S. (1988). **Teoría crítica de la enseñanza**. Barcelona: Martínez-Roca. España.

Casarini, M. (2002). **Teoría y diseño curricular**. Editorial Trillas. México. pp. 109- 180.

Comisión Europea CE. (14 de Diciembre de 2001). Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo. Obtenido de Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo. **El papel de las TIC en la política comunitaria de desarrollo**: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2001/ES/1-2001-770-ES-F1-1.Pdf>

Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo CMMAD. (1988). **Nuestro Futuro Común**. Madrid, España: Alianza.

Coll, C. (1991). **Psicología y Currículum**. Ediciones Paidós. Barcelona España.

Chica, G.; Jiménez, J. L.; González, R.; Vargas, J. P.; Salinas, I. C. & Bustamante, M. (1990). **Información geográfica para cuencas y cauces, propuesta de manejo**. Memorias, Tercera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra. Primera Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, Primer Seminario Andino de Geología Ambiental, Medellín en prensa.

De Miguel Díaz, M. (2005). **Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior**. Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo.

De-Juanas Oliva, Á. (2014). **Educación social en los centros penitenciarios**. Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Duch, J., Groh, S.E., & Allen, D.E. (2001). **The power of problem-based learning: A practical “how to” for teaching undergraduate courses in any discipline**. Sterling Virginia US. Stylus Publishing.

Durán Valsero, J. J., Brusi I Belmonte, D., Pallí I Buxó, L., López Martínez, J., Palacio, J., & Vallejo, M. (1998). **Geología ecológica, geodiversidad, geoconservación y Patrimonio Geológico de la Declaración de Girona**. IV Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico: Miraflores de la Sierra: Madrid: Junio-Julio de 1998: Comunicaciones, 1998, vol. 1, p. 69-72.

EJOLT. (6 de Octubre de 2017). Atlas de Conflictos Ambientales. Obtenido de Conflictos ambientales en Colombia: <https://ejatlas.org/country/colombia>

Exley, K., & Dennick, R. (2007). **Enseñanza en pequeños grupos en educación superior: tutorías, seminarios y otros agrupamientos** (Vol. 14). Narcea Ediciones.

Gómez Orea, D., & Gómez Villarino, M. T. (2013). **Evaluación de impacto ambiental**. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Gómez, A. (2008). **El uso de la tecnología de la información y la comunicación y el diseño curricular**. Revista Educación, 2008, 32, Nº 1, pp. 77-97.

Gómez, F., Rivas, I., Mercado, F. & Barjola, P. (2009). **Aplicación interdisciplinar del aprendizaje basado en problemas (ABP) en ciencias de la salud: una herramienta útil para el desarrollo de competencias profesionales**. Revista de Docencia Universitaria, (4).

González González, C. S. (2015). **Estrategias para trabajar la creatividad en la Educación Superior: pensamiento de diseño, aprendizaje basado en juegos y en proyectos**. Revista de Educación a Distancia. Universidad de Murcia. Murcia, España.

Guerrero Sánchez, M. (2014). **Metodologías activas y aprendizaje por descubrimiento. Las TIC y la educación**. Marpadal Interactive Media SL. Albacete, España.

Hermelín Arboux, M. (1987). **Bases de Geología Ambiental**. Universidad Nacional, Facultad de Minas. Medellín, 300 p.

Hermelín Arbaux, M. (1988). **Aspectos geológicos del Plan de Ordenamiento Territorial de la zona Norte del Valle de Aburra**. Memorias, Segunda Conferencia Riesgos Geológicos del Valle de Aburra, Medellín, 21p.

Hermelín Arbaux, M. (1989). **Geología Ambiental de Andes, Antioquia**. Memorias, Tomo 2, V Congreso Colombiano de Geología. Bucaramanga. en prensa.

Hermelín Arbaux, M. (1990a). **Environmental Geology in Latin America: The Colombian Experience International Meeting on Earth Science for Environmental Planning: a three-sided advanced workshop** (Santander, Spain). In presa, Springer-Verlag.

Hermelín Arbaux, M. (1990b). **Geología y geología ambiental**: Memorias, Tercera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra, Primera Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Primer Seminario Andino de Geología Ambiental, Medellín, en prensa

Hermelín Arbaux, M. (1990c). **Bases físicas para los planes de desarrollo de los municipios de Risaralda**. Memorias, Tercera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra. Primera Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Primer Seminario Andino de Geología Ambiental, Medellín. en prensa.

Hermelín Arbaux, M. (2002a). **Geología y Medio Ambiente en Colombia: un Balance**. Revista Universidad EAFIT, 45-54.

Hermelín Arbaux, M. (2002b). **Siete décadas de geología ambiental en Colombia**. Revista Universidad EAFIT, 76-93.

Hudson, T. (2016). **Living with Earth: An Introduction to Environmental Geology**. New York, USA: Taylor & Francis.

IDEAM. (2016). **Informe sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente 2015-2016**. Bogotá, Colombia: Contraloría General de la República.

IGAC, I. G. (2 de Enero de 2017). **Área Colombiana 2017**. Obtenido de <http://www.igac.gov.co:10040/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/MapasdeColombia/>

Keller, E (1996). **Environmental Geology**. Prentice Hall. United States.

Ministerio de Ambiente MinAmbiente. (09 de Diciembre de 2009). **Diagnóstico de salud ambiental nacional**. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

Ministerio de Educación Nacional MEN. (Noviembre de 2001). **ALTablero el periódico de un país que educa y se educa**. Obtenido de **Sistema de Créditos Académicos**: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87727.html>

Ministerio de Educación Nacional MEN. (2017a). **Currículo**. Obtenido de Ministerio de Educación Nacional: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-79413.html>

Ministerio de Educación Nacional MEN. (2017b). **Plan de Estudios**. Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-79419.html>

Ministerio de las TIC MinTIC. (12 de Marzo de 2008). **Plan Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones**. Obtenido de <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/ColombiaPlanNacionalTIC.pdf>

MEIRIEU, P. (1991). **Le choix d'éduquer. Ethique et pédagogie**. París: ESF. \_\_\_\_ (1997). L'envers du tableau. Quelle pédagogie pour quelle école ? Paris: ESF

Morales, P., & Landa, V. (2004). **Aprendizaje basado en problemas**. Theoria, 13(1).

Munich Re. (2015). **TOPICS SCHADENSPIEGEL**. [online] Disponible at: [https://www.munichre.com/site/touch-publications/get/documents\\_E1020111829/mr/assetpool.shared/Documents/5\\_Touch/Publications/302-08634\\_es.pdf](https://www.munichre.com/site/touch-publications/get/documents_E1020111829/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/Publications/302-08634_es.pdf) [Consultado: 27 Sep. 2017].

Nannetti & Leyva. 2015. **La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014: ¿un esfuerzo insostenible?** Colombia.

OECD, O. e. (07 de 05 de 2014). **Evaluaciones del Desempeño Ambiental para Colombia. Obtenido de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos:** [http://www.oecd.org/env/country-reviews/Evaluacion\\_y\\_recomendaciones\\_Colombia.pdf](http://www.oecd.org/env/country-reviews/Evaluacion_y_recomendaciones_Colombia.pdf)

Pérez, J.A. (1990). **Aplicación de Imágenes SPOT y LANDSAT-TM en zonificación de terremotos. Tercera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá**. Primera Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Primer Seminario Andino de Geología Ambiental. Medellín, en prensa.

Prieto Navarro, L. (2006). **Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas**. Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales, 64(124), 173-196.

Puiggrós, A. (2007). **Cartas a los educadores del siglo XXI**. Buenos Aires, Argentina: Galerna S.L.R.

Red Colombiana de Formación Ambiental RCFA. (24 de Octubre de 2007). **Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat**. Obtenido de Fundamentación Conceptual y Antecedentes: [http://redcolombianafa.org/es3/publicaciones/Fundamentacion\\_y\\_antecedentes.pdf](http://redcolombianafa.org/es3/publicaciones/Fundamentacion_y_antecedentes.pdf)

Sánchez Pérez, G. (2002). **Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia**. Economía y Desarrollo, 1(1), pp.79-88.

Sánchez Pérez, G. (2012). **Medio ambiente en Colombia**. Bogotá, Colombia: Pardo.

Universidad Nacional de Colombia UNAL. (16 de Septiembre de 2007). Dirección de Relaciones Exteriores. Obtenido de **Sistema de créditos en la universidad Nacional:** [http://www.dre.unal.edu.co/fileadmin/docs/movilidad/Sistema de Creditos en la Universidad Nacional.pdf](http://www.dre.unal.edu.co/fileadmin/docs/movilidad/Sistema_de_Creditos_en_la_Universidad_Nacional.pdf)

Universidad Nacional de Colombia UNAL. (14 de Octubre de 2009). **RESOLUCIÓN 1566 DE 2009.** Obtenido de Salidas de Campo: <http://www.legal.unal.edu.co/sisjurun/normas/Norma1.jsp?i=36370>

Umaña de Gauthier, G. (2017). **Importancia de las salidas de campo en la enseñanza de la Geografía.** Revista Folios, (20), 105-120.

UNESCO. (1977). **Conferencia Intergubernamental de Educación Ambiental.** Tbilis, URRS Actual Georgia: PMUNA & UNESCO.

UPM, U. P. (28 de Agosto de 2008). **Servicio de innovación educativa. Obtenido de Aprendizaje basado en problemas: Guías rápidas sobre nuevas metodologías:** [http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje\\_basado\\_en\\_problemas.pdf](http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje_basado_en_problemas.pdf)

UPME, U. d. (2013). **Plan de expansión de referencia generación- transmisión 2013-2027.** Bogotá, Colombia: UPME.

Van Westen, O.J. & Álzate Bonilla, J. B. (1990). **Mountain hazard analysis using a PC based GIS. In Proceedings 6th international congress International Association of Engineering Geology (IAEG):** 6-10 August 1990, Amsterdam, The Netherlands/ed. by DG Price, pp. 265-271.

Velásquez, A. & Meyer, Ir J. (1990). **Estimativos de pérdidas por desastres en el Valle del Cauca durante el decenio 1980.** Memorias, Tercera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, Primera Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Primer Seminario Andino de Geología Ambiental, Medellín en prensa.

Zambrano Leal, A. (2005). **Didáctica, pedagogía & saber.** Bogotá: Editorial Magisterio.

Zambrano Leal, A. (2016). **Pedagogía y didáctica: esbozo de las diferencias, tensiones y relaciones de dos campos.** Praxis & saber, 7(13), 45-61.

## ANEXOS

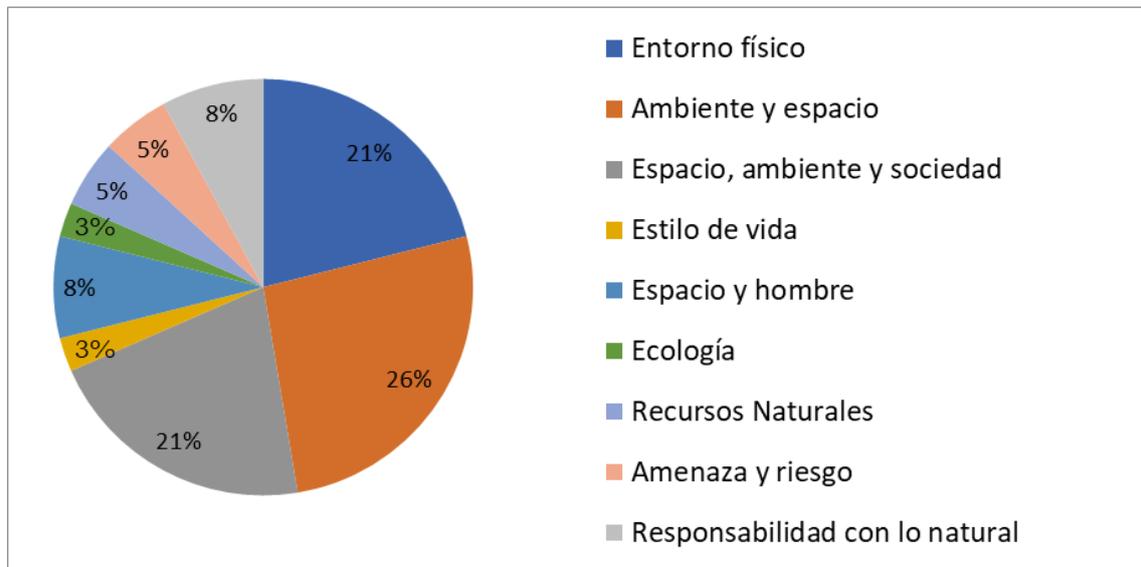
# Anexo 1

Contiene los resultados de la encuesta que tenía como objetivo evaluar los contenidos y su valor en el área de geología ambiental y disciplinas afines en las diferentes escuelas.

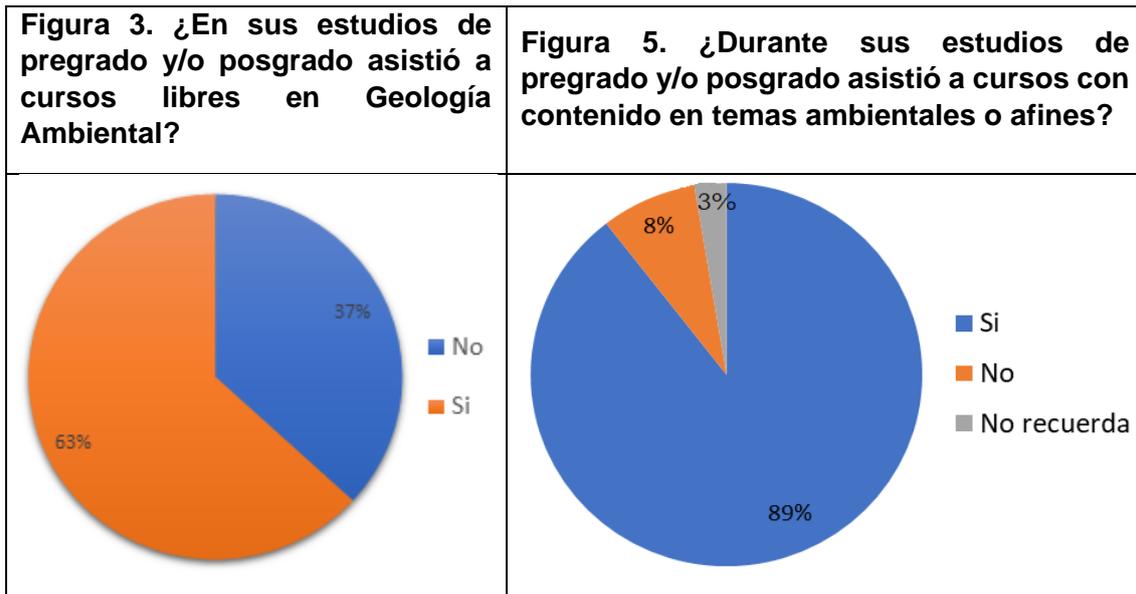
**ANEXO 1. ENCUESTA PRELIMINAR**

A continuación, se presentan los datos colectados en la encuesta preliminar, enviada a los a los directores de las 11 universidades donde se ofrece la carrera de Geociencias, para conocer las percepciones de profesores y estudiantes sobre la cátedra de Geología Ambiental. Las figuras 1 a 11 muestran las preguntas con sus respectivos resultados.

**Figura 1. ¿Qué significado tiene el término "Ambiente - Ambiental" para lo(a)s geólogo(a)s?**

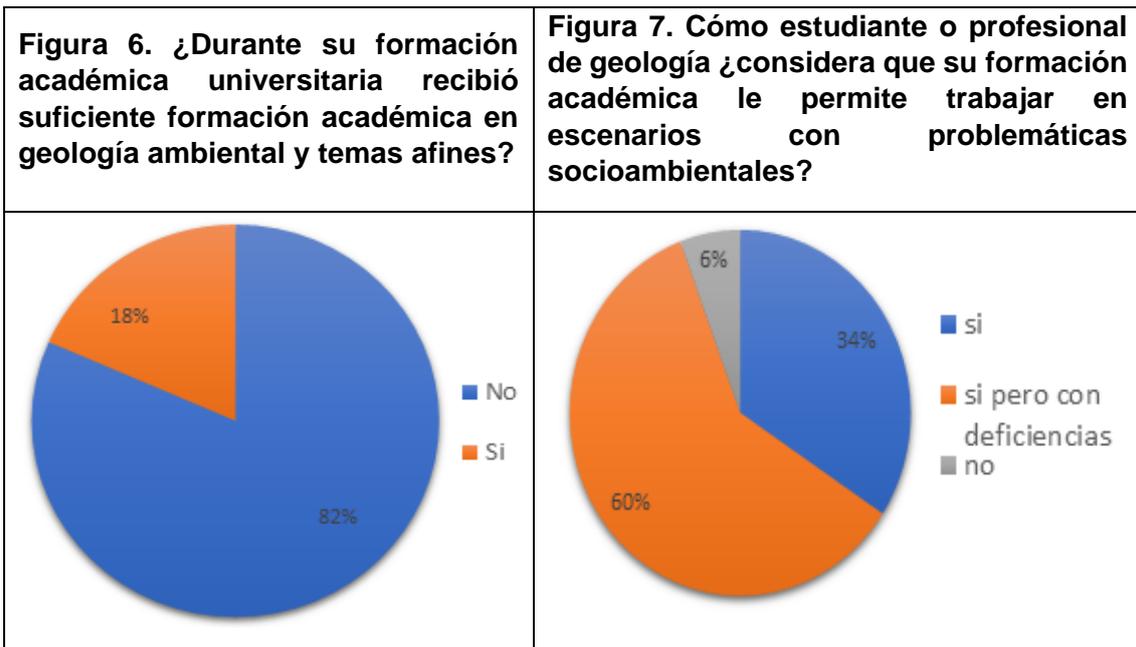


<p><b>Figura 2. ¿Considera que lo Ambiental incluye la dimensión Social en la profesión de Geología?</b></p>	<p><b>Figura 3. ¿Durante sus estudios de pregrado y/o posgrado asistió a cursos obligatorios en Geología Ambiental?</b></p>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>71%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	No	29%	Si	71%	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No</td> <td>63%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>37%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	No	63%	Si	37%
Respuesta	Porcentaje												
No	29%												
Si	71%												
Respuesta	Porcentaje												
No	63%												
Si	37%												



**Tabla 5.1** Recuerda el nombre de los cursos.

CURSO	SI (%)	No (%)
Aguas	2,63	97,36
Amenaza, riesgo y desarrollo	2,63	97,36
Amenazas Geológicas	5,26	94,73
Calidad del Aire	2,63	97,36
Cátedra de Recursos	2,63	97,36
Cátedra del Agua	2,63	97,36
Cátedra Jorge Eliécer Gaitán: recursos minero-energéticos	5,26	94,73
Climatología	5,26	94,73
Ecosistemas terrestres colombianos	2,63	97,36
Energía en Colombia	2,63	97,36
Etnobotánica	2,63	97,36
Fundamentos de ecología	2,63	97,36
Geología Ambiental	47,36	52,63
Geología Ambiental Avanzada	5,26	94,73
Geología ambiental y desarrollo sostenible	2,63	97,36
Geomorfología y dinámica fluvial	2,63	97,36
Hidrogeología	18,42	81,58
Hidrogeología Ambiental	2,63	97,36
Medio Ambiente y Agua	2,63	97,36
Química Ambiental	2,63	97,36
Riesgos de origen hidrometeorológico en Colombia	2,63	97,36
Riesgos Naturales	2,63	97,36
Suelos y medio ambiente	2,63	97,36
Vulcanología	7,89	92,1



**Figura 8. ¿Qué temas trabajó en la asignatura de geología ambiental?**



**Figura 9. ¿Considera que, en Colombia, la Geología Ambiental debe profundizar y dar alternativas a problemáticas de manejo del territorio y sus recursos naturales?**

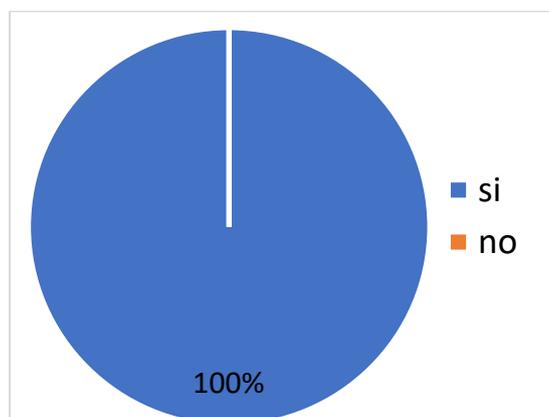


Figura 10. ¿Qué relación profesional o académica tiene con la Geología Ambiental o temas afines?

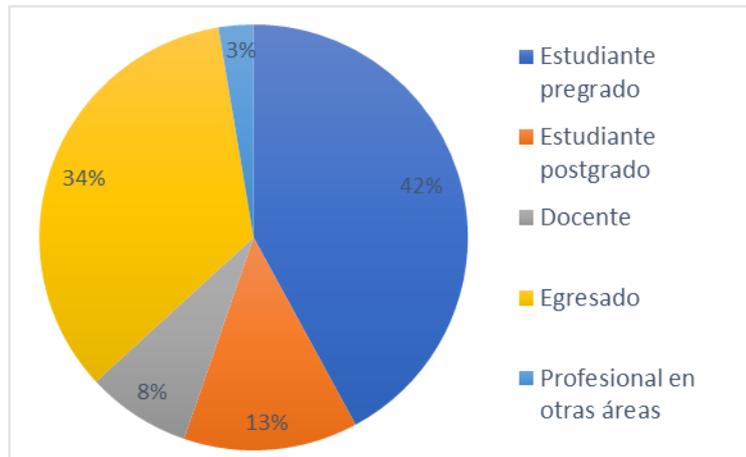
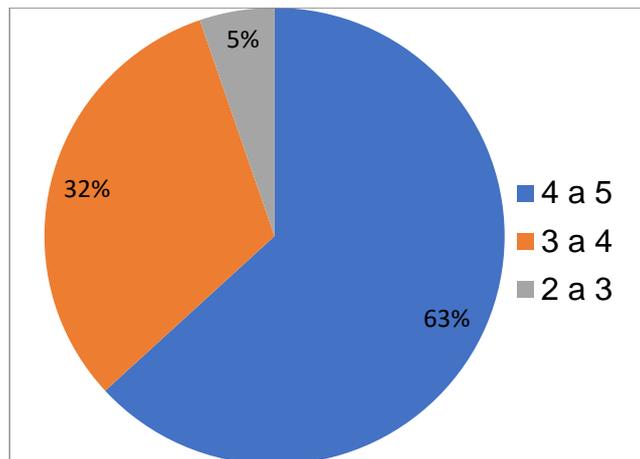


Figura 41. ¿Qué importancia le asigna al tema Ambiental y Social en su formación académica y ejercicio profesional?



# **Anexo 2**

Presenta los cuatro (4) talleres que desarrollan los contenidos temáticos definidos en el currículo propuesto.

- 2.1 Amenazas y riesgos geológicos.
- 2.2 Energía hidroeléctrica y ambiente.
- 2.3 Recursos minerales, minería y ambiente.
- 2.4 Hidrocarburos, ambiente y sociedad.

## ANEXO 2. TALLERES DE INVESTIGACIÓN

### TALLER 1. AMENAZAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS

#### AMENAZAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS

Evalúa los conocimientos aprendidos en los módulos I, II y III.

##### IDEAS PRINCIPALES

Los **riesgos geológicos naturales** son los generados por causas naturales como erupciones volcánicas, actividad sísmica, inundaciones, deslizamientos de tierra, avalanchas de barro, erosión, incendios provocados por rayos, u otros eventos de origen natural (Keller, 1988).

Los **riesgos antropogénicos** son los causados, al entorno natural y a la sociedad, como resultado de las actividades extractivas humanas. Por ejemplo: la contaminación de suelos y aguas por efecto de un derrame petrolero o el vertimiento directo de una sustancia potencialmente peligrosa (Keller, 1988).

Para minimizar los riesgos provocados por actividades o procesos geológicos deben construirse e implementarse planes de prevención y contingencia. Estas medidas deben involucrarse en los Planes de Ordenamiento Territorial.

##### FOCO DE LA INVESTIGACIÓN

- Contextualizar al estudiante con aquellos aspectos básicos prácticos de las ciencias ambientales que están estrechamente relacionados con las ciencias de la Tierra.
- Entender y aplicar los conceptos, principios y fundamentos de las Geología Ambiental y enseñar su importancia y aporte en los estudios ambientales y sociales.
- Aprender los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; la manera como se relacionan entre sí y su utilidad en la prevención y gestión del riesgo.
- Identificar y caracterizar los factores de amenaza, riesgo y vulnerabilidad que generan los procesos (origen natural) geológicos y las actividades geológicas (origen antrópico) en el entorno ambiental y social. En este último se contemplan aquellos factores que tengan relación directa e indirecta con el ambiente; por ejemplo, el aumento de densidad demográfica en un área donde se lleve a cabo una explotación de recursos genera un incremento en el consumo de agua, se produce más basura que afecta los cauces de los ríos, la construcción de vivienda aumenta la compactación del suelo generando inundaciones.
- Analizar la participación de los geólogos, como profesionales y gremio, en la prevención de desastres y gestión del riesgo en Colombia.

##### BASES TEÓRICAS

Amenaza o peligro geológico

El término **amenaza** es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) que, acorde al lugar donde ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades (Organization of American States - OAS; 2013). Pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada en su origen y efectos (NU/EIRD, 2008).

Estas amenazas naturales pueden causar pérdidas de vidas, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica y/o degradación ambiental. Según su origen se clasifican en:

- 1) Amenazas internas o de origen tectónico como el movimiento de placas y la actividad de fallas geológicas que a su vez pueden ocasionar terremotos y tsunamis; y las emisiones y erupciones volcánicas.
- 2) Amenazas externas representadas por movimientos de material como deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas; inundaciones; huracanes; desertificación (Figura 1).

**TABLA 1. TIPOS DE AMENAZAS BIOFÍSICAS.**

<b>AMENAZAS INTERNAS</b>		
<b>SÍSMICAS</b>	<b>VOLCÁNICAS</b>	
Fallas Temblores Dispersiones laterales Licuefacción Tsunamis Seiches	Tefra (cenizas, lapilli) Gases Flujos de lava Corrientes de fango Proyectiles y explosiones laterales Flujos piroclásticos	
<b>AMENAZAS EXTERNAS</b>		
<b>REMOCIÓN EN MASA</b>	<b>HIDROLÓGICAS</b>	<b>ATMOSFÉRICAS</b>
Avalanchas de ripio Suelos expansivos Deslizamientos Desprendimiento de rocas Deslizamientos submarinos Hundimiento de tierra	Inundación costera Desertificación Salinización Sequía Erosión y sedimentación Desbordamiento de ríos	Granizo Huracanes Incendios por efecto de descargas eléctricas. Tornados Tormentas tropicales

**Fuente: Modificado de Chardon & González, 2002.**

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad, persona o elemento de ser afectada(o) o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antropogénico (Lavell, 2003). Los factores que definen la vulnerabilidad de las poblaciones, ante las amenazas geológicas, son (Tabla 2):

**TABLA 2. FACTORES DE VULNERABILIDAD**

<b>FÍSICOS</b>	<b>NATURALES</b>	<b>TECNOLÓGICOS</b>
Ubicación respecto al factor de amenaza geológica.	Naturaleza del fenómeno y su magnitud Ecosistemas frágiles Tipo de suelo Erosión Fenómenos climáticos globales: calentamiento genera elevación del nivel del mar, lo que vuelve ciertas costas e islas inhabitables por las inundaciones	Fallas técnicas en las construcciones (Altura, material, sistema constructivo, efecto martillo, nivel de mantenimiento) Calidad de los materiales de las infraestructuras. Manejo de las aguas.

**Modificado de: Chardon & González, 2002.**

Riesgo geológico

El riesgo es la probabilidad (posibilidad de que algo suceda) de daño si alguien o algo que es vulnerable está expuesto a un peligro. En términos cuantitativos, el peligro se define por tres parámetros: un nivel de peligro (gravedad), su frecuencia de ocurrencia y su ubicación (Kentucky Geological Survey).

Desde el punto de vista ambiental puede considerarse como el producto de la probabilidad de ocurrencia de un evento por sus consecuencias (Keller, 1996).

Mitigación de desastres

Existe el supuesto básico de que el impacto de un desastre puede ser evitado, o reducido, cuando su ocurrencia haya sido prevista durante la planificación para el desarrollo. Esta predicción puede salvar vidas humanas, pero sirve de poco para reducir las pérdidas económicas o la alteración social; eso sólo se puede lograr con medidas que deben ser tomadas con mucha antelación (OAS, 2013).

La mitigación de desastres generalmente supone recolectar datos, reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, modificar la exposición del lugar al peligro, o cambiar su función. Las medidas que se tomen, pueden tener 1) un carácter estructural, tales como la inclusión de medidas específicas de seguridad o la reducción de vulnerabilidad en el diseño así como la construcción de nuevas instalaciones, el reforzamiento de instalaciones existentes o la construcción de dispositivos de protección y 2) un carácter no estructural como la delimitación del uso de terrenos, la utilización de incentivos tributarios y de soberanía, y en programas de aseguración del riesgo (OAS, 2013).

La recolección de datos se realiza mediante (OAS, 2013):

**Evaluaciones de peligros o amenazas naturales:** que proporcionan información sobre la probable ubicación y severidad de fenómenos naturales peligrosos, así como sobre la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área dados. Estos estudios se basan en información científica disponible, incluyendo mapas topográficos, geológicos, geomórfológicos y de suelos; fotografías aéreas e imágenes de satélite y datos de clima e hidrológicos.

La información histórica, tanto escrita como de reseñas orales de residentes antiguos, es también útil para caracterizar los eventos peligrosos potenciales. Idealmente, una evaluación de peligros naturales promueve la percepción de este problema en una

región en desarrollo, evalúa la amenaza de peligros naturales, identifica la información adicional requerida para una evaluación definitiva y recomienda las maneras más apropiadas para obtenerla.

**Evaluaciones de vulnerabilidad:** estiman el grado de pérdida y daños que podrían resultar de la ocurrencia de un fenómeno natural de severidad dada. Los elementos analizados incluyen la población humana, la infraestructura de bienes de capital y recursos tales como asentamientos, líneas vitales, instalaciones para la producción, para concentraciones públicas y patrimonio cultural; las actividades económicas y el funcionamiento normal de los asentamientos humanos.

La vulnerabilidad puede ser estimada para determinadas áreas geográficas: por ejemplo, áreas con el mayor potencial para su desarrollo o áreas ya desarrolladas en zonas peligrosas.

Las técnicas empleadas incluyen la cartografía de líneas vitales o de instalaciones críticas y un análisis sectorial de vulnerabilidad para sectores tales como energía, transporte, agricultura, turismo y vivienda. En América Latina y el Caribe la vulnerabilidad a peligros naturales es pocas veces considerada en la evaluación de una inversión, aun cuando la vulnerabilidad a otros riesgos, tales como los fluctuantes precios de mercado y de costos de materia prima, sí se toma en consideración como práctica normal.

**Evaluaciones de riesgo:** es un estimado de las probables pérdidas previsible para un determinado evento peligroso. Los análisis formales de riesgo consumen mucho tiempo y son costosos, pero hay métodos cortos, que dan resultados adecuados para la evaluación de un proyecto. Una vez que se han evaluado los riesgos, los planificadores tienen una base para incorporar medidas de mitigación en el diseño de proyectos de inversión y para comparar los costos y beneficios del proyecto versus el no realizarlo.

#### Alertas tempranas de peligros naturales

Una alerta, aún de corta antelación, sobre la ocurrencia probable y los efectos de un fenómeno natural, es de gran importancia para reducir la pérdida en vidas y propiedades. El pronóstico de un evento natural es resultado directo de la investigación científica acerca de sus causas y está orientada a establecer la probabilidad de la próxima ocurrencia en términos de cuándo, dónde y el rango de magnitud. Los sistemas de monitoreo cercano y remoto, cada vez más sofisticados, acumulan información de eventos potencialmente peligrosos para una predicción más confiable.

Algunos peligros, tales como los huracanes y las inundaciones, pueden ser pronosticados con gran precisión, pero no ocurre así con la mayoría de los eventos geológicos. Los sistemas de alerta para algunos tipos de desastres se caracterizan por un tiempo anticipatorio muy corto. Por ejemplo, en el caso de los tsunamis, el centro de Alerta del Pacífico, que constantemente monitorea los océanos, proporciona avisos previos que varían entre unos minutos y unas cuantas horas. En el mejor de los casos, estas alertas proporcionan suficiente tiempo para que se evacúe a la población, pero no para que se puedan tomar otras medidas preventivas.

#### Planes de prevención

Están orientados a minimizar la pérdida de vidas y de propiedades durante un evento natural. Promueven la instalación de sistemas para monitorear los peligros conocidos,

sistemas de alerta, planes de emergencia y de evacuación, rutas de emergencia, y la formulación de programas educativos para funcionarios públicos y profesionales.

Incluyen acciones tomadas con anticipación al evento y actividades especiales tanto durante como inmediatamente después de él. Se pueden identificar dos niveles de preparativos: información sobre la seguridad pública y planificación de la percepción del peligro.

#### Planes de contingencia

Después de un desastre natural, los residentes locales son los que llevan a cabo las primeras actividades de socorro. Los aspectos claves del socorro post-desastre son la rehabilitación de servicios vitales y de instalaciones críticas, el entrenamiento, simulacros de desastres, y la identificación y asignación de recursos locales y externos.

#### Rehabilitación y reconstrucción post-desastre

De manera concurrente, o inmediatamente después de las actividades de socorro, la rehabilitación post-desastre significa restaurar las funciones normales de los servicios públicos, del comercio y los negocios, reparar viviendas y otras estructuras, y reiniciar las actividades productivas. Sin embargo, a menudo, en esta fase, se ignora la mitigación: la rehabilitación procede sin ninguna medida para reducir la posibilidad de igual impacto en caso de que el desastre ocurra nuevamente.

Al considerar los costos de reconstrucción, se deben volver a evaluar las políticas de desarrollo existentes y los proyectos sectoriales. En muchos casos, todo ello ha dejado de ser apropiado o ya no coincide con el mejor uso de los recursos naturales. Por esta razón, durante el proceso de manejo de peligros naturales, se debe examinar todo cambio en los recursos, metas, objetivos y productos de los planes de desarrollo, e incorporar estos factores en las subsiguientes actividades de planificación.

#### *Actividades de educación y entrenamiento*

La educación y el entrenamiento, tanto formal como informal, preparan a las personas de todo nivel para participar en el manejo del peligro. Las universidades, centros de investigación y agencias internacionales de asistencia para el desarrollo juegan el principal rol formal en la preparación de individuos, en una gran variedad de niveles de habilidad tales como la evaluación de peligros naturales, la reducción de riesgos y la predicción de fenómenos naturales. Estas actividades también son realizadas por entidades operativas tales como los ministerios de agricultura, transporte, obras públicas y defensa.

Se ha comprobado que la observación directa después de un desastre es una de las maneras más efectivas para aprender. Las investigaciones post-desastre describen los aspectos cualitativos y cuantitativos de los peligros naturales y, frecuentemente, mejoran la información producida por modelos y conjeturas, indicando en qué áreas el desarrollo debe ser muy restringido o evitado. Algunos resultados directos del proceso de aprendizaje son (1) mejorar las políticas y las acciones de programa, los códigos de construcción, las normas, las capacidades de construcción y diseño; (2) el desarrollo de legislación para la adopción de estas políticas y el fortalecimiento o creación de nuevas organizaciones de desastre; (3) el mejoramiento de los aspectos importantes de logística para la prevención de desastres, tales como sistemas de comunicación y de alertas; y (4) el establecimiento de organizaciones comunitarias y de recursos para confrontar desastres futuros.

#### CASOS DE ESTUDIO

- Erupción Volcán Galeras en 1936
- Tsunami en Buenaventura en 1979
- Desaparición de Armero 1985
- Inundaciones, un desastre no natural.

#### ACTIVIDAD

En esta actividad el estudiante pondrá en práctica e integrará la información recibida en los módulos I, II y III del curso en torno al caso de estudio seleccionado. Para ello se proponen tres ejercicios, cada uno de los cuales tiene un producto final que será evaluado acorde a los siguientes porcentajes (Tabla 3):

**TABLA 3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

<b>EJERCICIO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>PORCENTAJE (%) DE CALIFICACIÓN</b>
<b>Diagnóstico del problema seleccionado</b>	Listado de documentación en Excel	5
	Documento de máximo cinco (5) páginas.	10
<b>Identificación, caracterización y evaluación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos</b>	Mapa mental	20
	Mapas temáticos (4)	25
	Documento digital de máximo dos (2) páginas	25
<b>Espacio de reflexión</b>	Ensayo	10
	Socialización	5

Esta actividad es transversal a todos los talleres ya que para entender los diferentes casos de estudio el estudiante deberá buscar información que le permita identificar y caracterizar el problema seleccionado; contextualizarlo dentro del panorama geológico, ambiental y social de Colombia e identificar los elementos básicos de la Geología Ambiental (amenaza y riesgo).

Las actividades serán entregadas los domingos conforme se avance en los módulos, su evaluación se hará de dos maneras, en principio por pares, para lo cual dos grupos distintos evaluarán el proceso de otro; y al final cada estudiante del grupo conforme la evaluación de pares hará una autoevaluación de su proceso. Además, en grupo corregirán sus debilidades antes de la siguiente sesión de clase, y será subido su trabajo a la nube virtual del curso. A partir de los dos criterios de apreciación del proceso de aprendizaje, se hará un promedio que tomará el valor del porcentaje enunciado en la tabla 3 de criterios de evaluación.

#### Objetivos

- Profundizar los conocimientos del módulo 1, 2 y 3 del currículo sobre conceptos fundamentales de las ciencias ambientales, perspectivas y prospectos, sobre ciclos naturales, materiales terrestres, procesos geológicos de origen natural, amenaza, riesgo y vulnerabilidad a escala humana.
- Aplicar los principios y fundamentos de la Geología Ambiental en un contexto

nacional real y entender las relaciones entre la geología, el ambiente y la sociedad.

- Aplicar las herramientas de Geología Ambiental a la gestión del riesgo y la prevención de desastres.
- Concientizar al estudiante sobre los principios éticos y responsabilidad social que debe tener en cuenta para el ejercicio de su profesión.

### **Ejercicios**

#### **Ejercicio 1. Diagnóstico del problema seleccionado**

Cada grupo deberá compilar información sobre el caso de estudio, para ello debe:

1. Consultar las bibliotecas físicas y digitales de las entidades relacionadas con la gestión del riesgo en Colombia.
2. Generar un listado de la documentación encontrada en Excel, ese listado debe contener los siguientes datos: nombre del autor o entidad, año, título, editorial o entidad que lo generó, anexos que aportan a la caracterización (mapas, fotos, imágenes, metodologías); información que aporta el documento a la caracterización del problema, observaciones sobre la calidad técnica del documento (deben analizar si los datos reportados están soportados, si la metodología de tratamiento estadístico se menciona, que datos se muestran).
3. En ese mismo listado incluir una casilla que indique si el documento es o no tenido en cuenta para la caracterización del problema y en un documento de máximo una página indicar los criterios de selección.
4. Generar un documento digital de máximo cinco (5) páginas donde se indique que ocurrió, cuando y donde, el impacto generado (área física y número de personas y biota afectadas), estudios previos que alertaban sobre el evento, medidas de prevención tomadas, costo de recuperación, recursos naturales afectados y modificaciones del ecosistema, medidas de contingencia implementadas, cambios estatales, institucionales, locales y culturales implementados a partir de la ocurrencia del evento, identificación de responsables y asignación de responsabilidades para la recuperación de la zona y la comunidad y para penalización, sanciones impuestas a responsables, cobertura del evento y tipo de cobertura (informativa, amarillista, especulativa, etc), participación del gremio de Geología antes, durante y después del evento y tipo de participación (técnica, defensiva, política, etc).

#### **Ejercicio 2. Identificación, caracterización y evaluación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos**

1. A partir de la información colectada, identifique los factores de amenaza, riesgo y vulnerabilidad presentes en su caso de estudio.
2. Elabore un mapa mental en el cual interrelacione las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos encontrados.
3. Realice un mapa de amenaza y otro de vulnerabilidad utilizando un programa de computador especializado.
4. Utilizando los dos mapas anteriores, genere dos mapas de riesgo: uno realizado a mano y utilizando su lógica y otro utilizando un programa de computador especializado.
5. Genere un documento digital de máximo dos (2) páginas en el que incluya lo

siguiente:

- a. caracterización breve y concisa de los factores de amenaza, riesgo y vulnerabilidad identificados. Incluya si es de tipo ambiental, social y/o económica y explique los criterios para clasificarla.
- b. Análisis de los mapas generados.
- c. Comparación de los dos mapas de riesgo.
- d. En la caracterización de amenazas, vulnerabilidades y
- e. Elabore un mapa mental multidimensional donde identifique y visualice los factores indirectos externos (condiciones climáticas, políticas, de pobreza, etc..) y directos (geomorfología del área, procesos geológicos, etc..) que generaron el evento estudiado.
- f. Las directrices básicas de la gestión del riesgo y un análisis de cómo fueron tenidas en cuenta en su caso de estudio.

### **Ejercicio 3. Espacio de reflexión**

1. En un ensayo de máximo una (1) página, reflexione sobre la participación y ética del gremio geológico en la prevención, mitigación y contingencia del caso de estudio.
2. Socialice el trabajo en el foro virtual montado en el portal web del curso.

### **REFERENCIAS**

KENTUCKY GEOLOGICAL SURVEY – KGS (2017). **Earthquake Hazard and Risk** en <http://www.uky.edu/KGS/geologichazards/risks.htm>

KELLER, E. A. (1988). **Environmental Geology**. Charles and Nerril Publishing Co. Fifth Edition. Columbus, Ohio, USA.

LAVELL, A., *et. al.* (2003). **La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica**. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), PNUD.

NACIONES UNIDAS. (2008). **La gestión del riesgo de desastres hoy: Contextos globales, herramientas locales**. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) en <http://www.eird.org/gestion-del-riesgo/index.html>

NACIONES UNIDAS. (2002). **Vivir con el Riesgo**. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres en <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/cds/vivirconelriesgo/pdf/ch1%20Section%201.pdf>

NU/EIRD. (2008). **Contextos globales, herramientas locales**. Amanaza Geológica. Disponible en: [http://vcd.cridlac.org/index.php/AMENAZA\\_GEOLOGICA](http://vcd.cridlac.org/index.php/AMENAZA_GEOLOGICA).

Organization of American States - OAS. (1993). **Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales, en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado**. Organization of American States. Washington, D.C.

ONU. (2013). **Curso de Reducción del Riesgo de Desastres y Desarrollo Local Sostenible**. Programa DELNET. [http://www.preventionweb.net/files/30480\\_delnetfolletoriesgo2013.pdf](http://www.preventionweb.net/files/30480_delnetfolletoriesgo2013.pdf)

MATERIAL EXTRA EN EL SIGUIENTE CÓDIGO QR



## TALLER 2. HIDROCARBUROS, AMBIENTE Y SOCIEDAD

### HIDROCARBUROS, AMBIENTE Y SOCIEDAD

Evalúa los conocimientos aprendidos en los módulos I, II, III y IV.

#### *IDEAS PRINCIPALES*

Se denominan **combustibles fósiles** a aquellas sustancias que tienen la capacidad de generar energía como el carbón, el petróleo y el gas natural (Thiel, 2017). Estos compuestos orgánicos están formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno y por ello reciben el nombre de **Hidrocarburos** (Echarri, 1998). Con base en lo anterior se puede decir que los hidrocarburos son los mismos combustibles fósiles.

**El carbón o carbón** de piedra se formó a partir de material vegetal. Muchas veces se pueden distinguir vetas de madera o improntas de hojas que permiten reconocer su origen.

**El petróleo** se formó principalmente del plancton y frecuentemente se encuentra con gas natural, originado durante el mismo proceso. Ambos tipos de combustibles se encuentran acompañados de azufre y/o derivados azufrados, ya que se formaron en condiciones anaeróbicas (Thiel, 2017).

En las refinerías de petróleo se separan distintos componentes como gasolina, gasoil, fueloil y asfaltos, que son usados como combustibles; y otros productos de los que se obtienen plásticos, fertilizantes, pinturas, pesticidas, medicinas y fibras sintéticas (Echarri, 1998).

**El gas natural** está formado por metano, propano y butano. El propano y el butano se separan del metano, se distribuyen en cilindros y se usan como combustibles para cocinar y calentar. El metano se usa como combustible, tanto en viviendas como en industrias y como materia prima para obtener diferentes compuestos en la industria química orgánica. El metano se distribuye normalmente por conducciones de gas a presión – gaseoductos (Echarri, 1998).

Los efectos ecológicos de los vertidos de hidrocarburos son muy variables ya que dependen de factores como la composición química del producto vertido, el tipo de sedimento afectado, la época del año y su relación con los ciclos reproductivos y/o migratorios de las especies afectadas, entre otros. El factor fundamental que va a determinar el grado de impacto sobre los organismos y comunidades es la persistencia y la biodisponibilidad del hidrocarburo (ITOPF, 2014).

La combustión de este tipo de combustibles genera emisiones de gases tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases que han contribuido y contribuyen a potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y agua (Thiel, 2017).

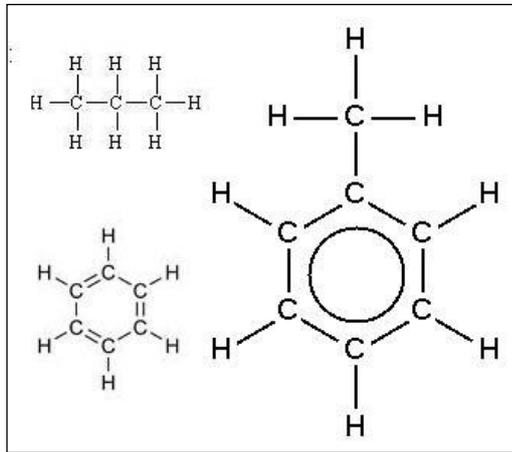
#### *FOCOS DE LA INVESTIGACIÓN*

- Conocer la industria petrolera en Colombia.
- Entender la relación de los hidrocarburos y combustibles fósiles con otros recursos naturales y con los ecosistemas.
- Identificar y caracterizar los factores de amenaza, riesgo y vulnerabilidad involucrados en esta actividad.
- Evaluar los impactos de la industria en diferentes sectores.

- Reflexionar sobre la ética y responsabilidad social que tienen los profesionales de la Geología que trabajan en la industria.

### BASES TEÓRICAS

#### Hidrocarburos y combustibles fósiles



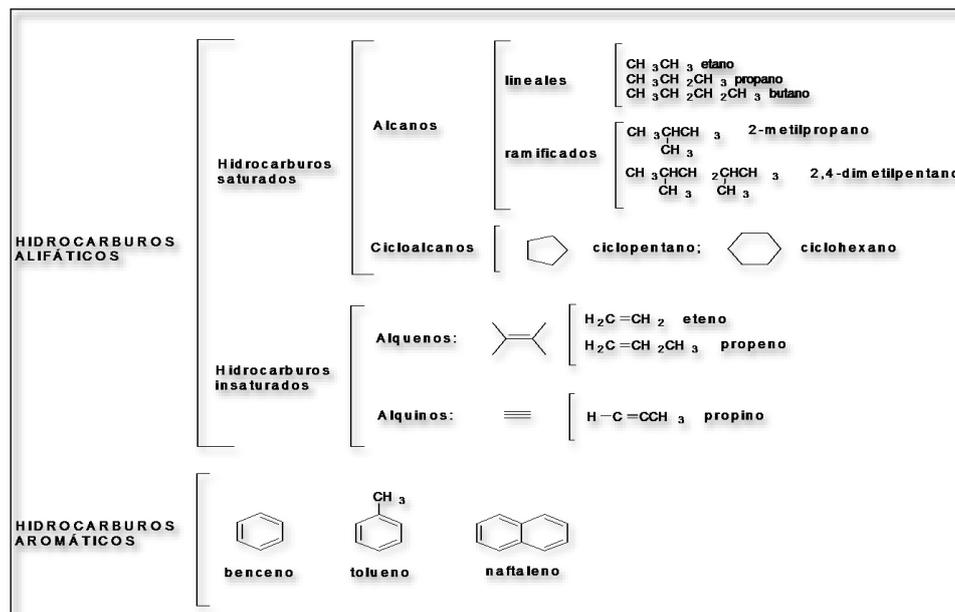
Los hidrocarburos son los compuestos básicos de la Química Orgánica y están formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno (figura 1). Son un recurso no renovable, ya que no pueden ser fabricados por el ser humano.

Su estructura molecular consiste en un armazón de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno (Figura 1).

Figura 5. Estructura atómica de los hidrocarburos. Fuente: (Si-Educa.net, 2012).

Se clasifican en alifáticos y aromáticos (figura 2), los alifáticos, a su vez se pueden clasificar en alcanos, alquenos y alquinos según los tipos de enlace que unen los átomos de carbono (De la Cruz, 2007).

Figura 6. Clasificación de los hidrocarburos.



Fuente: (Alvarado, J; Delgado Linares, J. & Medina, H., 2015)

Los combustibles fósiles son sustancias que se formaron a partir de plantas y microorganismos enterrados hace cientos de años y sometidos a grandes presiones y temperaturas debido a la cubierta sedimentaria que se ha acumulado encima de ellos (Kramer, 2003).

En su mayor parte, los hidrocarburos provienen del petróleo ya que este es el resultado de la descomposición de materia orgánica y tiene gran cantidad de carbono e hidrógeno. Así mismo, se encuentra **el gas natural**, que puede encontrarse tanto en los subsuelos marinos como continentales; se presenta en estado gaseoso y está compuesto principalmente de metano, y de propano y butano en menor medida (De la Cruz, 2007).

#### Carbón

El carbón está compuesto principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre; se origina por las transformaciones físicas y químicas de grandes acumulaciones vegetales depositadas en ambientes palustres (pantanos), lagunares o deltaicos (UPME, 2005).

#### Geología

El carbón está compuesto de materiales orgánicos no oxidados. Los procesos de formación de carbón comienzan en pantanos ricos en vida vegetal, donde los suelos saturados de agua excluyen gran parte del oxígeno normalmente presente en el suelo. Las plantas se descomponen parcialmente en este ambiente deficiente en oxígeno y se acumulan lentamente para formar una gruesa capa de material llamado turba. Los pantanos y acumulaciones de turba pueden entonces ser inundados por un aumento prolongado y lento del nivel del mar, causado por un aumento real del nivel del mar o por el hundimiento de la tierra; sedimentos, tales como arena, limo, arcilla y material rico en carbonatos, se depositan en la turba. A medida que se depositan más sedimentos, se expulsan el agua y los gases orgánicos o volátiles, y el porcentaje de carbono aumenta en la turba comprimida. A medida que este proceso continúa, la turba se transforma finalmente en carbón (Danús Vásquez & Vera Iturra, 2010).

#### Clasificación

Una de las clasificaciones más aceptadas para el carbón corresponde a la *American Society for Testing and Materials* (ASTMD-388-777), mostrada en la Tabla 1, que lo divide en cuatro clases según las propiedades referidas a la composición de los vegetales y las condiciones de presión y temperatura (grado de metamorfismo) a que fueron sometidos durante su formación.

**Figura 7.** Clasificación de los carbones.

Tipo	Carbono Fijo (%)	Material Volátil (%)	Contenido Humedad (%)	Poder Calorífico (Btu/lb)	Poder Calorífico (MJ/Kg)	Poder Calorífico Kcal/Kg
<b>Antracita</b>	86 - 98	1	< 15	>14.000	>32.6	>7.780
<b>Bituminoso</b>	45 - 86	32	15 - 20	10.500-14.000	24.5 - 32.6	5.800-7.780
<b>Subbituminoso</b>	35 - 45	50	20 - 30	7.800 - 10.500	18.2 - 24.5	4.300- 7.780
<b>Lignito y Turba</b>	25 - 35	96	> 30	4.000 - 7.800	9.3 – 18.2	2.200 – 4.300

Fuente: *American Society for Testing and Materials* (ASTMD-388-777)  
Cálculos (MJ/kg y kcal/kg) UPME 2005

**Fuente:** UPME (2005).

El tipo del carbón se basa en el porcentaje de carbono y en su poder calorífico (figura 4). El máximo contenido de calor se presenta para el carbón bituminoso ya que tiene pocos volátiles, (oxígeno, hidrógeno y nitrógeno) y bajo contenido de humedad (Danús Vásquez & Vera Iturra, 2010).

Otra clasificación que puede hacerse es acorde al contenido de azufre: bajo (0 a 0.60 por ciento), medio (0.61-1.67 por ciento), o alto (mayor a 1.67 por ciento) (Danús Vásquez & Vera Iturra, 2010).

#### Usos

Además de generación eléctrica, gasificación y producción de coque, el carbón es empleado en la producción de benceno, aceites, alquitrán y, mediante la licuefacción, como sustituto del petróleo. Los usos específicos para cada tipo se muestran a continuación (UPME, 2005).

**Antracita o carbón duro:** combustible en generación de calor o vapor en la industria térmica y siderúrgica, fabricación de goma sintética, colorantes y purificación de agua para consumo humano (filtros).

**Hulla Bituminosa:** por su forma de uso se conocen como carbones coquizables. Son usados en procesos de obtención del acero, y carbones térmicos y en la producción de vapor para generación de energía.

**Hulla Sub-bituminosa:** tiene un elevado contenido de material volátil y algunos tienen poder coquizable. Es empleado en la generación de energía eléctrica y en procesos industriales.

**Lignito y Turba:** son carbones con alta humedad y alto contenido de ceniza y de material volátil, lo cual hace que posean un bajo poder calorífico. Es empleado para la generación de calorífica (calefacción), energía eléctrica, para algunos procesos industriales en donde se requiere generar vapor y más recientemente se han fabricado briquetas de turba y lignito para quemarlas en hornos.

#### Impacto de la extracción

La extracción de carbón a cielo abierto tiene como principal consecuencia sobre el ambiente, la emisión de material particulado que afecta la salud de la biota y las plantas que circundan el área donde se lleva a cabo esta práctica, además se genera contaminación de corrientes hídricas que se impactan con esta actividad que por su contenido de Azufre reaccionan formando  $SO_2$ .

En la extracción subterránea de carbón y otros recursos se producen peligros y una degradación ambiental considerable. Ejemplos de su impacto ambiental son: (1) el agua ácida que drena de las minas ha contaminado arroyos; (2) el hundimiento, el colapso de la superficie de la tierra en pozos sobre minas subterráneas, ha dañado edificios, carreteras y otras estructuras; y (3) los incendios de carbón que comienzan en las minas pueden quemar y fumar durante años (Keller, 2007).

#### Futuro

En el futuro, se necesitarán grandes cantidades de carbón para alimentar las centrales termoeléctricas y el suministro de petróleo y gas por gasificación y licuefacción de carbón. Un objetivo importante es encontrar maneras de utilizar el carbón que minimizan la interrupción del medio ambiente. Un ejemplo de minería de carbón con un impacto ambiental reducido se encuentra en Borneo.

Los retos ambientales en el sector carbonífero se pueden enfocar así (UPME, 2005):

**En la producción**, la responsabilidad ambiental es enfrentada según el tipo de minería, siendo mayor en la gran minería donde se atiende desde la prevención hasta la mitigación y el control; y menor en la minería de pequeña escala donde la baja rentabilidad y la mala comercialización han conducido a que no considere y evalúe el impacto ambiental.

**En el consumo**, la contaminación se debe a la baja eficiencia de la tecnología empleada para la producción de energía y a la carencia de planes de mitigación. En el caso de la generación de energía eléctrica, se han desarrollado tecnologías de carbón limpio que minimizan la formación de óxidos de nitrógeno (NOx), gases causantes del efecto invernadero, a través de procesos de quemado.

Es necesario considerar alternativas para el aprovechamiento de mecanismos de desarrollo limpio como el convenio de Río de Janeiro y el protocolo de Kyoto, relacionados con el efecto de los gases invernadero (UPME, 2005).

Es posible que la reducción de los impactos negativos asociados a la producción y el uso del carbón se logre mejorando la eficiencia en los sectores que lo demandan o en programas de reforestación como es el caso del llamado “carbón verde”, consistente en exportar carbón con un certificado de reducción de emisiones por hectáreas de bosques plantados (UPME, 2005).

#### Gas

En Colombia el desarrollo de la industria del gas empezó a mediados de los años 70 gracias al gas descubierto en la Guajira y que entró en funcionamiento en 1977 (CREG).

En 1986 se inició el programa “Gas para el cambio”, que permitió ampliar el consumo de gas en las ciudades, realizar la interconexión nacional y tener nuevos hallazgos.

En 1993 el Gobierno Nacional decidió que Ecopetrol liderara la interconexión nacional, para lo cual dos años después comenzaron las conexiones entre los principales yacimientos y centros de consumo, mediante la construcción de más de 2.000 km de gasoductos que pasaron por el Departamento de la Guajira, el centro y suroccidente del país y los Llanos orientales.

En 1997 se creó el Fondo de Solidaridad y Redistribución de Ingresos; se separó la actividad de transporte de gas de Ecopetrol y se conformó la Empresa Colombiana de Gas (ECOGAS), que después se transformó en la Transportadora de Gas del Interior (TGI S.A. E.S.P.). Entre 1997 y 1998 se otorgaron concesiones de áreas de distribución exclusiva de gas para extender la cobertura del servicio en los departamentos de Quindío, Caldas, Risaralda, Valle y Tolima.

En el 2007 Ecopetrol, PDVSA (petrolera venezolana) y Chevron suscribieron un contrato mediante el cual determinaron las condiciones para compra y venta de gas natural entre Colombia y Venezuela durante los próximos 20 años.

#### Geología

El gas se deriva de materiales orgánicos que fueron enterrados bajo sedimentos marinos o lacustres (lagos). Los ambientes favorables para su formación incluyen las zonas cercanas a la costa o áreas de aguas profundas caracterizadas donde la deficiencia de oxígeno limita la descomposición aeróbica (Keller, 2007).

Se encuentra al igual que el petróleo en yacimientos en el subsuelo, ya sea asociado (gas mezclado con crudo) o libre (ECOPETROL, 2017).

#### Clasificación y distribución

Barrancabermeja dispone de mayor contenido de butanos (79%, promedio-año 2013), en tanto que el Gas Licuado del Petróleo (GLP) de Cartagena cuenta con menor contenido de butanos (42%, promedio-año 2013) y en los campos de Apiay y Cusiana oscila entre el 40% y 50%. La figura 4 muestra la composición del GLP para las principales fuentes de producción durante el año 2013.

El gas natural se transporta desde las zonas de producción hasta las zonas de consumo por medio del Sistema Nacional de Transporte (SNT). Según el decreto 1493 de 2003 del Ministerio de Minas y Energía, el SNT "es el conjunto de gasoductos localizados en el territorio nacional, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, que vinculan los centros de producción de gas del país con las Puertas de Ciudad, Sistemas de Distribución, Usuarios No Regulados, Interconexiones Internacionales o Sistemas de Almacenamiento" (ECOPETROL, 2017).

#### Usos

De acuerdo con este lineamiento, el Ministerio de Minas y Energía, en la resolución 40577 de junio de 2016, autorizó la realización de pruebas piloto en el territorio nacional, con el fin de evaluar el comportamiento del GLP como combustible automotor en motores de combustión interna y otras disposiciones asociadas a la puesta en marcha de este piloto (UPME, 2017).

En el año 2014 utilizaron GLP como combustible 25.152.082 vehículos, y en el 2013 fueron 24.690.996 vehículos, una variación incremental de 462.000 vehículos aproximadamente, tendencia que se mantiene en el 2017 (UPME, 2017).

Experiencias internacionales demuestran que puede ser utilizado como combustible en lanzallamas controlado, para eliminar maleza, agentes patógenos y bacterias sin emplear pesticidas y más económico que otros métodos; también se puede usar en neveras y refrigeradores; en la industria agrícola, para el secado de granos en procesos más eficientes y controlados. En la India se está utilizando como combustible para crematorios, dada su reducida posibilidad de emisión de agentes contaminantes; para en transporte fluvial en lanchas o yates, su uso como combustible en motores fuera de borda contribuye a una reducción en los costos del combustible y representa menores emisiones para las fuentes de agua (UPME, 2017).

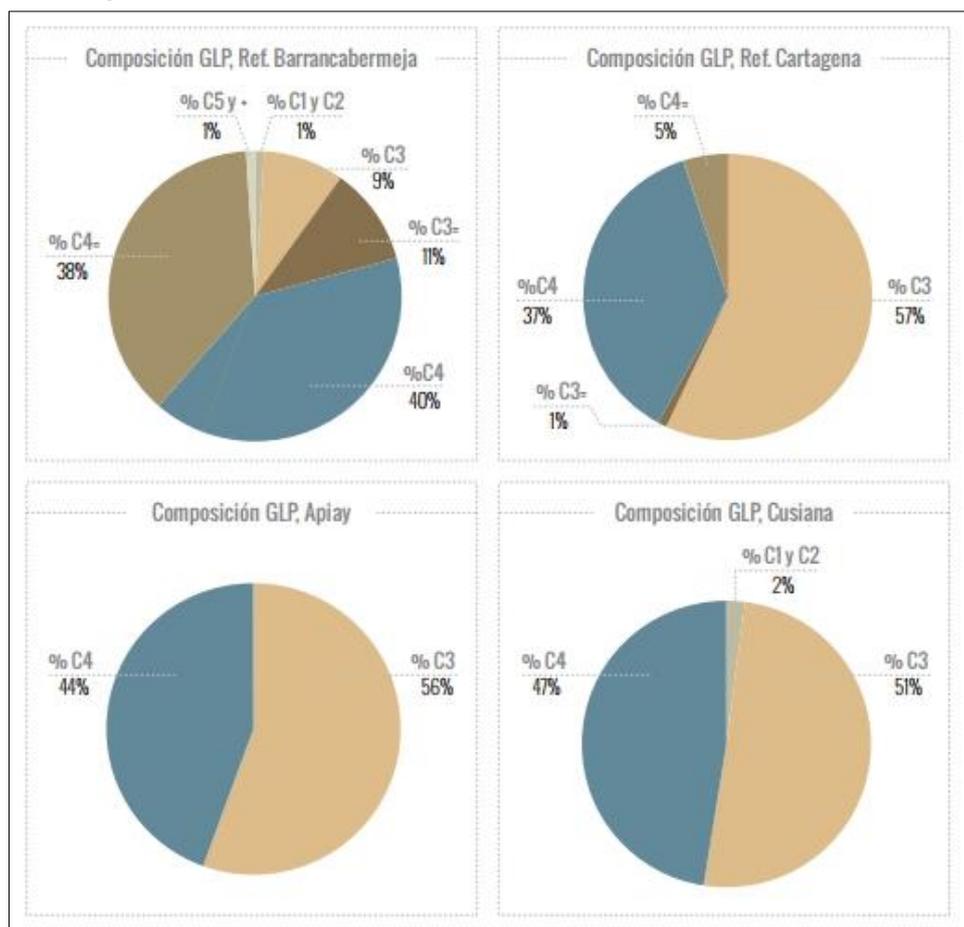
#### Impacto de la extracción

La extracción de gas natural produce CO<sub>2</sub>; sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menor de las del carbón y un 25-30% menor de las del crudo; genera dos veces menos emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que el carbón y 2,5 veces menos que el crudo (Ministerio de Energía, 2017).

El gas natural tiene un contenido en azufre inferior a las 10 ppm (partes por millón) en forma de odorizante (producto con un olor característico que se incorpora a un gas para facilitar la detección de escapes), por lo que la emisión de SO<sub>2</sub> en su combustión es 150 veces menor a la del gas-oil, entre 70 y 1.500 veces menor que la del carbón y 2.500 veces menor que la que emite el crudo (Ministerio de Energía, 2017).

El metano, que constituye el principal componente del gas natural es un causante del efecto invernadero más potente que el CO<sub>2</sub>, aunque las moléculas de metano tienen un tiempo de vida en la atmósfera más corto que el del CO<sub>2</sub>. De acuerdo con estudios independientes, las pérdidas directas de gas natural durante la extracción, transporte y distribución a nivel mundial se han estimado en 1% del total del gas transportado (Ministerio de Energía, 2017).

**Figura 8.** Composición por fuente de suministro durante el 2013.



**Fuente:** UPME (2013). <http://quimicaorganica2ciclo.blogspot.com.co/>

#### *Futuro*

En el 2017 la producción de GLP a nivel nacional estará alrededor de los 16,000 BPD (Barriles por Día), en el 2018 y 2019 estaría cercana a la producción promedio de los 19,000 BPD y del 2020 en adelante la producción estaría en promedio en 17,000 BPD (UPME, 2017).

De acuerdo a las proyecciones de producción remitidas por Ecopetrol en el 2013, se evidenciaba que a partir del 2017 el país contaría con una producción de GLP aproximada de 40,000 BPD gracias principalmente a los aportes de Cusiana II y Cupiagua. Es decir, en estos momentos se esperaba contar con un excedente de GLP de aproximadamente 20,000 BPD por parte de los campos operados por Ecopetrol sin

contar con los campos operados por terceros. No obstante, actualmente no se cuenta con estos excedentes (UPME, 2017).

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) pronostica que para el 2017 no habrá una reserva de gas suficiente para abastecer la demanda, ya que lo que se posee no alcanza no solo para las termoeléctricas, sino para el consumo interno. Por tanto, la planta de gas natural importado debe ser dedicada a suplir este consumo. Uno de los principales oferentes para cubrir esta crisis que vendrá es Venezuela (Marín, 2016).

#### Petróleo

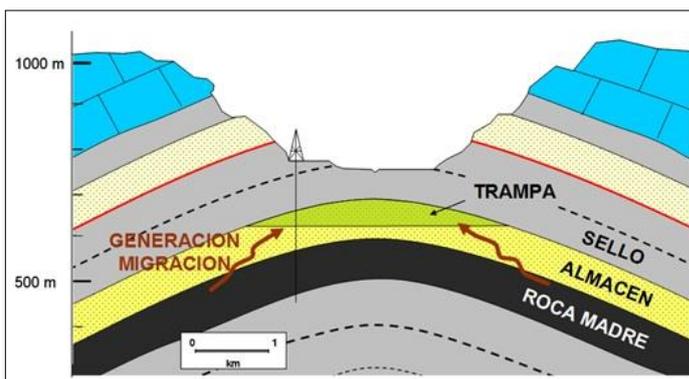
El petróleo es uno de los llamados combustibles fósiles debido a que su formación de origen orgánico, de acuerdo con la teoría más aceptada, data de millones de años. La muerte y posterior sedimentación de organismo microscópicos marinos (fitoplancton y zooplancton) en el fondo del mar en un proceso continuo va acumulando estos depósitos en capas de arcilla, limo y arena, estratos que además de irse formando van situándose, en un proceso tectónico complejo, cada vez a mayor profundidad sometiendo este material a mayor presión y temperatura.

La gradual descomposición resultante por los efectos del calor y la presión, y la acción de bacterias aerobias, primero, y anaerobias después, producen la formación de cientos de compuestos de carbono e hidrógeno a partir de la materia orgánica original. Estas reacciones desprenden oxígeno, nitrógeno y azufre, que forman parte de los compuestos volátiles de los hidrocarburos (Tahbub, 2011).

#### Geología

Los hidrocarburos se forman por la transformación térmica de la materia orgánica que contienen algunas rocas (roca madre). Esta materia orgánica comienza a transformarse (generación) en petróleo o gas al estar sometida a altas temperatura y presiones.

**Figura 9.** Proceso de formación de los hidrocarburos. Fuente: ACIEP, 2017.



Después de ser expulsados de la roca madre, el petróleo y/o gas deben fluir (migración) hacia una roca porosa y permeable (roca almacén) con una configuración geométrica (trampa) que permita su acumulación, y que a su vez este recubierta por una roca impermeable (roca sello) que impida su escape hacia la superficie (Figura 5).

**La roca madre** es una roca sedimentaria, normalmente arcillas negras, carbonatos de grano fino y carbones, que contienen una alta concentración de materia orgánica. La presencia de materia orgánica se debe a la incorporación de restos de organismos vivos (algas, fragmentos de plantas terrestres, etc.) durante el depósito de la roca. La presencia de una roca madre es uno de los requisitos esenciales para que puedan generarse hidrocarburos, y aunque concurren los otros factores y elementos, si no existe

una roca madre, no podrán existir hidrocarburos. La determinación de la presencia o ausencia de rocas madres, su contenido en materia orgánica, su capacidad de generación de hidrocarburos y el estado térmico que estas han alcanzado se realiza mediante técnicas geoquímicas en el laboratorio (ACIEP, 2017).

**La roca almacén**, generalmente representadas por arenas y carbonatos, son aquellas que debido a su porosidad y permeabilidad son capaces de absorber, almacenar y expulsar fluidos. La porosidad es la medida de los huecos o poros que existen entre los granos de una roca, y expresa la capacidad de la roca para almacenar fluidos. La permeabilidad es la capacidad de un líquido para fluir a través de los poros de una roca. Tanto la porosidad como la permeabilidad se pueden medir en laboratorio directamente a partir de muestras de roca (ACIEP, 2017).

**Una trampa** es la configuración geométrica de una roca porosa y permeable (roca almacén) donde el hidrocarburo puede quedar atrapado. Las más comunes son las estructurales (pliegues anticlinales, etc.) y estratigráficas (canales turbidíticos, etc.). Estas necesitan estar cubiertas por una **roca sello** que actúa como una barrera impermeable e impide que el hidrocarburo escape naturalmente hacia la superficie (ACIEP, 2017).

#### *Clasificación y distribución*

La definición de petróleo ligero y de petróleo pesado es difícil de encontrar, simplemente su clasificación se basa más en razones de orden práctico que teórico. Dado que los crudos con alta viscosidad son más difíciles de transportar y bombear, al parecer el crudo con ligero contenido de ceras, son denominados “crudo ligero” y los que tienen sustancialmente más cera se clasifican como “petróleo pesado” (Pozos petroleros).

Según contenido de Azufre

- Crudo liviano o ligero: tiene gravedades API mayores a 31,1 °API
- Crudo medio o mediano: tiene gravedades API entre 22,3 y 31,1 °API
- Crudo pesado: tiene gravedades API entre 10 y 22,3 °API.
- Crudo extrapesado: gravedades API menores a 10 °API.

**El petróleo ligero** es el petróleo crudo con bajo contenido de ceras.

Según contenido de Azufre

**Petróleo dulce:** tiene menos del 0,5 % de azufre; es considerado un petróleo de alta calidad y suele ser procesado para obtener gasolina. Contiene pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono. El término “dulce” se originó por el bajo nivel de azufre que proporciona al aceite con un suave sabor dulce y agradable olor. En el siglo XIX, los prospectores de sabor y olor probaban en pequeñas cantidades el petróleo para determinar su calidad (Pozos petroleros).

**Petróleo medio:** el promedio de azufre en su composición comprende un rango de entre 0,5 y 1%.

**Petróleo agrio:** contiene más del 1% de azufre lo que da como resultado un costo de refinamiento mayor. Se utiliza en productos destilados.

Según tipo de hidrocarburo

**Petróleo parafinado:** en su composición predomina el hidrocarburo saturado en un 75%. Sus características principales radican en que son muy fluidos, de poca coloración

y bajo peso. Se utiliza, principalmente, para la obtención de gasolina, solventes para pinturas, etc. por su bajo contenido de azufre y altos puntos de congelación.

**Petróleos naftenicos o aromáticos:** contiene un 45% de hidrocarburos saturados en su composición. Contiene bajo contenido de azufre y bajos puntos de congelación. Es utilizado para lubricantes diversos.

**Petróleo Asfaltenico:** En su composición se observan altas cantidades de residuos, como azufre y metales y, sobre todo, una alta viscosidad por lo que es ideal para la creación de asfalto.

**Petróleo de base mixta:** Se encuentran todas las clases de hidrocarburos existentes, parafinados, naftenicos, aromáticos, etc. La mayoría de los yacimientos que se encuentran en el mundo son de este tipo.

Según su gravedad API (American Petroleum Institute)

Se trata de unas siglas que indican la densidad que tiene el petróleo, cuán liviano o cuán pesado es. Si es mayor que 10 es más liviano que el agua.

**Petróleo crudo ligero:** en su composición se aprecia un bajo contenido en ceras. Es considerado ligero el que posee una gravedad API de entre 33-39.9.

**Petróleo crudo medio:** su gravedad API comprende el criterio de entre 22,0 – 29,9.

**Petróleo pesado:** cuenta con una gravedad API de entre 10-21.9. Este tipo de petróleo no fluye con facilidad, al igual que el petróleo extra pesado. Contienen una mayor densidad y peso molecular en su estructura.

**Petróleo extra pesado:** Su estructura cuenta con una gravedad API menos que 10, es decir, que pesa más que el agua.

Según el factor KUOP

Este factor permite determinar el tipo de crudo en cuanto a su composición química.

- K=10 base parafinada
- K=12 base mixta
- K=11 base náftica
- K=13 base asfaltenica

*Impacto de la extracción*

**Figura 10.** Impactos de la actividad petrolera.

Ambiente	Tipo de actividad			
	Exploración	Extracción, producción, procesamiento	Trasmisión	Uso y eliminación
Atmósfera	Emisiones de H <sub>2</sub> S e hidrocarburos como resultado de un estallido	Emisiones de SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> e hidrocarburos de las refinerías	—	Emisiones de SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> e hidrocarburos
Hidrosfera	ESTALLIDOS Y DERRAMES DE POZOS DE EXPLORACIÓN MARINA QUE ORIGINAN CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO	ESTALLIDOS Y DERRAMES Eliminación de salmuera y productos químicos de perforación Efluentes de las refinerías	ACCIDENTES DE BUQUES CISTERNA QUE ORIGINAN CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO DERRAMADO	Contaminación de aguas subterráneas por tanques con fugas
Litosfera	Estallidos y derrames en tierra	Estallidos y derrames Eliminación de lodos	Construcción de tuberías y vertederos Daños al <i>permafrost</i>	Eliminación de aceites usados
Impactos humanos	Perturbación del estilo de vida	Interferencia con pesquerías	Interferencia con pesquerías o uso del suelo Perturbaciones del estilo de vida durante la construcción	Hidrocarburos que provienen de la combustión, incluso los aromáticos polinucleados

**Fuente:** Henry, G., Heinke, & Heinke, G. (1999).

#### *Panorama actual en Colombia*

Las reservas actuales son 1.600 millones de barriles y se estima que puede haber entre 2.300 y 7.000 millones (de barriles). En un prospecto de 10 años existe el riesgo de perder el autoabastecimiento. La solución podría estar en el Magdalena Medio, que podría pasar de producir 100.000 barriles día a 300.000-400.000 barriles día y volver a recuperar el primer lugar como zona productora de petróleo, y está justo debajo de la refinería. Ese sería un petróleo liviano y se podría refinar inmediatamente para el bienestar de todos los colombianos, otra de las propuestas que se comenzará a evaluar es la posibilidad de aplicar el fracking para continuar explotando el recurso (UPME, 2016).

#### *Usos*

Son una fuente importante de generación de energía para las industrias, los hogares, para el desarrollo de la vida diaria de las sociedades y para la industria petroquímica (Trujillo Mejía, 2012).

La industria de la petroquímica ha multiplicado el uso del petróleo en la fabricación de diferentes objetos fabricados con plásticos y fibras sintéticas. Muchas cosas que nos rodean como lapiceros, la tela de la ropa de baño, las cremas, las pinturas, los insecticidas, muchas partes de las máquinas y de los electrodomésticos, y aún las botellas de gaseosa (Trujillo Mejía, 2012).

Los derivados de los hidrocarburos intervienen en múltiples industrias, desde la aeronáutica a la industria del juguete. Casi todos los combustibles que se utilizan en el transporte son derivados de hidrocarburos, uso por el que crean desechos contaminantes (dióxido de carbono). Por ello, actualmente se intenta reemplazarlos con otros tipos de combustibles y fuentes de energía (Trujillo Mejía, 2012).

*Explotación de hidrocarburos y su relación con el ambiente y la sociedad*

La explotación petrolera en Colombia genera un impacto ambiental en cada una de las diferentes etapas de implementación (exploración sísmica, perforación exploratoria, producción, transporte y refinación).

Algunas de las afectaciones son:

1. Desvió de cauces, profundización de aguas subterráneas y/o desaparición de nacederos debido al uso de los explosivos usados durante la exploración sísmica.
2. la generación de residuos potencialmente peligrosos que afectan la salud humana y ambiental.
3. La contaminación de los suelos y el aire debido a la liberación de gases.
4. La deforestación por efecto de la construcción de vías de acceso e infraestructura necesaria.

*Impactos ambientales*

*La actividad petrolera en sus diferentes etapas ocasiona contaminación y cambios en el uso del suelo, remoción de materiales para la construcción de vías e instalaciones y pozos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, modificaciones bióticas sobre hábitats naturales, modificación de patrones socioculturales y procesos inflacionarios propios de estos enclaves económicos.*

En general los efectos ambientales que la actividad petrolera en Colombia ha causado sobre los ecosistemas y el hombre se refieren a:

**Remoción de cobertura vegetal** y construcción de trochas de penetración a zonas de la Amazonia y la Orinoquia, entre las que se pueden contar varios Parques Nacionales Naturales y zonas de Reserva Forestal. Es conocido que uno de los factores que en la década del 70 facilitaron la penetración de los colonos a la Reserva de La Macarena fue precisamente la trocha abierta durante las labores de prospección sísmica de hidrocarburos.

En algunos proyectos, tales como el Oleoducto Caño Limón-Coveñas, el Oleoducto el Porvenir-Velásquez y el Gasoducto Villavicencio-Bogotá se intervinieron zonas de Reserva Forestal en la Cordillera Oriental con graves consecuencias sobre la estabilidad de las cuencas y la oferta ambiental de agua. La recuperación de la cobertura vegetal removida, que suma varios cientos de hectáreas, puede considerarse nula. En el mejor de los casos ha sido reemplazada por una tímida recuperación del estrato herbáceo.

**Alteración de los patrones naturales de drenaje** que en los casos más severos ha conducido al secamiento de grandes áreas de humedales. Es conocido que las zonas donde la explotación petrolera se ha desarrollado con más fuerza corresponden a los valles medios del Magdalena y depresión Momposina, zonas éstas de gran riqueza pesquera, sustentada en los sistemas de humedales más grandes de América Latina después de los de Matto Grosso en Brasil. El desarrollo de la industria petrolera, con sus redes, de carretables, montaje de pozos y facilidades de producción y refinación ha alterado los flujos naturales de agua en innumerables ciénagas. Los efectos más agudos se manifiestan en el estado de grave deterioro que hoy presenta el sistema cenagoso de San Silvestre y de la Isla de Mompós.

En otras zonas del país, caso campo de producción Caño Limón, construido sobre el sistema de humedales que conforman el gran Estero Caranal de importancia nacional e internacional, ha conducido a la dispersión ecológica. Estudios realizados en la zona en 1987, dos años después de iniciada la producción de petróleo, concluyen lo siguiente: "La presión colonizadora y el turismo por los ríos que bajan del piedemonte, han hecho retroceder a muchas poblaciones de aves hacia el Arauca, secundada por los fuertes veranos y quemadas que se presentan en las sabanas altas. Los bosques de galería, los caños y matas de monte son refugios pasajeros para varias especies, pero estos también van siendo destruidos.

El hábitat de cada especie está sujeto a los mismos tipos de vegetación encontrados en la zona. Fue interesante observar cómo al robar tierra (préstamos) para construir las bases de las carreteras, se forman esteros artificiales donde habitan varios animales acuáticos (peces), anfibios (guíos, chigüiros, babillas), zambullidores (pato aguja y cotua) nadadores (patos) o zancudas (garzas, garzones).

Estos terraplenes han dividido poblaciones animales hasta el punto de que la comunicación interespecial ha sido insuficiente, presentándose una gran acumulación de materia orgánica por excrementos en algunos lugares; esto conlleva a una profusión de algas por el calentamiento del agua y a una mortandad masiva de peces (coporos) aunque las babillas han resistido". Algunas de las zonas de préstamo se han convertido en cuerpos de agua tipo lagunar, con profundidades superiores a los diez metros y extensiones superiores a las 50 hectáreas, que han cambiado radicalmente los drenajes naturales contribuyendo al secamiento de amplias zonas de esteros naturales sobre los que se sustenta el ecosistema de esta zona de la llana Orinoquia, mal drenada, y que según la misión de la FAO (en 1962) es de la mayor diversidad biológica, razón por la cual fue declarada, a mediados de la década del 70, Santuario de Flora y Fauna, cuya existencia con este status finalizó al dar paso a los asentamientos petroleros.

**Inducción de procesos de desestabilización de subcuencas y de procesos de erosión** en áreas de fallas geológicas o de pendientes en los piedemontes y lomos de las cordilleras Oriental y Central. La construcción de oleoductos de gran diámetro (24 pulgadas), tipo Caño Limón-Coveñas, San Cayetano-Velásquez y Oleoducto de Colombia (en construcción), implica la remoción de grandes masas de materiales en zonas de gran inestabilidad y fallamiento, abundantes especialmente en la Cordillera Oriental. La construcción del Oleoducto SanCayetano-Velásquez implicó la remoción de 80 millones de metros cúbicos de material interviniendo más de cien microcuencas y cinco de importancia; a saber: Upía, Lengupa, Jenesano, Moniquirá y Minero. Durante el desarrollo del proyecto y como un fenómeno indicativo del impacto ambiental causado se presentaron más de 10 paros cívicos de los pobladores del altiplano boyacense contra Ecopetrol y la compañía constructora SAE (francesa), donde la interrupción de un cuerpo de agua debida a la baja oferta ambiental de ésta es causa de graves problemas de abastecimiento. Igualmente, el régimen de propiedad minifundista de poblaciones como Miraflores, Zetaquirá, Florián, Villa de Leyva y otras, por el paso del proyecto sufrieron la "desaparición" de sus propiedades, con graves secuelas sociales.

**Contaminación de aguas superficiales y acuíferos** por inexistencia o deficiencia en el tratamiento de las aguas asociadas a la explotación y refinación del petróleo.

Cuencas hidrográficas más afectadas

Las cuencas más afectadas por contaminación corresponden, en orden de importancia, a las Cuencas de los ríos Magdalena, Catatumbo, Arauca, Putumayo y Meta.

**Cuenca del Río Magdalena**

**Zona alta.** Compreendida entre el Municipio de Yaguara (Represa de Betania) y municipio de Aipe.

Los principales factores de contaminación en esta zona se relacionan con el tipo de contaminantes vertidos en las aguas industriales de las estaciones de separación petróleo-agua. Para esta zona son importantes los aportes de Fenoles, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares y Cromotó.

En esta zona se encuentran los campos de producción: Los Mangos (ESSO Colombia) en las inmediaciones de la Represa de Betania y el Oleoducto Yaguara-Tenay que conduce los crudos de este campo hasta la Estación de Tenay, al norte del Municipio de Neiva; Tello, Dina, Cretáceos, Cebú, Santa Clara, San Francisco y Balcones, operados por la compañía HOCOL S.A. En estos campos se genera la segunda producción más grande de petróleo, después de la de Caño Limón en Arauca y campos de producción en Villavieja. Petrocol.

Los oleoductos de los campos de Hocol a la Estación receptora en DINA y líneas de transferencia entre los pozos y las baterías y Dina-Puerto Salgar y Tenay-Vasconia, que corresponden a grandes líneas de conducción de crudo, que bordean el Río Magdalena entre el alto y el centro del Medio Magdalena. El paso de oleoductos y líneas de transferencia por lomos y laderas inestables produjo durante 1989, 17 derrames de crudo que han afectado al Río Magdalena y a varios de sus afluentes. Durante 1990 el derrame de crudo en el pozo San Francisco 21 produjo una emergencia ambiental en todo el Alto Magdalena, por la ruptura de una tubería de transferencia de la cual drenaron de manera incontrolada al Río Bache y el Magdalena cerca de 200 barriles.

**Zona del Medio Magdalena.** Compreendida entre Puerto Boyacá y Pto. Wilches.

Es la zona más crítica desde el punto de vista de la contaminación, producida por aquellas sustancias cuya movilidad y reactividad química pueden transferirse a través de las diversas capas freáticas, ya que esta afecta directamente a los cuerpos de agua superficiales, que para esta zona son principalmente el Río Magdalena y el Complejo Cenagoso de San Silvestre y a los acuíferos.

Las sustancias más móviles son los compuestos catiónicos, tipo metales pesados, y los compuestos aniónicos, tipo sales. Los mecanismos a través de los cuales puede ocurrir la migración pueden ser: reacción ácido-base; reacción de óxido-reducción; reacción de complejación, intercambio iónico, adsorción y desorción.

También pueden ocurrir procesos biológicos como bioacumulación, degradación, transpiración y movimiento activo bacteriano. Según investigaciones adelantadas en la zona por Petrocanadá y Ecopetrol, ha existido una importante migración de este tipo de compuestos hacia los acuíferos de la zona, facilitado por las condiciones hídricas e hidrológicas y los niveles superficiales de las aguas freáticas. Esto ha significado la limitación del uso afectándose una oferta ambiental importante para el desarrollo de la región.

En ella se encuentran los Campos Nare, Teca y Cocorná en el Municipio de Puerto Triunfo, explotados por la Texas Petroleum Company; Velásquez, Palagua y Ermitaño en el Municipio de Puerto Boyacá y explotados por la Texas Petroleum Company y Ecopetrol; y la Estación de recepción Vasconia en el Municipio de Puerto Boyacá. Los Campos de Producción de Ecopetrol: El Llanito, El Centro, Casabe, Gala, Galán, Lizama, Peroles, Nutria, Infantas, La Cira Norte, La Cira Horca y Yariri; y el Complejo de Refinería de Barrancabermeja. Ecopetrol.

Las sustancias potencialmente peligrosas corresponden a Fenoles, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares, Cobre, Sodio, Cloruros, Boro, Cromo, Bario y Estroncio, Arsénico, Plata, Titanio, Zirconio y Sulfatos; Bario, Cobre, Cromo, Plomo, Mercurio, Cobalto, Zinc, Hierro, Niquel, Vanadio, Molibdeno, Estroncio, Sodio, Cloruros, Sulfatos, Cianuros, Fenoles, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares y Olefinicos, Ácidos Orgánicos e Inorgánicos, BTX y Detergentes no biodegradables.

**Zona del Bajo Magdalena.** Compreendida entre Yariri y Complejo Cenagoso de Zapatosa.

En esta región la explotación petrolera se caracteriza por su antigüedad y por el hecho de que el mantenimiento y operación de la producción son deficientes produciendo vertimientos continuos de petróleo directamente a las ciénagas con características de criticidad en Cantagallo y la Depresión Momposina, especialmente en Talaigua, Zenón y El Limón, (en la isla de Mompós).

Los problemas de contaminación se deben a la salinización de suelos por efecto de aguas asociadas al petróleo en lugares abiertos o bajos pantanosos.

Los yacimientos petrolíferos que mayor cantidad de sales presentan son los ubicados en el Medio Magdalena. Las aguas de producción asociadas a los hidrocarburos en el yacimiento tienen sales solubles que varían entre 15 y 48 partes por mil, que es hasta un tercio más salina que el agua de mar. El proceso de producción de crudo, a medida que avanza en el tiempo va incrementando la producción de estas aguas por agotamiento de los hidrocarburos. Se encuentran relaciones 2: 1 en algunos yacimientos en Puerto Boyacá. Cinco años antes de implementar los tratamientos primarios y secundarios que actualmente se adelantan, estas aguas eran vertidas a las zonas inundables del Río Magdalena y sus afluentes, lo cual ocasionaba la salinización de suelos, que afectan principalmente la capacidad de intercambio catiónico, esencial para mantener la fertilidad. A pesar de los tratamientos enunciados, el problema de las aguas salinas no ha sido solucionado y tiende a agravarse toda vez que el volumen de producción aumenta.

Procesos como los anteriores han significado la desaparición de innumerables especies vegetales y animales, alterando ecosistemas y generando nuevas dinámicas ecológicas. En el eje petrolero Puerto Berrío-Barranca, el reciente inventario realizado dentro de los estudios ambientales del Oleoducto Sebastopol-Galán, realizado por Ecoforest, se pudo establecer comparativamente que la diversidad de especies vegetales del estrato arbóreo había pasado de cerca de 300 en la década del 60 a menos de 100 a mediados de 1989. Dato preocupante si se tiene en cuenta que existen zonas petroleras aún más degradadas.” (Blaikie & Brookfield, 1987) (Avellaneda, 1990) (Martinez-Alier, 2012).

### *Impactos en salud*

El petróleo o sus componentes pueden entrar en contacto con el cuerpo humano a través de tres rutas: i) la absorción por la piel; ii) la ingestión de comida y bebida y, iii) la inhalación a través de la respiración. Los habitantes de las áreas de actividad petrolera se enfrentan con una potencial exposición a cualquiera de las tres rutas.

La exposición al petróleo no está limitada al área cercana a la contaminación. Cuando el petróleo contamina el medio ambiente, los componentes más pesados tienden a depositarse en los sedimentos desde donde pueden contaminar repetidamente las fuentes de agua o ser consumidos por organismos que pueden entrar en la cadena alimenticia del hombre. Componentes del petróleo más ligeros pueden evaporarse en cuestión de horas y ser depositados a gran distancia de su lugar de producción a través del aire o del agua (Jacott *et al*, 2011).

El petróleo crudo es una compleja mezcla de químicos, compuesta principalmente de hidrocarburos parafénicos, cicloparafénicos, nafténicos y aromáticos, y partículas de otros elementos, incluyendo varios metales. Los hidrocarburos del petróleo de mayor interés toxicológico son los compuestos volátiles orgánicos (principalmente benceno, tolueno y xileno) y los hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP).

Los efectos en el hombre ante una exposición aguda al crudo son principalmente transitorios y de corta duración a menos que las concentraciones de los compuestos sean inusualmente altas. Tales exposiciones irritan la piel, causan comezón o irritación de los ojos ante un contacto accidental o por la exposición a sus vapores, y pueden producir náusea, vértigo, dolores de cabeza o mareos en una exposición prolongada o repetida a bajas concentraciones de sus compuestos volátiles. La inhalación de aceites minerales puede llegar a causar una neumonía lipoidea y la muerte (San Sebastián, 2000).

De particular preocupación es la exposición al benceno, tolueno y xileno. Altas concentraciones de benceno causan síntomas neurotóxicos y una prolongada exposición a niveles tóxicos puede causar lesión de la médula ósea con pancitopenia persistente. El benceno es también una bien conocida causa de leucemia y probablemente de otros tumores hematológicos.

Al igual que en el caso de otras mareas negras, los estudios que valoraron efectos sobre la salud de la exposición al hidrocarburo del Prestige se realizaron en la fase aguda y muestran fundamentalmente síntomas neurovegetativos, irritativos de piel y mucosas y respiratorios. Lo más destacable es el aumento de daño en el ADN (Jacott *et al*, 2011).

**Indirectos:** estructura social, valores (prostitución, aumento de índices en tasas de consumo de alcohol y estupefacientes, conflictos de interés, aumento de la tasa de riñas y asesinatos, etc.).

### *Energías alternativas: nuclear, geotérmica, hidrotermal, otras*

*La mayoría de las opciones de utilización de fuentes alternativas de energía (turbinas eólicas, turbinas hidroeléctricas, células solares) emplean equipos fabricados en industrias conectadas a la red, se necesita de una alternativa con una cierta deuda en términos de consumo de carbón, polución e impacto social y medioambiental; una vez aceptado esto, debemos hacer todos los esfuerzos posibles para que esa deuda sea la mínima imprescindible (Bridgewater & Bridgewater, 2009).*

*Conservación, eficiencia y cogeneración*

Ha habido un fuerte movimiento para cambiar los patrones de consumo de energía a través de medidas como la conservación, el aumento de la eficiencia y la cogeneración.

**Conservación de energía** se refiere a una moderación de nuestra demanda de energía. Pragmáticamente, esto significa ajustar nuestros usos de energía para minimizar el gasto de energía necesaria para llevar a cabo una tarea determinada.

**La eficiencia** implica el diseño y el uso de equipos que producen más energía de una determinada cantidad de energía, mientras que el derroche de menos energía. Por último, **la cogeneración** se refiere a una serie de procesos que capturan y utilizan parte del calor residual producido por la generación de energía y las operaciones industriales, en lugar de simplemente liberarla a la atmósfera o al agua, donde puede causar contaminación térmica. Los tres conceptos conservación, mayor eficiencia y cogeneración están interrelacionados (Keller, 2007).

*Política energética*

En la década del 90 fueron aprobadas seis nuevas normas, la más representativa fue la Ley 141 de 1994 relacionada con la política petrolera. Al finalizar esta década se ambientaba una nueva reforma en este sector, la Ley 756 sancionada el 25 de julio de 2002, que modificó sustancialmente la Ley 141. Así mismo, la legislación colombiana, ha considerado la necesidad de expedir unas normas que prevengan y mitiguen la posible afectación a los recursos naturales.

Actualmente la regulación de esta industria se encuentra en cabeza de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), adscrita al Ministerio de Minas y Energía.

A continuación, se relacionan las principales normas o leyes que han regido a este sector en el país (figura 7).

La ley que rige la legislación ambiental es:

**LEY 99 DE 1993** estableció unos principios ambientales que las compañías petroleras deben cumplir para poder operar en el territorio nacional. La ley creó igualmente, el Consejo Nacional Ambiental (título IV, artículo 13) que coordina a nivel público las políticas, los planes y programas en materia ambiental y de los recursos naturales renovables. Esta Ley define los principios de la gestión ambiental del país, crea el Ministerio del Medio Ambiente y organiza el Sistema Nación al Ambiental - SINA. Adicionalmente, crea la Licencia Ambiental como instrumento de gestión y planificación para que desde la etapa inicial se contemplen las medidas de prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de efectos ambientales.

**Figura 11.** Normas que rigen la industria de los hidrocarburos en el país

**Diseño curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental. Método de aprendizaje por proyectos (ABP/PBL) plataformas TIC. Estudio de caso**

---

1948	Ley 165 Organización de una empresa colombiana de Petróleos
1951	Decreto 003 Crea y pone en funcionamiento a ECOPETROL
1969	Ley 20 Nacionaliza recursos mineros
1984	Ley 20 reglamenta el ejercicio de la profesión de ingenieros de petróleo
1989	Ley 26 se dictan disposiciones sobre la distribución de combustibles
1991	Ley 07 se crea el Ministerio de Comercio Exterior
1993	Ley 99 se crea el Ministerio de Medio Ambiente
1994	Ley 141 se crea el Fondo Nacional de Regalías
1995	Ley 209 se crea el Fondo de Ahorro y Estabilización Petrolera (FEP)
1996	Ley 257 Aprueba el convenio internacional de constitución de un Fondo Internacional de Indemnización de Daños Causados por la Contaminación de Hidrocarburos
1997	Decreto 2933 ECOPETROL con domicilio principal en Bogotá
1999	Ley 508 destilación, monto y límites de las regalías

Fuente: Rubiano, H. (2010).

**LICENCIA AMBIENTAL PREVIA** se estableció como requisito para toda obra, industria, actividad o proyecto que cause:

- Un deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente y/o
- Modificaciones notorias o considerables al paisaje.

En los contratos de asociación existen otras estipulaciones en relación con la conservación del ambiente, tales como: la exigencia de un comportamiento apropiado en materia ambiental, realización de un plan de desarrollo para la explotación de un campo el cual deberá contener las “consideraciones ambientales”, lo cual se reitera en obligaciones relativas a la gestión ambiental, la abandono de los pozos y a la inclusión de los programas de gestión ambiental dentro de los presupuestos de gastos e inversiones.

La industria petrolera se caracteriza por ser altamente riesgosa en el sentido que, a pesar de la alta tecnología que involucra en sus procesos, existen muchas incertidumbres y probabilidades de contaminación o afectación ambiental y de pérdida de capitales invertidos.

**ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)** son un instrumento tanto del Estado como de las empresas. Constituyen una declaración de los impactos ambientales que una actividad puede tener. En el proceso de evaluación del impacto ambiental debe tomarse en cuenta el ambiente biofísico, la salud humana y el bienestar social.

**MANUAL DE MONITOREO AMBIENTAL** cuando las empresas incumplen las leyes se procede a la suspensión de obras civiles asociadas con la actividad petrolera; la iniciación de investigaciones por presuntas violaciones al código de recursos naturales por parte de diferentes empresas y La imposición de sanciones, como las multas impuestas por y por contaminación.

**CASOS DE ESTUDIO**

Para efectos de este curso los estudiantes deberán organizarse en grupos de cinco (5) integrantes y cada grupo deberá seleccionar uno de los casos de estudio que se presentan a continuación:

1. Derrame de petróleo en el Rio Mira y Caunapi (Tumaco-Nariño) ocurrido el 15 de junio del 2015.
2. Impactos ambientales tras los atentados contra el oleoducto Caño Limón – Coveñas en los últimos diez años.
3. Impactos ambientales y a la salud, generados por la explotación de los pozos petroleros Quillacinga, Cohembi y Quinde, pertenecientes a la Company Energy Colombia, ubicados en el Putumayo.
4. Evaluación de los impactos ambientales causados por la técnica de Fracking (fractura hidráulica) en Latinoamérica. Para este caso de estudio se sugiere hacer una revisión preliminar de las experiencias en Latinoamérica y seleccionar un caso específico.

**ACTIVIDAD**

Cada grupo realizará todos y cada uno de los ejercicios propuestos con el fin de conocer su caso de estudio y relacionarlo con la Geología Ambiental. Para ello se proponen tres ejercicios, cada uno de los cuales tiene un producto final que será evaluado acorde a los siguientes porcentajes (Tabla 1):

**TABLA 4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN)**

<b>EJERCICIO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>PORCENTAJE (%) DE CALIFICACIÓN</b>
Contextualización ambiental y social de la actividad petrolera	Archivo digital	40
Caracterización del caso de estudio	Mapa mental Documento de análisis	15
Afectación de la actividad petrolera a la salud ambiental	Elementos potencialmente peligrosos Escrito Listado entidades	25
Ética profesional y responsabilidad ambiental y social del Geólogo	Ensayo código de ética Ensayo caso de estudio Análisis casos de estudio Vs imagen gremio	10
Intercambio de conocimiento	Socialización Video - animación	10

Las actividades serán entregadas los domingos conforme se avance en los módulos, su evaluación se hará de dos maneras, en principio por pares, para lo cual dos grupos distintos evaluarán el proceso de otro; y al final cada estudiante del grupo conforme la

evaluación de pares hará una autoevaluación de su proceso. Además, en grupo corregirán sus debilidades antes de la siguiente sesión de clase, y será subido su trabajo a la nube virtual del curso. A partir de los dos criterios de apreciación del proceso de aprendizaje, se hará un promedio que tomará el valor del porcentaje enunciado en la tabla 1 de criterios de evaluación.

#### *Objetivos*

- Afianzar lo aprendido en los módulos I, II y III del currículo sobre conceptos fundamentales de las ciencias ambientales, perspectivas y prospectos, sobre ciclos naturales, materiales terrestres, procesos geológicos de origen natural, amenaza, riesgo y vulnerabilidad a escala humana.
- Identificar y aplicar las experiencias exitosas implementadas durante la elaboración del taller I. De esta manera el estudiante empezará a ser consciente de sus propias fortalezas y debilidades al momento de resolver problemas y contribuirá a su autoformación personal y profesional.
- Profundizar los conocimientos aprendidos en el módulo IV.
- Entender como la industria petrolera se relaciona con el entorno ambiental y social e invitar al estudiante a que reflexione sobre el costo-beneficio de esta.
- Promover en el estudiante un pensamiento crítico que lo lleve a proponer o identificar alternativas viables en el país, desde la Geología Ambiental, para el mejoramiento de esta actividad extractiva.

#### *Ejercicios*

##### **Ejercicio 1. Contextualización nacional de la actividad petrolera**

Entregar un archivo digital que contenga:

1. Una hoja de Excel en la que se identifiquen los factores (columna 1) e impactos (columna 2) geológicos, ambientales y sociales, incluyendo infraestructura, que involucra la actividad petrolera en Colombia.
2. Una revisión de la normativa que rige y ha regido la actividad petrolera en los últimos diez (10) años.
3. Un ensayo de máximo dos (2) páginas, analice como la actividad petrolera ha variado en el país en los últimos diez (10) años e identifique los principales factores de esos cambios.
4. Utilizando la información anterior, genere un modelo de su propia inventiva, en el que muestre las relaciones existentes entre las actividades de exploración y explotación de combustibles fósiles, los recursos naturales y la sociedad.

##### **Ejercicio 2. Caracterización del caso de estudio**

En un archivo digital entregar:

Un mapa mental que describa su caso de estudio desde la perspectiva, geológica, ambiental y social. Para ello deberá hacer una búsqueda de información que posteriormente deberá filtrar y sintetizar. Ese mapa mental debe incluir lo siguiente:

1. Ubicación (mapa) y fecha del evento.
2. Delimitación del área de estudio acorde a la información colectada y explicando los criterios utilizados.
3. Caracterización geológica del área de estudio enfocada en tipo de material

presente en el área afectada; presencia de fallas; zonas de importancia hidrológica e hidrogeológica y concentraciones geoquímicas del entorno antes, durante y después de la actividad.

4. Caracterización ambiental del área de estudio que incluye ubicación del área seleccionada respecto de zonas ambientalmente estratégicas; descripción de los ecosistemas presentes (nombre, importancia ecológica, situación de la biodiversidad antes y después de realizar la actividad); estado de la cobertura vegetal antes y después de realizar la actividad; recursos naturales utilizados para realizar la actividad; diagnóstico ambiental de los cuerpos de agua y de la cantidad y disponibilidad de recurso hídrico en el área antes y después de la actividad; identificación de las amenazas que representa la actividad para el ambiente y del riesgo generado por el evento.
5. Caracterización socioeconómica, para este punto se toma como referencia el municipio o municipios donde se llevó a cabo la actividad. Debe contener un análisis de como cambió el número y tipo de población durante el desarrollo de la actividad; un análisis del costo de vida antes, durante y después de realizada la actividad; la identificación de las vulnerabilidades de la población frente a las amenazas de la actividad y del riesgo generado por el evento (caso de estudio).
6. Mapas temáticos.

Un documento donde se analice del problema realizado por los estudiantes, a partir de las caracterizaciones realizadas en los puntos 3, 4 y 5. Este análisis debe incluir la percepción de todos los estudiantes del grupo de trabajo y debe presentarse en un documento de máximo cinco (5) páginas.

### **Ejercicio 3. Afectación de la actividad petrolera a la salud ambiental**

En un archivo digital entregar:

1. En una hoja de Excel, Identifique los elementos o sustancias potencialmente peligrosas para la salud en general, que se utilizan o generan en la industria petrolera. Explique brevemente su afectación.
2. En un escrito de máximo dos (2) páginas evalúe el impacto de su caso de estudio en la salud.
3. Elabore un listado en Excel de las entidades gubernamentales, nacionales e internacionales, cuya función está relacionada con salud ambiental e incluya los programas o proyectos que tengan en el área de combustibles fósiles e hidrocarburos en Colombia.

### **Ejercicio 4. Ética profesional y responsabilidad ambiental y social del Geólogo**

En un archivo digital entregar:

6. En un documento de máximo una (1) página haga un ensayo sobre el código de ética de los geólogos en Colombia. Incluya una breve descripción de los principios éticos y de responsabilidad profesional, su percepción sobre el mismo y los aportes que considere necesario para mejorarlo.
7. En un documento de máximo una (1) página reflexione sobre la ética y responsabilidad social de los involucrados en su caso de estudio. Analice el rol de la empresa, los profesionales responsables de la prevención y la gestión del riesgo, las entidades públicas, etc.

8. En un documento de máximo una (1) página analice cómo estos eventos afectan a los profesionales de la Geología en el país. Puede hacer un escrito personal o una breve investigación.

### **Ejercicio 5. Intercambio de conocimiento**

1. Socialice el trabajo en el foro virtual montado en el portal web del curso.
2. En un vídeo o animación básica (ejemplo powtoon.com) de 5 minutos, donde haga una reflexión desde su punto de vista y lo aprendido en clase, comente cuál es la situación actual de su problema elegido, cuál será el panorama a futuro, y qué papel juega la geología ambiental en Colombia frente a este tipo de problemas y qué papel desempeñará, teniendo como supuesto que usted se dedicará a esta labor al ser profesional.

#### *REFERENCIAS*

Amorocho Cortés, E., & Oliveros Villamizar, G. (2000). **Apuntes sobre energía y recursos energéticos**. Bucaramanga, Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Asociación Española de Compañías de Investigación, Exploración y Producción de Hidrocarburos (ACIEP). (09 de octubre de 2017). **¿Cómo se forman los hidrocarburos?** Obtenido de Asociación Española de Compañías de Investigación, Exploración y Producción de Hidrocarburos: <http://www.aciep.com/EP/que-es-la-EP>.

Borgna, A., Di Cosimo, J. & Figoli, N. (2001). **Petróleo y Gas Natural. Reservas, Procesamiento Y Usos**. Santa Fe, Argentina. Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral.

Bridgewater, A., & Bridgewater, G. (2009). **Energías alternativas. Handbook**. Madrid, España: Paraninfo, S.A.

Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. **Historia en Colombia**. (09 de octubre de 2017). Obtenido de La Comisión de Regulación de Energía y Gas: <http://www.creg.gov.co/index.php/sectores/gas-natural/historia-gas>.

Danús Vásquez, H., & Vera Iturra, S. (2010). **Carbón. Protagonista del presente, pasado y futuro**. Santiago, Chile: RIL Editores.

De Juana Sardón, J.M. (2003). **Energías renovables para el desarrollo**. Madrid, España. Ediciones Paraninfo, S.A.

De La Cruz, R. A. (2007). **Química Orgánica Vivencial**. México. Editorial McGraw Hill.

Echarri, L. (1998). **Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente**. Editorial Teide. Universidad de Navarra. España.

Ecopetrol. (09 de octubre de 2017). **Gasoductos y campos de gas natural en Colombia**. Obtenido de ECOPETROL: [http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/gasoductos-y-campos-de-gas-natural-en-colombia!/ut/p/z0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4K8fM30C7ldFQGMAEt/](http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/gasoductos-y-campos-de-gas-natural-en-colombia!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4K8fM30C7ldFQGMAEt/)

Henry, G., Heinke, & Heinke, G. (1999). **Impactos Ambientales del Petróleo**. Ingeniería ambiental. Ciudad de México, México. Editorial Pearson Educación. Página 69

INSTITUTO DE EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD COMUNITARIA 'MANUEL AMUNÁRRIZ'. (2000). **Informe Yana Curi. Impacto de la actividad petrolera en la salud de poblaciones rurales de la Amazonía Ecuatoriana**. Ecuador. Editorial CICAME: Medicus Mundi Gipuzkoa.

International Tanker Owners Pollution Federation Limited ITOPF. (2014) Efectos de la Contaminación por Hidrocarburos en el medio marino. Documento de información técnica.

Jacott, M., Arias, J. M., Guzmán, H. I., & Franco, A. (2011). **Impactos de la actividad petrolera en la salud humana y el ambiente**. Conservation, Food and Health Foundation. Fronteras comunes. Asociación Ecológica Santo Tomas. México.

Keller, E. (2007). **Introduction to Environmental Geology**. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.

Kramer, F. (2003). **Educación ambiental para el desarrollo sostenible**. Madrid, España: Los Libros de la Catarata.

Marín, J. A. (1 de noviembre de 2016). **Plan transitorio de abastecimiento de gas natural**. Ministerio de Minas de Colombia. Obtenido de Unidad de Planeación Minero Energética (UPME): [http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Plan\\_Transitorio\\_Abastecimiento\\_Gas\\_Natural.pdf#search=gas](http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Plan_Transitorio_Abastecimiento_Gas_Natural.pdf#search=gas).

Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital de España MINETAD. (26 de febrero de 2017). **Información sobre el gas natural**. Obtenido de: Secretaría de Estado de Energía: <http://www.minetad.gob.es/energia/gas/Gas/Paginas/gasnatural.aspx>

Pongutá Hurtado, J.J. (2003). **Guía para el manejo de energías alternativas**. Santiago, Chile. Convenio Andrés Bello (CAB). Ciencia y Tecnología.

POZOS PETROLEROS. (2016). **Clasificación del petróleo**. Obtenido de <https://pozospetroleros.wordpress.com/clasificacion-del-petroleo/>

Roldán Villoría, J. (2012). **Energías renovables: lo que hay que saber**. Madrid, España. Ediciones Paraninfo, S.A.

San Sebastián, M. (2000). **Informe Yana Curi: impacto de la actividad petrolera en la salud de poblaciones rurales de la Amazonía ecuatoriana**. Icaria Editorial.

SEMANA. (2016). ¿Potencia hídrica? Semana, [online] (Informe Especial). Available at: <http://www.semana.com/nacion/articulo/escasez-de-agua-en-colombia/494180> [Accessed 17 Sep. 2016].

Soto, J. L. (2001). **Química Orgánica II: Hidrocarburos y sus derivados halógenos**. España. Editorial Síntesis.

Tahbub, M. (2011). **Las transnacionales no son socias: por una política nacional de hidrocarburos**. La Paz, Bolivia: Centro de Documentación e Información Bolivia (CEDIB).

**Diseño curricular y propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la geología ambiental. Método de aprendizaje por proyectos (ABP/PBL) plataformas TIC. Estudio de caso**

---

Thiel, S.F. (8 de octubre de 2017). **Combustibles fósiles**. El Centro Científico Tecnológico (CCT) CONICET Mendoza - Argentina. <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/CombustFos.htm>

Trujillo Mejía, R. (2012). **Hidrocarburos: Manejo seguro**. 4th ed. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones, pp.39-87.

Unidad de Planeación Minero-Energética UPME. (26 de junio de 2016). **Plan Energético Nacional Colombia. Ideario Energético 2050**. Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de: [http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/Documents/Memorias%20dia%20UPME/Futuro\\_Energia\\_Colombia\\_2050.pdf#search=petroleo](http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/Documents/Memorias%20dia%20UPME/Futuro_Energia_Colombia_2050.pdf#search=petroleo)

Unidad de Planeación Minero-Energética. UPME. (2017). **Cadena del Gas licuado del Petróleo (GLP)**. Bogotá, Colombia: [http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Cadena\\_GLP\\_2017\\_30032017.pdf](http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Cadena_GLP_2017_30032017.pdf)

Wauquer, J.P. (1994). **El Refino Del Petróleo: Petróleo Crudo, Productos Petrolíferos, Esquemas de Fabricación**. Madrid, España. Fundación Repsol YPF.

**Código QR de Material Extra**



### TALLER 3. RECURSOS MINERALES, MINERÍA Y AMBIENTE

## RECURSOS MINERALES Y ACTIVIDAD MINERA

Evalúa los conocimientos aprendidos en los módulos IV y V.

### **IDEAS PRINCIPALES**

**Un mineral** es una sustancia natural, de composición química definida, normalmente sólido e inorgánico, y que tiene una cierta estructura cristalina.

**Los recursos minerales** hacen referencia a aquellas sustancias que están disponibles en la naturaleza y que son utilizados por el hombre para sus diversas actividades. Estas sustancias se encuentran dentro de las rocas, en las cuales están asociadas a otras que no poseen un interés económico. Para extraerlas se requieren estudios, procesos y tecnologías que en conjunto conforman la actividad minera. Se consideran recursos no renovables debido a que tardan millones de años en formarse.

**Los impactos sociales y ambientales** de la actividad minera, o minería, se generan por una mala praxis empresarial. Algunos de estos son (UPME, 2017): Variación en los cauces y caudales de los ríos y quebradas; aumento en la cantidad de sedimentos por el aporte de los desechos de los canalones a las corrientes de agua o a las ciénagas existentes aledañas; contaminación de suelos, cuerpos de agua y aire, por uso de mercurio y cianuro; destrucción de la cobertura vegetal; destrucción de los suelos; crecimiento de las poblaciones foráneas y desplazamiento de los natales; enfermedades producidas por el mercurio, el cianuro y las aguas estancadas.

### **FOCO DE LA INVESTIGACIÓN**

- Relaciones entre el entorno geoquímico y la salud ambiental.
- Afectación de las matrices ambientales por parte de la actividad minera.
- Caracterización y evaluación de los cambios que sufren los ecosistemas y la sociedad cuando la extracción de minerales se hace de manera irresponsable.

### **BASES TEÓRICAS**

#### **Minerales**

Para que una sustancia sea un mineral, debe tener las cinco características descritas a **continuación** (Klein, 1996):

- **Se encuentra de manera natural en la Tierra.** La plata, el asbesto y el talco (ingrediente principal del talco en polvo) que surgen naturalmente, son minerales. El acero y el cemento, que son sustancias manufacturadas, no son minerales.
- **Debe ser inorgánico**, o no provenir de cosas vivas o restos de cosas vivas. El cuarzo, que forma un 11 por ciento de la corteza terrestre, es un mineral. El carbón y el aceite, aunque se hallan en depósitos subterráneos

naturales, no son minerales porque se forman de los restos de las cosas vivas que existieron hace mucho tiempo.

- **Es siempre un sólido.** Como todos los sólidos, un mineral tiene su volumen y su forma. ¿Sabes por qué el oxígeno, que ocurre naturalmente y es inorgánico, no es un mineral?
- **Tiene una composición química definida.** Un mineral puede hacerse de una sola sustancia pura, o elemento, como el oro, el cobre o el sulfuro. Los minerales diamante y grafito (ingrediente principal de la mina del lápiz) provienen del elemento carbono. Casi todos los minerales están hechos de dos o más elementos que se combinan químicamente para formar un compuesto.
- **Tiene una estructura cristalina característica.** En algunos minerales esta estructura es evidente a simple vista. En otras especies solo se ve a nivel microscópico.

Hay unas 2.500 clases de minerales. Algunos son muy comunes y fáciles de encontrar. Otros son raros y valiosos.

#### **Recursos minerales**

Un **recurso mineral o mena** es una concentración natural de algún elemento o compuesto de la corteza terrestre, que puede ser extraído o procesado con los medios tecnológicos disponibles. Desde el punto de vista práctico, es costumbre clasificar las sustancias minerales como metales y no metales, dado que existe considerable diferencia en la constitución de ambos (MOLINA GARZA, 2008).

Un **yacimiento mineral** es la concentración de una o más sustancias útiles, rodeada de materiales no aprovechables y que se encuentra distribuida de forma escasa en la corteza terrestre. Los yacimientos de minerales metálicos rara vez proporcionan el elemento puro, por lo que, una vez extraído, hay que obtener el metal refinado. Los minerales metálicos más importantes por sus aplicaciones son el hierro, el cobre y el aluminio (MOLINA GARZA, 2008).

Un **metal** es aquel elemento que físicamente posee, en un grado más o menos perfecto, las siguientes características: maleabilidad, ductilidad, lustre metálico y buena conductibilidad de calor y electricidad; químicamente/ desempeña por lo general la parte positiva o básica de un compuesto simple. Se encuentran con frecuencia unidos químicamente a otros materiales formando las **menas** (concentraciones de minerales económicamente rentables) que suelen aparecer entremezcladas con minerales no metálicos o materia rocosa no aprovechable que constituyen la **ganga** (minerales sin interés económico). La mezcla de mena y ganga se denomina **cuerpo mineralizado**, "*ore body*", y aunque generalmente se encuentra a profundidad, puede no estarlo, como es el caso de los yacimientos superficiales (MOLINA GARZA, 2008).

**Las menas** más importantes de hierro son sus óxidos (hematites, magnetita y limonita), un sulfuro (pirita) y un carbonato (siderita). Las menas del cobre son sus óxidos (cuprita) y sus sulfuros (calcosina, calcopirita y covelina). La principal mena del aluminio es la bauxita (mezcla de óxidos e hidróxidos de aluminio hidratados) (MOLINA GARZA, 2008).

Los **no metales** son aquellos elementos que no poseen las propiedades físicas aludidas, y que en sus compuestos desempeñan el papel negativo o ácido. Incluyen compuestos y rocas utilizados en la construcción, como fertilizantes o en productos químicos de síntesis. Los más utilizados son: nitratos, sulfatos, fosfatos, mármol, granitos, arenas y gravas (MOLINA GARZA, 2008).

**Los metaloides** son elementos como el: Te, As, Sb, Bi, Se, Ge y Sn, que poseen características comunes a ambos grupos (propiedades físicas de los metales con menor grado de perfección, y a menudo formando parte del elemento ácido de un compuesto) (MOLINA GARZA, 2008).

El término **metalogenia** ha sido utilizado por geólogos franceses e ingleses (geología económica) para designar el conjunto de conocimientos que estudian a los yacimientos minerales (MOLINA GARZA, 2008).

#### **Actividad minera**

Entre el material in situ y el producto listo para su utilización, tiene lugar una serie de operaciones que incluyen su extracción, concentración y refinación, entre otras, las cuales deben ser costeables, es decir, su costo tiene que ser inferior al valor del material (MOLINA GARZA, 2008).

En consecuencia, la noción de yacimiento no puede ser comprendida cabalmente si no se examinan los factores que controlan su explotabilidad, los cuales pueden ser fijos, cuando dependen de la naturaleza misma del material; y variables, que comprenden a su vez factores técnicos, económicos y sociales. Ambos grupos de factores están muy ligados entre sí en todo momento (MOLINA GARZA, 2008).

#### **Factores naturales o fijos**

Estos factores hacen referencia a las características fisicoquímicas de los minerales que se quieren extraer.

El **volumen** de un yacimiento señala sus dimensiones o su volumen, y su ley indica el contenido del mineral que se busca, expresado en porcentaje, o bien, en el caso de los metales preciosos, en gramos por tonelada (onzas por tonelada en el sistema inglés). En la práctica estos dos factores no son independientes, pues para un yacimiento dado, existe una ley límite debajo de la cual la explotabilidad de dicho yacimiento no es rentable (MOLINA GARZA, 2008).

**La ley límite** depende del precio del material, del costo de la extracción, de la localización geográfica del yacimiento, de su naturaleza mineralógica y de su tonelaje. Así, cuanto más elevado es el precio del material más baja es la ley límite; lo mismo puede decirse en relación con el tonelaje. No obstante, estos

factores pueden comportarse como variables si las condiciones del mercado internacional son modificadas (MOLINA GARZA, 2008).

La **composición química o mineralógica** de un yacimiento puede influir en su explotabilidad. Por ejemplo, para que un yacimiento de bauxita sea explotable por aluminio no debe contener demasiada arcilla o sílice, pues estas materias vuelven excesivamente oneroso el tratamiento del mineral. Sin embargo, es posible que, con el tiempo, al mejorar los procesos metalúrgicos, las arcillas se vuelvan menas de aluminio, como sucedió con los yacimientos ferríferos de la Lorena, Francia. Antes de 1880 el hierro era inexplorable por su contenido de fósforo, pero con el tratamiento descubierto por Thomas y Gilchrist, no sólo son separados ambos productos, sino que las escorias de desfosforación se venden como fertilizantes en la agricultura (MOLINA GARZA, 2008).

Asimismo, la textura y la dureza de un material pueden hacer incosteable su explotación cuando tanto la mena como la ganga estén finamente entremezcladas, de modo que para separarlas sea necesario molerlas hasta obtener partículas demasiado finas (MOLINA GARZA, 2008).

La **situación geográfica** del yacimiento respecto a las vías de comunicación y de los centros industriales, afecta en los gastos de transporte; sin embargo, si las condiciones del yacimiento así lo ameritan, muchas veces es costeable la concentración in situ, inclusive con pequeñas plantas, para así sólo transportar el material concentrado. De la localización geográfica dependen también las condiciones climáticas, pues los fríos rigurosos y los calores pueden limitar la explotación de un yacimiento a determinadas épocas del año y hacerlo incosteable. Lo mismo puede decirse de las fuentes de agua, indispensables no sólo para las necesidades humanas, sino para los trabajos de explotación, en muchos casos (MOLINA GARZA, 2008).

#### ***Factores variables con el tiempo***

Un yacimiento inexplorable en la actualidad puede volverse explotable en el futuro, debido a progresos técnicos o a mejoría en los precios; asimismo, un yacimiento que tiene importancia económica hoy puede perderla mañana si los precios bajan. Por tanto, es necesario examinar estos factores económicos, técnicos y políticos (MOLINA GARZA, 2008).

#### ***Factores económicos***

Dentro de los factores económicos se tiene que el precio o cotización de los metales lo fijan las bolsas de valores de Nueva York y Londres, y está en función de numerosos aspectos económicos y políticos que, en primera instancia, dependen de la rareza del mineral, de las leyes de la oferta y la demanda, de su utilidad y grado de sustitución y de situaciones financieras (MOLINA GARZA, 2008).

La **rareza del mineral** depende de: 1) la diseminación, es decir, que, aunque el elemento pueda ser abundante en la corteza terrestre, no está lo suficientemente concentrado para ser explotable. Entonces el precio depende de la elaboración

de un concentrado, que en muchos casos es muy costoso. 2) la utilización súbita, es decir, un elemento cuyo empleo se desconocía, empieza a tener gran demanda por una aplicación recién descubierta. Es así que la existencia de este material se considera como "rara" porque no se habían realizado trabajos de exploración por esa sustancia. El mineral será temporalmente raro. 3) Rareza en sí como es el caso del platino, tierras raras y piedras preciosas (MOLINA GARZA, 2008).

**Leyes de la oferta y la demanda:** 1) Cuando la demanda es mayor que la oferta, los precios suben. 2) Cuando la oferta aumenta desmedidamente con relación a la demanda, los precios caen bruscamente.

El ejemplo más conocido es el del platino. Antes de 1930, la Unión Soviética era el primer productor mundial, con el 92% de la producción. Después, con la recuperación de los residuos del tratamiento de las menas de níquel de Sudbury, Ontario, la situación cambió por completo, y Canadá ocupó el 54% de la producción mundial, mientras que el de la URSS se redujo al 19% (MOLINA GARZA, 2008).

Situaciones financieras creadas por los grandes consorcios mineros que monopolizan una determinada sustancia por medio de "carteles" o contratos entre ellos; con esta acción pretenden regular la producción o la venta de dicha sustancia, de modo que se mantengan los precios. Para lograr resultados positivos se requiere que la gran mayoría de la producción (más de las tres cuartas partes) sea controlada por consorcios.

#### **Factores técnicos**

Los factores técnicos que señalan el costo de un cierto material comprenden la exploración minera, la extracción del mineral, la concentración de la sustancia útil, su tratamiento metalúrgico, y el transporte a su destino final.

**La exploración minera** es muy variable, pues el descubrimiento de un yacimiento puede ser fortuito, y en consecuencia poco costoso; o bien, puede ser el resultado de búsquedas sistemáticas muy largas y onerosas que consideran por lo general cuatro fases:

- La ejecución del primer mapa geológico a diferentes escalas, la cual debe afinarse en el transcurso de las fases posteriores.
- Prospección superficial, que es el conjunto de operaciones comprendidas entre la primera fase de la exploración y el descubrimiento de un yacimiento. La prospección abarca a su vez:
  - La selección de zonas de superficie restringida, que conviene estudiar con detalle para descubrir indicios directos (sombrosos de hierro o gossans), o indirectos (aluviones mineralizados).
  - El estudio preliminar de estos indicios, que es el conjunto de trabajos de superficie que permiten emitir una opinión sobre las

posibilidades que tienen dichos indicios de constituir un yacimiento; incluye la realización de trincheras, trabajos mineros poco profundos, e inclusive algunas perforaciones destinadas a probar la continuidad del yacimiento a profundidad.

- Reconocimiento del depósito, es decir, el conjunto de operaciones que permiten coleccionar todos los elementos de información para determinar si es conveniente o no su explotación. Estas operaciones comprenden obras mineras, sondeos numerosos y de cierta profundidad tendientes a la delimitación del yacimiento, así como muestreos sistemáticos para determinar sus leyes medias. Las obras mineras y los sondeos en ocasiones se proyectan teniendo ya en mente la explotación futura del yacimiento.
- Evaluación o estimación del yacimiento, a partir del cálculo del tonelaje y de las leyes medias (cálculo de las reservas), así como del cálculo de los gastos de extracción, concentración y transporte del mineral.

**La explotación minera**, cuya primera parte es la preparación del yacimiento, tiene como objeto extraer el mineral. El costo de esta fase puede ser muy bajo en el caso de los yacimientos de placer, y muy alto para las minas profundas. Entre estos dos extremos existe una serie de métodos de explotación más o menos costosos. Los factores que se deben considerar en la elección de un método de explotación son:

- tamaño y forma del cuerpo;
- espesor de encape;
- presencia de acuíferos dentro o en los alrededores del cuerpo mineral;
- potencia del cuerpo y tipo de roca encajonante;
- tendencia del mineral a oxidarse rápidamente después del minado y
- gradiente geotérmico que implica gran demanda de ventilación.

La explotación puede hacerse 1) en masa ("bulk-mining") cuando se extrae grandes cantidades de mineral con baja ley, como es el caso de los yacimientos de cobre porfídico en Cananea, Sonora; o puede ser 2) selectiva que se caracteriza por la extracción de sólo un mineral muy rico y muy restringido; el volumen considerado es muy grande, y muchas veces se debe hacer una selección a fondo. Éste es el caso de la mayor parte de las minas desarrolladas en vetas, e inminentemente fue el primer método minero utilizado.

**El tratamiento metalúrgico** es el conjunto de operaciones que permiten transformar el mineral extraído en mineral utilizable. A veces, la concentración consiste sólo en un simple trituramiento seguido de tamizado; en otros casos se requieren instalaciones muy costosas y separaciones químicas conducidas a escala industrial, como es la flotación de los minerales de oro y plata, seguido de

cianuración y el enriquecimiento químico de los minerales de uranio por disolución y precipitación, lo que incidirá en el costo del mineral.

***Factores políticos y consideraciones especiales***

Las políticas ejecutadas en el seno de los gobiernos por influencias mundiales y/o internas, suelen constituir otro de los factores decisivos en la explotación de un yacimiento. Una de las mayores influencias que ha experimentado la industria minera, ha sido la participación cada vez mayor de los gobiernos en determinar los rumbos de esta actividad.

Por ejemplo, en 1983 el 51% de la producción cuprífera en América, así como el 33% de la producción de estaño, estuvo contratada por empresas gubernamentales. Esta situación en parte refleja el interés de los países en desarrollo por establecer un control más estricto de sus recursos naturales no renovables. No obstante, el control gubernamental de la minería no está confinado a países en desarrollo; en Francia, por ejemplo, la industria minera ha sido nacionalizada.

Existen ciertas consideraciones por las cuales los yacimientos son explotados por circunstancias políticas más que por motivos económicos. En primer lugar, una buena parte de la economía de numerosos países en desarrollo depende de sus excedentes exportables de minerales. Por otra parte, algunos gobiernos subsidian operaciones mineras con el objeto de disminuir el problema del desempleo; por ejemplo, la mina de cobre Avoca fue subsidiada algunos años por el gobierno de Irán, a pesar de operar con leyes sub-económicas.

Aunque la tendencia general de los gobiernos es impulsar el crecimiento de la minería, suelen existir ciertas medidas gubernamentales que restringen esta actividad. En este sentido cabe señalar las influencias negativas que ejercen las operaciones mineras en la ecología; las zonas estratégicas declaradas por los gobiernos como parques nacionales o áreas desérticas, en donde se prohíbe todo tipo de actividad minera constituyen acciones inaplazables ante esta problemática cada vez más creciente.

Las políticas hacendarias que llevan a cabo algunos países constituyen otro factor que incide en el progreso o retroceso, según el caso, del desarrollo de la exploración y/o explotación de un yacimiento.

***Etapas de la actividad minera***

Los proyectos mineros son diferentes a los del resto de las actividades industriales por dos aspectos principales (UCLM, 2011):

- La localización de una mina viene predeterminada por la localización del recurso mineral explotable, por lo que tiene una sola localización posible: encima de la masa mineral. Esto es lo que se denomina "valor localizado" de un recurso mineral.
- El comienzo de la actividad minera viene precedido por un largo proceso

de exploración regional y evaluación local. Este proceso puede tardar entre 10 y 15 años.

A continuación, se mencionan y explican, de manera general, las etapas de la actividad minera (figura 1):

**Prospección:** esta etapa se buscan zonas en las que se presume existe un yacimiento minero, requiere constancia regional si es a nivel de laboratorio o prueba metalúrgicas.

**Exploración:** se realiza con el fin de demostrar las dimensiones, posición, características mineras, reservar y valores de los yacimientos mineros. La exploración técnica es la primera fase de contrato de concesión y debe realizarse dentro de los tres (3) años siguientes a la fecha de la inscripción del contrato de concesión en el Registro Minero Nacional (ANM, 2016a).

Si la campaña de exploración ha dado sus frutos (localización de un cuerpo mineralizado económico), la compañía minera deberá a empezar la investigación de línea base. Esta permite desarrollar un marco de referencia para poder controlar adecuadamente los cambios medioambientales generados durante y después de la actividad minera. Para ello la investigación de línea base tiene que ser realizada "antes" que la actividad en cuestión haya afectado significativamente el medioambiente, es decir, nunca más allá de la fase de sondeos para la estimación de tonelaje del depósito (UCLM, 2011).

**Explotación:** etapa en la que se extraen los minerales contenidos en un yacimiento. La fase de explotación comprende el conjunto de operaciones de extracción de minerales que se encuentran en el área de concesión, acopio, beneficio, y cierre y abandono de montajes e infraestructura (ANM, 2016b).

**Beneficio:** consiste en extraer o concentrar la parte valiosa de un agregado de minerales desarraigado y/o fundir, purificar o refinar metales ya sea mediante un conjunto de procesos físicos, químicos y/o físico químico.

**Labor General:** se refiere a la presentación de servicios auxiliares que se le da a un centro de operación minera, tales como ventilación, desagüe, izaje o extracción.

**Transporte:** sistema utilizado para el transporte masivo y continuo de productos minerales mediante métodos no convencionales.

**Comercialización:** Consiste en la venta de minerales. El ejercicio de esta actividad es libre, para realizarla no se requiere de otorgamiento de una concesión.

**Cierre:** el cierre de minas es un proceso progresivo; empieza en la primera etapa del proyecto, con el diseño conceptual, y termina cuando se han alcanzado de manera permanente los objetivos específicos del cierre de las actividades mineras.

**Post cierre:** mantener en forma sostenible el cierre de minas, en relación del medio ambiente de su entorno.

Figura 12. Etapas y fases de la actividad minera.

Etapas	Actividades	Gestión ambiental
Prospección	Regional Semirregional Detallado	Otorgamiento licencia ambiental
	Contratos de concesión y términos de referencia	
Trabajos de exploración	Fase I. Exploración geológica de superficie Fase II. Exploración geológica de subsidio Fase III. Evaluación y modelo geológico Fase IV. Programa de trabajos y obras	Ejecución del Plan de Manejo Ambiental Garantías
Construcción y montaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste a los diseños del plan de trabajos y obras</li> <li>• Apertura y desarrollo de frentes mineros</li> <li>• Obras civiles y de infraestructura</li> </ul>	
Obras y trabajos de explotación	Minas de superficie <ul style="list-style-type: none"> <li>• A cielo abierto</li> <li>• Tajo abierto</li> <li>• Descubierta</li> <li>• Contorno</li> <li>• Dragado</li> </ul>	
	Beneficio y transformación	
Cierre y abandono	Obras de restauración y recuperación	

Fuente: García, et. al. (2014).

### **Panorama nacional**

Colombia posee un recurso potencial geológico minero compuesto por:

**Metales y piedras preciosas:** oro, plata, platino y esmeraldas, que son reconocidas en todo el mundo por su calidad y belleza.

**Minerales metálicos:** níquel, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc y titanio.

**Minerales no metálicos:** sal terrestre, sal marina, gravas, arenas, arcilla, caliza, azufre, barita, bentonita, feldespato, fluorita, asbesto, magnesita, talco, yeso, roca fosfórica y rocas ornamentales.

Por medio de tres coordinaciones zonales (Zona Centro, Zona Norte y Zona Occidente), que a su vez agrupan a doce Puntos de Atención Regional – PAR, la Agencia Nacional de Minería viene realizando un trabajo de fiscalización, el cual terminó su primera fase que terminó en diciembre de 2014 y arrojó los siguientes resultados: de los 9.602 títulos mineros vigentes en Colombia (UPME, 2014):

- el 17% de ellos se encuentran en departamentos adscritos al PAR de Nobsa,
- 16,5% corresponden a departamentos del PAR Bogotá,
- 16% están a cargo de la Gobernación de Antioquia,
- 8% a los PAR Ibagué y Cúcuta, los cuales juntos suman el 65% del total de los títulos.
- El 35% restante se encuentra distribuido en PAR Bucaramanga

7%, Cartagena 6%, Manizales 5%, Cali 5%, Valledupar 5,5%, Medellín 2%, Pasto 2% y Quibdó 2%.

### ***Impacto ambiental de la actividad minera***

El impacto ambiental de una actividad minera es la diferencia entre la situación del ambiente antes de llevar a cabo la actividad, y durante o tras la actividad minera. La evaluación de este impacto es la cuantificación de estas diferencias, mediante la realización de un estudio multidisciplinar que pretenderá identificar, predecir y prevenir las consecuencias o efectos sobre el medio ambiente de la actividad minera. El impacto que produce la minería desde el punto de vista ambiental se puede clasificar de muy diversas formas (UCLM, 2011):

- Según sea un impacto directo, o indirecto sobre el medio.
- Según sea a corto o a largo plazo.
- Según sea reversible o irreversible (a escala humana).
- Según sea local o externo.
- Evitable o inevitable.

Por otra parte, en función de los aspectos del medio que modifican, pueden ser:

- Acciones que modifican el uso del suelo.
- Acciones que implican la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos, gases y otros: ruidos, onda aérea).
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos (agua).
- Acciones que implican la modificación del paisaje (casi todos).
- Acciones que repercuten en las infraestructuras.
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural (impacto socioeconómico).

### ***Efectos ambientales***

A continuación, se mencionan los impactos de la minería en el medio natural (Lillo, 2017).

#### ***Atmósfera***

Las **emisiones sólidas** tienen su origen en las propias actividades extractivas, durante la voladura y arranque de material, o durante los procesos de carga y transporte, o con relación a procesos metalúrgicos. Además, puede haber una importante remoción eólica de material fino en escombreras y balsas abandonadas.

Los **gases emitidos** tienen su origen en la combustión de la maquinaria, la emisión natural durante el proceso de extracción (CO<sub>2</sub>, CO, mezcla explosiva de metano y aire), la emisión en voladuras, y la emisión en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón (CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>), pirometalurgia (SO<sub>2</sub>).

La **formación de aerosoles** tóxicos se produce durante la explotación, y sobre todo, durante procesos de hidrometalurgia, que implican el riego por aspersión de pilas de mineral con compuestos a menudo de alta toxicidad (sulfúrico para la extracción de algunos elementos, como el cobre; cianuro de sodio para la extracción del oro).

**El ruido** se genera por voladuras, maquinaria pesada de arranque y transporte, maquinaria de molienda, etc.

La **onda aérea** se produce por las explosiones de las voladuras, y es una onda de presión, que se propaga por el aire atenuándose con la distancia, generando vibraciones.

### **Suelo**

**Desertización** (deforestación, erosión, pérdida de suelo fértil).

**Modificación del relieve**, impacto visual, alteración de la dinámica de los procesos de ladera.

**Desestabilización de laderas** por sobrecargas y/o excavaciones y alteraciones en el nivel freático.

**Subsidencia** por huecos y por depresión en el nivel freático.

**Variaciones en la textura** (porosidad, permeabilidad) por procesos de esponjamiento, compactación, deposición de partículas, formación de costras.

**Pérdida de la estructura edáfica** por compactación, mezcla de horizontes, deposición de partículas, etc.

**Variaciones en el régimen hídrico** del suelo por alteraciones en el nivel freático, y variaciones texturales y estructurales.

**Pérdida física de suelo** por extracción y arranque, acumulación de vertidos (escombreras y balsas), por construcción de infraestructuras y por erosión inducida.

**Alteraciones en los horizontes del suelo** por arranque y/o mezcla de horizontes, deposición de vertidos y polvo, pérdida de los horizontes superficiales por erosión inducida.

**Contaminación** por metales pesados (Cu, Pb, Cd, Hg, etc.), metaloides (As) e hidrocarburos generada por efluentes líquidos y sólidos.

**Acidificación** por acumulación y oxidación de sulfuros y drenaje ácido; adición de sales al suelo (sulfatos).

### **Agua**

**Variación** del perfil y trazado de la corriente fluvial, del nivel de base local.

**Alteración** en la dinámica (variaciones en las tasas de erosión/sedimentación) en el perfil (aguas abajo y aguas arriba) por excavaciones, diques y represas.

**Aumento** de la peligrosidad de inundación.

**Incorporación de partículas sólidas** en la corriente, aumento de la carga de fondo y en suspensión, incremento en las tasas de sedimentación aguas abajo.

**Ocupación** de lagos, embalses, bahías.

**Pérdida** de masas glaciares.

**Variaciones** en el nivel freático, en el régimen de recarga y en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes inducidos, infiltración restringida/favorecida, compactación, modificación del relieve, deforestación.

**Contaminación por metales y metaloides** (As) localizados en coloides en suspensión; en especies en disolución: uno de los procesos más relevantes para la movilización de metales desde la fase sólida es el drenaje ácido de mina y los procesos de metalurgia por lixiviación y cianuración. Se puede producir nuevamente la incorporación de los metales a la fase sólida (sedimentos) por adsorción y/o coprecipitación.

**Variaciones del pH** por el drenaje ácido de mina debido a la hidrólisis y oxidación de sulfuros, en especial la pirita. En condiciones de aridez, se forman sulfatos de hierro (jarosita) y como resultado se obtienen aguas de pH muy ácido (2-3), cargadas en aniones (sobre todo sulfatos), en las que generalmente son más solubles los metales pesados como Pb, Zn, Cu, As, Cd, etc. (a excepción de Hg).

#### ***Estudio de impacto ambiental***

El estudio de impacto ambiental es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que esta se requiera según la ley (ANLA, 2016).

Un estudio de Impacto Ambiental (EIA) tiene como objeto indicar los elementos y características medioambientales susceptibles de ser afectados por la explotación minera, sobre los que se establecerán las recomendaciones de acciones correctoras, temporales o permanentes, y la definición de los criterios generales y específicos de restauración y recuperación de terrenos o de otros usos alternativos de rehabilitación. Cualquier actividad económica que implique una "afectación" al medioambiente requiere de un EIA para su aprobación por las autoridades pertinentes y tiene que estar completada antes de que empiecen las labores mineras ya que es un requisito fundamental para solicitar el permiso de explotación del recurso mineral a las autoridades pertinentes (UCLM, 2011).

Para la determinación práctica del impacto ambiental se elaboran una serie de matrices de impacto, que constituyen la herramienta básica del estudio, pues

recogen toda la información referida a las distintas posibilidades de afectación al medio y su grado estimado. Siempre es de gran interés delimitar, dentro del ámbito general de la explotación, las distintas acciones que producen impacto (**acciones impactantes**: excavaciones, voladuras, emisión de gases y efluentes líquidos, creación de vías de transporte, etc.), así como establecer sobre qué aspectos concretos del medio se produce cada impacto (**factores impactados**: vegetación, fauna, paisaje) (UCLM, 2011).

El EIA está compuesto por una Línea Base o evaluación del estado ambiental del terreno a intervenir antes de iniciar la actividad; la descripción y análisis de los potenciales impactos ambientales derivados del proyecto minero (análisis predictivo) y un plan de rehabilitación y uso final del terreno, basados en los resultados de la línea base (UCLM, 2011).

### **Contenido**

Este estudio deberá corresponder en su contenido y profundidad a las características y entorno del proyecto, obra o actividad, e incluir lo siguiente:

- Objeto y alcance del estudio.
- Un resumen ejecutivo de su contenido.
- La delimitación del área de influencia directa e indirecta del proyecto, obra o actividad.
- La descripción del proyecto, obra o actividad, la cual incluirá: localización, etapas, dimensiones, costos estimados, cronograma de ejecución, procesos, identificación y estimación básica de los insumos, productos, residuos, emisiones, vertimientos y riesgos inherentes a la tecnología a utilizar, sus fuentes y sistemas de control.
- La información sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el POT. Lo anterior, sin perjuicio de lo dispuesto en el Decreto 2201 de 2003.
- La información sobre los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo del proyecto, obra o actividad.
- Identificación de las comunidades y de los mecanismos utilizados para informarles sobre el proyecto, obra o actividad.
- La descripción, caracterización y análisis del medio biótico, abiótico, socioeconómico en el cual se pretende desarrollar el proyecto, obra o actividad.
- La identificación y evaluación de los impactos ambientales que puedan ocasionar el proyecto, obra o actividad, indicando cuáles pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse.

La propuesta de Plan de Manejo Ambiental del proyecto, obra o actividad que deberá contener lo siguiente:

- Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto, obra o actividad en el medio ambiente y/o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o

terminación del proyecto obra o actividad;

- El programa de monitoreo del proyecto, obra o actividad con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del Plan de Manejo Ambiental, y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes. Asimismo, evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad, la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular;
- El plan de contingencia que contiene las medidas de prevención y atención de las emergencias que se puedan ocasionar durante la vida del proyecto, obra o actividad;
- Los costos proyectados del Plan de Manejo en relación con el costo total del proyecto obra o actividad y cronograma de ejecución del Plan de Manejo.

### **CASOS DE ESTUDIO**

5. Afectación del Río Dagua (Antioquia) por efecto de la minería ilegal de oro.
6. Proyecto La Colosa en Cajamarca.
7. Proyecto “Oro Verde” implementado en Chocó.
8. Proyecto minero “Zoto Norte” de la empresa Minesa.

### **ACTIVIDAD**

Cada grupo realizará todos y cada uno de los ejercicios propuestos con el fin de conocer su caso de estudio y relacionarlo con la Geología Ambiental. Para ello se proponen tres ejercicios, cada uno de los cuales tiene un producto final que será evaluado acorde a los siguientes porcentajes (Tabla 1):

**TABLA 5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN)**

<b>EJERCICIO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>PORCENTAJE (%) DE CALIFICACIÓN</b>
Diagnóstico ambiental del caso de estudio	Documento de máximo tres (3) páginas	30
Delitos y pasivos ambientales	documento de máximo tres (3) páginas	30
Proponiendo soluciones	Presentación	30
Participación en el foro	Evaluación del taller	10

Las actividades serán entregadas los domingos conforme se avance en los módulos, su evaluación se hará de dos maneras, en principio por pares, para lo cual dos grupos distintos evaluarán el proceso de otro; y al final cada estudiante del grupo conforme la evaluación de pares hará una autoevaluación de su proceso. Además, en grupo corregirán sus debilidades antes de la siguiente sesión de clase, y será subido su trabajo a la nube virtual del curso. A partir de los dos criterios de apreciación del proceso de aprendizaje, se hará un promedio que tomará el valor del porcentaje enunciado en la tabla 1 de criterios de evaluación.

### **Objetivos**

- Entender las relaciones entre el entorno geoquímico y la salud ambiental.
- Identificar las matrices ambientales que se ven afectadas por la extracción de minerales.
- Caracterizar y evaluar los cambios que sufren los ecosistemas cuando la extracción de minerales se hace de manera irresponsable.
- Identificar la afectación social de la actividad minera.
- Entregar herramientas que le sirvan al futuro profesional para mitigar el impacto de las actividades mineras.
- Crear espacios para que el estudiante proponga alternativas de explotación minera más amigables con el ambiente y la sociedad.
- Concientizar al estudiante de su responsabilidad con la sociedad y el ambiente.

### **Ejercicios**

#### **Ejercicio 1. Diagnóstico ambiental del caso de estudio**

En un documento digital de máximo tres (3) páginas describa los aspectos geológicos, geoquímicos, ambientales y sociales más relevantes de su caso de estudio. Tenga en cuenta que este documento debe enfocarse desde la Geología Ambiental y que debe contener lo siguiente:

4. Identificación y caracterización de las matrices ambientales que intervienen en su caso de estudio. En la caracterización tenga en cuenta solo aquellos factores geológicos relevantes para un estudio de Geología Ambiental.
5. Identificación de los elementos químicos y las sustancias que se utilizan y se generan en la actividad minera; clasifíquelas acorde al impacto que tiene en la salud y describa su impacto en la salud de los seres vivos; en cada una de las matrices ambientales y en el entorno natural.
6. Una descripción de la población antes, durante y después de realizada la actividad. Recuerde que esta caracterización social debe ser enfocada en lo ambiental, es decir solo considere factores que tengan un impacto ambiental y en la salud.
7. Un análisis de porque este caso de estudio es relevante para la Geología Ambiental y como las herramientas de esta disciplina hubieran ayudado a prevenirlo o podrían mejorar su implementación o evaluación (casos de estudio 3 y 4).

#### **Ejercicio 2. Delitos y pasivos ambientales**

En un documento digital de máximo tres (3) páginas realice una investigación sobre el tema de delitos y pasivos ambientales. Adicionalmente indique lo siguiente:

- Si su caso de estudio es o no un delito ambiental según las normas internacionales.
- Las sanciones estipuladas en la legislación colombiana para este tipo de delitos y si fueron, o no, aplicadas.
- Describa los pasivos ambientales que genera o evita su caso de estudio.
- Mencione el rol de los Geólogos en el caso de estudio seleccionado.

- Haga un análisis de los factores que permiten que ocurran estos eventos en el país (casos 1, 2 y 4) o de los factores que llevan a proponer estas iniciativas (caso 3).
- Si usted tuviera poder de decisión, que acciones habría tomado o tomaría para evitar o mejorar el evento seleccionado.

### **Ejercicio 3. Proponiendo soluciones**

Asuma que usted es un Geólogo que desea contribuir a la resolución u optimización de su caso de estudio y debe convencer a posibles inversores para que financien su idea. Después de muchas llamadas los inversores han aceptado escucharlo en una reunión de cinco (5) minutos, para la cual usted debe realizar una presentación digital que los convenza.

Para este ejercicio cada grupo debe elegir un miembro que haga la presentación y los demás grupos actuarán como inversores que aceptarán o rechazarán la idea. Los grupos que actúan como inversores pueden, o no, argumentar su decisión.

#### **REFERENCIAS**

Andrews, J. E., Brimblecombe, P., Jickells, T. D., Liss, P. S., & Reid, B. (2013). **An introduction to environmental chemistry**. John Wiley & Sons. New Jersey, EE. UU.

Anguita Virella, F., & Moreno Serrano, F. (1993). *Procesos geológicos externos y Geología ambiental*. Editorial Rueda. Madrid, España.

Agencia Nacional de Minería ANM. (2017a). **Etapas de Exploración**. Recuperado el 17/10/2017 de <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/exploracion.pdf>. Bogotá.

Agencia Nacional de Minería ANM. (2017b). **Etapas de Explotación**. Recuperado el 17/10/2017 de <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/explotacion.pdf>. Bogotá.

Echarri, L. (1998). **Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente**. Editorial Teide. Universidad de Navarra. Navarra, España.

Galdames Ortiz, D. (2000). **Ingeniería Ambiental y Medio Ambiente**. DF. Imprenta Universitaria de México. D.F., México.

García Ubaque, C. A.; García Vaca, M. C. & Agudelo Rodríguez, C. F. (2014). **Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar**. *Tecnura* [online]. vol.18, n.42. pp.90-102. Bogotá D.C.

Gómez Orea, D. (1999). **Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental**. Ed. Agrícola Española. Madrid, España.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1996). **Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería**. Ed. Servicio de Publicaciones del ITGE, Ministerio de Industria y Energía, Madrid.

Keller, E. (2007). **Introduction to Environmental Geology**. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.

Klein, C. & Hurlbut, C. (1996). **Manual of Mineralogy**. Editorial John Wiley & sons. New York, EE.UU.

Kramer, F. (2003). **Educación ambiental para el desarrollo sostenible**. Los Libros de la Catarata. Madrid, España

Lillo, J. (2017). **Impactos de la minería en el medio natural**. Universidad rey juan Carlos. Grupo de Geología y Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente. Recuperado el 17 de octubre de 2017 de la página web <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf> España.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1996). **Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología**. Centro de Publicaciones de la Secretaría General del Medio Ambiente, Madrid.

Molina Garza, R. (2008). **Contenidos de Geociencias**. [online] Geociencias.unam.mx. Available at: <http://www.geociencias.unam.mx/~rmolina/> [Accessed 19 Sep. 2017].

Ruza Tarrío, F. (1993). Tratado del medio ambiente. Editorial LAFER. Madrid, España.

Tarbut, E. J. & Lutgens, F. K. (2001). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la Geología Física. Pearson Educación. Madrid, España

Universidad de Cataluña La Mancha UCLM. (2011). **Evaluación de Impacto Ambiental**. Consultado: <https://previa.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM11.htm>

Unidad de Planeación Minero-Energética, Subdirección de Planeación Minera UPME. (2014). **Indicadores de la Minería en Colombia**. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, Colombia

Unidad de Planeación Minero-Energética, Subdirección de Planeación Minera UPME. (2016). **Política Minera de Colombia**. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, Colombia.

Unidad de Planeación Minero-Energética UPME. (2017). **Informe de Gestión 2017**. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, Colombia.

**Código QR de material Extra**



## TALLER 4. ENERGÍA, HIDROELÉCTRICA Y AMBIENTE

### ENERGÍA HIDROELÉCTRICA Y AMBIENTE

Evalúa los conocimientos aprendidos en el módulo V.

#### IDEAS PRINCIPALES

La **energía Hidroeléctrica** es la que se genera aprovechando el movimiento del agua.

**Una central hidroeléctrica** clásica es un sistema que consiste en tres partes: una central eléctrica en la que se produce la electricidad; una presa que puede abrirse y cerrarse para controlar el paso del agua; y un depósito en que se puede almacenar agua.

Agua arriba de la presa, el agua fluye a través de una entrada y hace presión contra las palas de una turbina, lo que hace que éstas se muevan. La turbina hace girar un generador para producir la electricidad. La cantidad de electricidad que se puede generar depende de hasta dónde llega el agua y de la cantidad de ésta que se mueve a través del sistema. La electricidad puede transportarse mediante cables eléctricos de gran longitud hasta casas, fábricas y negocios.

**La construcción de presas** sumerge tierras cultivables y desplaza a los habitantes de las zonas anegadas, altera el territorio, reduce la biodiversidad, dificulta la emigración de los peces, la navegación fluvial y el transporte de elementos nutritivos aguas abajo, disminuye el caudal de los ríos, modifica el nivel de las capas freáticas, la composición del agua embalsada y el microclima, y conlleva el riesgo de enfermedades en la zona (Santamarta, 2007).

#### FOCO DE LA INVESTIGACIÓN

- Contextualización de esta actividad en el ámbito nacional.
- Entendimiento de las afectaciones ambientales que genera.
- Gestión ambiental y socialmente responsable de las actividades geológicas.
- Expansión de la conciencia de los estudiantes sobre sus campos de acción profesionales.

#### BASES TEÓRICAS

El aprovechamiento de la energía de los ríos tiene al menos dos mil años de historia. Las ruedas hidráulicas y los molinos de agua proporcionaron durante siglos energía mecánica para la molienda del trigo y la malta, el lavado de la lana y el movimiento de los fuelles de los altos hornos. Desde finales del siglo XIX, la energía hidráulica se ha venido empleando para la producción de electricidad. Entre 1950 y 1986 se construyeron 31.059 presas de más de 15 metros de altura, la mayoría en China (18.587). Los 36.327 grandes embalses almacenan 5.500 kilómetros cúbicos de agua (Santamarta, 2007).

Recurso Hídrico

**Un recurso** es una materia prima o un bien que dispone de una utilidad en pos de un objetivo. Por lo general se trata de algo que satisface una necesidad o que permite la subsistencia. **Hídrico**, por su parte, es aquello que está vinculado al agua.

Los **recursos hídricos** son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.

Del total del recurso que hay en el planeta, el 97% es salado y el 3% restante se encuentra congelado en los glaciares (dos tercios); en el subsuelo (agua subterránea que es un tercio) y, menos del 1 por ciento, en la superficie. De ese 1 % del total mundial, una sexta parte se concentra en Brasil, Canadá, Colombia, Congo, Indonesia y Rusia; siendo Suramérica una reserva mundial en agua (Revista The Economist). Colombia, por su parte, tiene una oferta hídrica seis veces superior a la mundial y tres veces mayor que la de América Latina (SEMANA, 2016).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible formulo un plan para la **Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)** que busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recurso hídrico, a través de una combinación de desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas (MinAmbiente, 2016).

Hacen parte de este plan la Política Hídrica Nacional y el plan Hídrico Nacional; la reglamentación y regulación en materia hídrica, sobre la conservación, preservación, uso y manejo del recurso incluyendo la eficiencia en el uso y aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas; la formulación de los planes y programas necesarios para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico en calidad y cantidad; la definición de lineamientos y criterios para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas; la formulación y diseño de acciones orientadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y a la prevención de la contaminación de las fuentes de agua; el establecimiento de lineamientos de política relacionados con el conocimiento de la amenaza y el manejo de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de desastres naturales asociados al recurso hídrico y el riesgo de desabastecimiento y contaminación (MinAmbiente, 2016).

### ***Energías limpias***

La energía limpia utiliza fuentes naturales tales como el viento y el agua. Las fuentes de energía limpias más comúnmente utilizadas son la energía geotérmica, que utiliza el calor interno de nuestro planeta, la energía eólica que utiliza la fuerza del viento, la energía hidroeléctrica que utiliza el movimiento del agua y la energía solar, frecuentemente utilizada para calentadores solares de agua (Contaminación Ambiental, 2016).

Según la Agencia Internacional de Energía Renovable, desde el 2009, más de 1.1 millones de personas se dedican a la práctica o contribución para el desarrollo de la Energía alternativa renovable (Contaminación Ambiental, 2016).

#### **Energía hidráulica o hídrica**

La energía hidráulica se obtiene al aprovechar la caída del agua desde cierta altura. En el proceso, la energía potencial que tiene la caída del agua se convierte en cinética y mueve una turbina para aprovechar esa energía. Este recurso puede obtenerse aprovechando los recursos tal y como están en la naturaleza, por ejemplo, una garganta o catarata natural, o bien mediante la construcción de presas. (González, 2012).

Con la Revolución Industrial, y especialmente a partir del siglo XIX, comenzó a cobrar importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía

eléctrica. Poco a poco la demanda de electricidad fue en aumento. La primera central hidroeléctrica moderna se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. Sin embargo, el nuevo sistema resultaba caro y la central eléctrica acabó cerrándose después de sólo dos años y medio. A principios del siglo XX debido al aumento de la demanda de electricidad por el desarrollo industrial; esto llevo al desarrollo del generador eléctrico y al perfeccionamiento de la turbina hidráulica. En 1920, las centrales hidroeléctricas generaban una parte importante de la producción total de electricidad (González, 2012).

En el aprovechamiento de la energía hidráulica influyen dos factores: el caudal y la altura del salto. El primero se regula con la construcción de presas y el segundo se incrementa derivando el agua por un canal de pendiente pequeña (menor que la del cauce del río), consiguiendo un desnivel mayor entre el canal y el cauce del río. Cuando se quiere producir energía, parte del agua almacenada se deja salir de la presa para que mueva una turbina engranada con un generador de energía eléctrica. Así, su energía potencial se convierte en energía cinética llegando a las salas de máquinas. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores (González, 2012).

Las centrales hidroeléctricas son estaciones desde las cuales se aprovecha la energía de un salto de agua para convertirlo en energía eléctrica. Hay diferentes tipos de centrales, dependiendo del servicio que den en el consumo global de la red ([Video explicativo](#)). Existen presas que funcionan sobre todo el caudal del río, mientras que otras, desvían una parte de la corriente, aunque estos bypasses pueden tener una longitud de varios kilómetros. En proyectos menores se pueden aprovechar las aguas que fluyen de canales, construidos por el hombre, y no afectan a corrientes naturales (Energías Renovables, 2014).

#### Panorama nacional

Desde finales del siglo XIX, cuando se comenzó a estructurar el sistema energético colombiano, se identificó el potencial que se tenía para generar electricidad a partir de la fuerza del agua. Hoy, después de más de 122 años desde que se instalaran las primeras plantas hidroeléctricas en Santander, Antioquia y Cundinamarca, esta fuente de generación continúa dominando el mercado energético nacional como una de las más limpias y económicas. El aprovechamiento de una oferta hídrica de más de 2.084 km<sup>3</sup> para la generación de electricidad, le ha permitido a Colombia consolidarse como el quinto país, entre más de 146, más competitivo en generación energética. La contribución de grandes plantas hidroeléctricas como Chivor (AES Chivor), San Carlos (ISAGEN) o el Guavio (EMGESA), la generación de energía alcanzó en 2012, un máximo de 4.139 GWh/mes. Estos resultados obedecen también al creciente aporte de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) de menos de 20 MW, las cuales aprovechan las corrientes de agua menos caudalosas. (Colombia Energía, 2013a, b).

El nuevo escenario plantea, según el [Atlas del potencial hidro-energético de Colombia](#) de la [UPME](#), que mientras hoy la capacidad de generación hidráulica del país es de unos 10 gigavatios, hay un potencial de otros 56.189 megavatios (56 gigavatios) nuevos solamente en proyectos de generación que no necesitan

embalse, conocidos como centrales hidroeléctricas a filo de agua (EL TIEMPO, 2015).

#### Impacto ambiental

Desde el punto de vista medioambiental, siempre se ha considerado que la electricidad de origen hidráulico es una alternativa energéticamente no contaminante. No obstante, la construcción de una central hidroeléctrica impacta el ambiente ya que (Jaurata, 2014):

- Altera el normal desenvolvimiento en la vida biológica (animal y vegetal) del río.
- En la zona donde se construye aumenta la humedad relativa del ambiente como consecuencia de la evaporación del agua contenida en el embalse.
- En el caso de las centrales de embalse construidas en regiones tropicales, estudios realizados han demostrado que generan, como consecuencia del estancamiento de las aguas, grandes focos infecciosos de bacterias y enfermedades.
- Los sedimentos se acumulan en el embalse empobreciéndose de nutrientes el resto de río hasta la desembocadura.

Las grandes presas bloquean las migraciones de los peces, impidiendo que alcancen sus lugares de desove habituales, y los embalses alteran al flujo, temperatura, propiedades químicas y depósito de sedimentos de los ríos y corrientes. Estos impactos, incluyendo la reducción de miles de kilómetros de hábitats para peces, especialmente los peces anádromos como el salmón (*Salmo salar*), que viven en los mares y desovan en las aguas frescas río arriba, tienen como resultado una reducción de sus poblaciones. En el caso del esturión atlántico europeo (*Acipenser sturio*) que estaba presente en todas las cuencas de los ríos norteños, ha sido una de las causas principales que los ha llevado prácticamente a la extinción (Energías Renovables, 2014).

#### Biodiversidad

A pesar de la implantación de numerosas técnicas para minimizar su impacto, como escaleras y rampas para peces, éstos y otros organismos acuáticos pueden ser heridos o morir en el movimiento de las aspas de las turbinas que generan electricidad. Las presas y embalses estancan el agua y los flujos son más lentos que el río original, y como consecuencia, acumulan más cantidad de sedimentos y nutrientes, lo que conlleva a un aumento excesivo de algas y plantas acuáticas. Esta vegetación acuática anómala desplaza a la original, y en muchos casos, debe ser controlada por medios mecánicos o biológicos (Energías renovables, 2014).

Aguas abajo de una presa se suele reducir el caudal del río de manera considerable. De hecho, desde hace tiempo se implantó la obligatoriedad de garantizar un “caudal ecológico”, para intentar garantizar la pervivencia de poblaciones vegetales y animales fluviales. En una presa, el oxígeno disuelto en el agua es menor que en un río que fluye, por lo que a la hora de soltar agua es importante la acción de aireadores, ya que normalmente se suele liberar agua de las zonas más profundas del embalse, que son las que tienen precisamente menos oxígeno y también una temperatura menor que las aguas más someras de los ríos. De esa forma se minimiza su impacto sobre las normalmente sensibles poblaciones piscícolas (Energías renovables, 2014).

#### Cambio climático

Las presas y embalses emiten a la atmósfera cantidades variables de dióxido de carbono y metano dependiendo de su tamaño y de la biomasa que estuviera presente en la zona antes de quedar bajo las aguas. Esto sucede porque la vegetación y materia orgánica del suelo de las zonas inundadas se descompone y libera dióxido de carbono y metano, ambos gases de efecto invernadero (Jaurata, 2014).

#### Impacto social

Las presas y embalse además ocupan terrenos de gran riqueza natural y paisajística o que podrían destinarse a aprovechamientos agrícolas y ganaderos, y en ocasiones, han inundado y sepultado bajo sus aguas poblaciones enteras provocando el éxodo de sus habitantes (González Velazco, 2009).

La construcción de grandes embalses ha desplazado en la India a más de 16 millones de personas, en China a tres millones y Sri Lanka a un millón. La resistencia de la población ha paralizado numerosos proyectos, pero la mayoría han sido realizados, utilizando todo tipo de medios. El embalse de Sardar Sarovar, en el río Narmada, en la India, es último episodio de la resistencia de una población dispuesta incluso a morir por su tierra, como los habitantes de Manibeli y Vagdam, dos de las aldeas que serán inundadas (Santamarta, 2007).

Las aguas estancadas de las represas generan enfermedades como la esquistosomiasis, disentería, diarreas, desnutrición, proliferación inusual de mosquitos, viruela, erupciones en la piel, infecciones vaginales, cáncer, tuberculosis, sífilis, fiebre amarilla, dengue y leishmaniasis. Aunque hay muchas opiniones contrarias, entre los posibles impactos que generan las líneas de transmisión de energía de alta tensión están las malformaciones físicas al nacer; el aumento de cáncer y leucemia en niños, los tumores cerebrales o problemas en el sistema nervioso (Manrique España, 2010).

#### **CASOS DE ESTUDIO**

9. Proyectos hidroeléctricos de Guavio (Cundinamarca) y Chivor (Boyacá).
10. Proyectos hidroeléctricos de Pescadero-Ituango (Antioquia) y San Carlos.
11. Catástrofes generadas por esta actividad en los últimos cincuenta años. Debe incluir las afectaciones geológicas, ambientales, sociales y económicas.
12. Análisis integral de la industria hidroeléctrica en Colombia, desde la Geología Ambiental.

#### **ACTIVIDAD**

Se evaluará acorde a los siguientes porcentajes (tabla 1):

**TABLA 6. CRITERIOS DE EVALUACIÓN)**

<b>EJERCICIO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>PORCENTAJE (%) DE CALIFICACIÓN</b>
Caracterización de su caso de estudio desde la Geología Ambiental	Documento de máximo dos (2) páginas	20
Impacto y gestión ambiental	Modelo y análisis	40
Aplique lo aprendido	Documento de una (1) página	40

Las actividades serán entregadas los domingos conforme se avance en los módulos, su evaluación se hará de dos maneras, en principio por pares, para lo cual dos grupos distintos evaluarán el proceso de otro; y al final cada estudiante del grupo conforme la evaluación de pares hará una autoevaluación de su proceso. Además, en grupo corregirán sus debilidades antes de la siguiente sesión de clase, y será subido su trabajo a la nube virtual del curso. A partir de los dos criterios de apreciación del proceso de aprendizaje, se hará un promedio que tomará el valor del porcentaje enunciado en la tabla 1 de criterios de evaluación.

#### Objetivos

- Aplicar los conocimientos adquiridos en el módulo V.
- Dar herramientas para que los estudiantes aporten a la innovación en la industria hidroeléctrica.
- Expandir la conciencia de los estudiantes sobre sus campos de acción como profesionales.

#### Ejercicios

##### **Ejercicio 1. Caracterización de su caso de estudio desde la Geología Ambiental**

En un documento de máximo dos (2) páginas mencione los aspectos ambientales y sociales de su caso de estudio. Incluya mapas de localización, área considerada para el estudio, tipo de material, presencia de recursos naturales; localización de comunidades y de actividades agrícolas. Sintetice los antecedentes de su caso de estudio (estudios previos, operadores, costos, población beneficiada).

##### **Ejercicio 2. Impacto y gestión ambiental**

Mediante un modelo, generado a partir de su propia inventiva, muestre la afectación de su proyecto sobre el ecosistema intervenido. Para el caso 3 seleccione el evento catastrófico que desee y para el caso 4 haga un modelo donde muestre todos los impactos que tiene la industria, acorde a lo reportado en la literatura.

Adicionalmente analice la participación de los geólogos en esta industria y reflexione sobre su aporte a la protección ambiental y social. Comparta su reflexión en el foro.

##### **Ejercicio 3. Aplique lo aprendido en el curso**

Con base en todo lo que ha aprendido e investigado, escriba un documento de una (1) página donde analice la importancia de la Geología Ambiental en los proyectos

geológicos y las herramientas que aporta a la prevención de desastres y a la gestión ambiental responsable; exponga su sentir frente al rol del gremio de geología en el ámbito ambiental y social y proponga acciones para que los profesionales tengan mayor incidencia en estos temas.

## REFERENCIAS

COLOMBIA ENERGÍA. (14 de Marzo de 2013a). **Colombia Energía**. Obtenido de UPSTREAM COLOMBIA: <http://colombiaenergia.com/featured-article/generaci%C3%B3n-hidr%C3%A1ulica-fuente-de-energ%C3%ADa-y-d%C3%ADnamo-para-las-exportaciones>

COLOMBIA ENERGÍA (2013b). **Generación hidráulica, fuente de energía y dinamo para las exportaciones** | Colombia Energía. [online] Colombiaenergia.com. Disponible en: <http://colombiaenergia.com/featured-article/generaci%C3%B3n-hidr%C3%A1ulica-fuente-de-energ%C3%ADa-y-d%C3%ADnamo-para-las-exportaciones> [Accessed 12 Sep. 2017].

Contaminación Ambiental (2016). **¿Qué son las energías ALTERNATIVAS? Concepto y clasificación**. [online] 2018 | Contaminación Ambiental. Disponible en: <https://contaminacionambiental.net/energias-alternativas/> [Accessed 7 Jul. 2017].

EL TIEMPO (2015). **Las hidroeléctricas sin embalse, el futuro de la generación de energía**. El Tiempo. [online] Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16467646> [Accessed 16 Sep. 2017].

ENERGÍAS RENOVABLES. (2014). **Energía hidráulica**. [online] Disponible en: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/hidraulica/energia-hidraulica/> [Accessed 15 Sep. 2017].

González, R. (2012). **¿Qué es la energía hidráulica?** - Twenergy. [online] Twenergy.com. Disponible en: <https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-hidraulica-426> [Accessed 26 Oct. 2017].

González Velasco, J. (2009). **Energías renovables**. Editorial Reverté. Bogotá, Colombia.

Jarauta, L. (2014). **Las energías renovables**. Editorial UOC. Barcelona, España.

Manrique España, H. (2010). **Hidroeléctricas E Impacto Ambiental**. EducaHelguitAmbiental. Cali, Colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE (MinAmbiente). (2016). **Gestión Integral del Recurso Hídrico** | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [online] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico> [Accessed 14 Sep. 2017].

Santamarta, J. (2007). **Grandes presas, grandes problemas**. World Watch. España.

SEMANA. (2016). **¿Potencia Hídrica?** Informe especial. Revista SEMANA.

## **Código QR de Material Extra**



# Anexo 3

Expone el programa del currículo propuesto para el curso de geología ambiental, con los ítems requeridos por la universidad para todo programa: Introducción, Objetivos, Métodos y Evaluación, entre otros.

Dependiendo la institución que acoja el programa curricular, deberá tener una presentación formal y los estándares requeridos por la misma.



## ANEXO 3. PROGRAMA CURRICULAR DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

### PROGRAMA CURRICULAR DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

**Proponente:** Steven Lizarazo Peña.

**Correo:** pcgeoambslp@gmail.com

**Página web:** <https://sites.google.com/site/pcgeolambslp/>

#### INTRODUCCIÓN

La geología ambiental estudia la relación entre los procesos y actividades geológico(a)s, naturales y antrópicas, y su relación con el entorno natural. Esta disciplina aplica el conocimiento geológico para 1) la resolución de conflictos del uso del suelo, 2) la búsqueda de estrategias, procesos y tecnologías que permitan minimizar los impactos ambientales (Edward A. Keller, 1992); 3) minimizar los impactos ambientales de los procesos de extracción (Erickson, 2002); 4) la toma de decisiones sobre la gestión de residuos; 5) La recuperación y restauración de espacios naturales.

Este programa contempla un espacio de reflexión académica sobre la situación ambiental del país, asociada a los procesos y actividades geológicas, e invita a proponer soluciones integrales. Así mismo, busca formar profesionales críticos y analíticos, capaces de resolver conflictos geo-socioambientales. Para ello se ha seleccionado el método de aprendizaje basado en proyectos/problemas que contiene clases magistrales, mesas de trabajo y talleres prácticos. Utiliza tecnologías de la información y la comunicación para facilitar y fortalecer el aprendizaje.

#### OBJETIVOS

- Construir espacios de reflexión sobre las problemáticas nacionales relacionados con las interacciones entre la Geología, el ambiente y la sociedad.
- Formar profesionales éticos, con una visión social y ambiental de las Geociencias, que sean capaces de argumentar, contribuir desde lo técnico a la toma de decisiones y aportar soluciones eficientes y pertinentes a esas problemáticas.
- Identificar problemas, temas de estudio, estándares y protocolos que motiven al estudiante a desarrollar proyectos interdisciplinarios.
- Realizar y sustentar el proyecto de semestre a partir de fundamentación dada, la construcción de una línea base de información en teorías, conceptos, métodos y análisis en geología ambiental, aplicados en escenarios de interacción sociedad-naturaleza en Colombia.
- Promover temas de estudio complementarios al quehacer investigativo.

- Motivar a los estudiantes de las Ciencias de la Tierra a trabajar en pro de la conservación y preservación social y ambiental.

## MÉTODOLOGÍA

Se utiliza la metodología de aprendizaje basada en proyectos/problemas, complementada con lecturas, clases magistrales, talleres de investigación, procesamiento y análisis de información, producción de material de divulgación científica y material no técnico para el público en general

## CONTENIDO

El contenido está diseñado para que el estudiante adquiera los conceptos fundamentales, los aplique, integre y comparta mediante el desarrollo de actividades prácticas. Para facilitar el aprendizaje, este currículo se divide en siete (7) módulos, relacionados a continuación:

**Módulo 1. Fundamentos de Geología Ambiental:** en este módulo se busca contextualizar al estudiante en el tema ambiental desde la perspectiva geológica; lo motiva a evaluar la importancia de este conocimiento en la realidad del país y de su aplicación ética.

**Módulo 2. Procesos y materiales terrestres:** este módulo le da al estudiante una visión de las relaciones naturales entre la geología y el ambiente, sin tener en cuenta la actividad humana. Es decir, proporciona una visión de la dinámica terrestre antes de que el hombre existiera.

**Módulo 3. Amenazas naturales:** en este módulo se aplica el conocimiento del módulo 1 y 2 a la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo a escala humana. Se ha dividido por procesos terrestres con el fin de que el estudiante conozca cuales son.

**Módulo 4. Aspectos geológicos de la salud ambiental:** los temas tratados en este módulo buscan integrar los conocimientos de los módulos 1 a 3, a la vez que le permiten al estudiante entender como la salud del planeta depende del correcto funcionamiento de los sistemas terrestres y que factores naturales pueden alterar su equilibrio.

**Módulo 5. Interacción Geología – Ambiente – Sociedad:** este módulo le proporciona al estudiante las herramientas para entender la forma en que los materiales geológicos definen los diferentes ambientes naturales (ecosistemas) y cómo el hombre, a través de las actividades extractivas, modifica y afecta ambos entornos.

**Módulo 6. Amenazas de las actividades geológicas de origen antrópico:** en este módulo el estudiante consolida su entendimiento sobre las relaciones que existen entre las actividades extractivas y el entorno natural y social e identifica los factores de riesgo para el ambiente y la sociedad. Así mismo, empieza a proponer soluciones para minimizar esos riesgos y mejorar dichas actividades.

**Módulo 7. Reflexiones:** este espacio busca que el estudiante integré todo el conocimiento y experiencias adquiridos durante el curso y que evalúe su responsabilidad social y ambiental como un profesional de Ciencias de la tierra.

**TEMAS Y PROBLEMAS**

<b>TEMAS</b>		<b>PROBLEMAS</b>
AMENAZAS RIESGOS GEOLÓGICOS	Y	Erupción Volcán Galeras en 1936 Tsunami en Buenaventura en 1979 Desaparición de Armero 1985 Inundaciones, un desastre no natural.
ENERGÍA HIDROELÉCTRICA Y AMBIENTE		Proyectos hidroeléctricos de Guavio (Cundinamarca) y Chivor (Boyacá). Evaluación del riesgo social y ambiental para los proyectos hidroeléctricos de Pescadero-Ituango (Antioquia) y San Carlos. Reseña de las catástrofes generadas por esta actividad en los últimos cincuenta años. Análisis geológico y ambiental de la industria hidroeléctrica en Colombia (Matriz DOFA).
RECURSOS MINERALES, MINERÍA AMBIENTE	Y	Afectación del Río Dagua (Antioquia) por efecto de la minería ilegal de oro. Evaluación del riesgo ambiental y para la salud del Proyecto La Colosa en Cajamarca. Análisis ambiental y social del proyecto “Oro Verde” implementado en Chocó. Evaluación geo-ambiental del proyecto minero “Zoto Norte” de la empresa Minesa.
HIDROCARBUROS, AMBIENTE SOCIEDAD	Y	Derrame de petróleo en el Rio Mira y Caunapi (Tumaco-Nariño). Impactos ambientales tras los atentados contra el oleoducto Caño Limón – Coveñas en los últimos diez años. Impactos ambientales y a la salud, generados por la explotación de los pozos petroleros Quillacinga, Cohembi y Quinde. Evaluación de los impactos ambientales causados por la técnica de Fracking (fractura hidráulica) en Latinoamérica.

**ACTIVIDADES**

- Elaboración de talleres de investigación y de actividades prácticas desarrolladas en las clases.
- Intercambio de experiencias en las aulas y en los espacios virtuales, con compañeros, profesores, expertos, egresados, profesionales de otras carreras.
- Análisis, evaluación y propuesta de soluciones para los estudios de caso.
- Elaboración y entrega del proyecto semestral, versión preliminar, final y en formatos institucionales; ensayos, artículos y demás tareas requeridas por el programa.

**CRONOGRAMA**

El calendario académico para dar cumplimiento a la propuesta curricular se desarrollará de la siguiente manera.

<b>SEMANA</b>	<b>MODULO</b>	<b>TEMAS PRINCIPALES</b>
<b>SEMESTRE I</b>		
<b>1</b>	<b>Módulo 1. Fundamentos de geología ambiental</b>	Conceptos fundamentales de las Ciencias ambientales.
<b>2</b>		Perspectivas y prospectos
<b>3</b>	<b>Módulo 2. Procesos y materiales terrestres</b>	Ciclos Materiales terrestres Procesos geológicos de origen natural
<b>4</b>		Amenaza, riesgo y vulnerabilidad a escala humana
<b>5</b>	<b>Módulo 4. Aspectos geológicos de la salud ambiental</b>	Introducción
<b>6</b>		Matrices ambientales
<b>7</b>		Salud ambiental
<b>8</b>	<b>Módulo 5. Interacción geología – hombre - ambiente</b>	Panorama nacional
<b>8</b>		Actividades geológicas de origen antrópico
<b>9</b>		Gestión de las actividades geológicas
<b>8 a 9</b>		Alternativas económicas
<b>10 a 11</b>	<b>Módulo 6. Amenazas de las actividades geológicas de origen antrópico</b>	Sociales
<b>12</b>		Ambientales
<b>13</b>	<b>Módulo 7. Percepción y conflicto sobre el territorio geoambiental y sociocultural</b>	
<b>14</b>	<b>Módulo 8. Reflexiones finales</b>	

**LOGROS Y COMPETENCIAS**

Por medio del presente programa se espera que el estudiante desarrolle las siguientes competencias:

- Capacidad de formular propuestas y proyectos que abarquen las dimensiones ambiental, social y geológica, de tal manera que ninguna de ellas se vea afectada de manera negativa.
- Promover un pensamiento con la capacidad de interrelacionar e integrar las distintas áreas del conocimiento en geología, ambiente, ciencias humanas y ética profesional.
- Auto gestionar su conocimiento de tal modo que los espacios académicos le permitan debatir con sus pares académicos, solucionar inquietudes y

complementar su aprendizaje teniendo como principio el escuchar al otro y reconocer el valor de otros pensamientos.

- Reconocer la importancia de mantener el ambiente en el presente ya que de este no solo depende la base de su futuro sino el de otros humanos y entidades biológicas que comparten nuestro territorio.
- Fomentar el trabajo en equipo, el debate y el respeto por las demás opiniones que se tengan en el grupo de estudio.

## EVALUACIÓN

Considera la identificación de escenarios y problemas de trabajo desde la geología ambiental y sus afines; la construcción y sustentación del proyecto semestral; la elaboración de documentos, interacción con pares académicos, autoevaluación y demás tareas concertadas; y la aprobación del curso, según el reglamento de la Institución académica donde se oferte la asignatura. Los ítems para evaluar son:

- Participación y asistencia (Ensayos, contribuciones a los temas): (10%)
- Mesas de trabajo y eventos académicos: (20%)
- Proyecto Semestral \*(Versión 1.0 (15%), versión final 1.5 (25%)): (40%)
- Talleres: (25%)
- Autoevaluación y Evaluación del Curso: (5%)

\* En este ítem el docente deberá hacer en conjunto con sus estudiantes una galería de no más de 10 temas sobre conflictos geoambientales en el país, a partir de los problemas generados, cada estudiante optará por un caso de estudio el cual irá abordando apoyado en las temáticas que se vayan tratando a lo largo del semestre, desarrollando un artículo de reflexión bajo los parámetros de la revista Geología Colombiana de la Universidad Nacional de Colombia.

Se harán dos (2) entregas a lo largo del semestre, la primera propuesta para la mitad de este, con una valoración del 15%, y una final que corresponde al artículo finalizado con las respectivas correcciones del documento versión 1.0 y una breve sustentación del trabajo desarrollado en un tiempo no superior a siete (7) minutos.

## INDICADORES DE CALIDAD

Serán diseñados y generados a partir del resultado de la evaluación semestral del curso, en donde se identificarán los parámetros que permitan medir el rendimiento de los estudiantes, la calidad y pertinencia de la información entregada y generada durante el curso, las áreas que requieren mayor estudio, entre otros.

Esta información se dará a los estudiantes al inicio del curso para que en un proceso constructivo el curso se nutra de las fortalezas y debilidades, con el propósito de que conforme se implemente el curso pueda mejorarse el proceso de enseñanza. Dicha información se coleccionará en los formatos relacionados al anexo 4.

## LECTURAS RECOMENDADAS

Las lecturas recomendadas se presentan en orden de relevancia para la materia.

Ayala, F. (1988). **Riesgos Geológicos**. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España.

Bell, F.G. (1998). **Principles and Practice Environmental Geology**. Blackwell Science Ltd. Hoboken, EE.UU.

Bennett, M.R. & Doyle, P. (1997). **Environmental Geology: Geology and the Human Environment**. John Wiley & Sons. Baffins Lane, United Kingdom.

Fernández, V. (1997). **Auditorías Ambientales: Guía Metodológica**. Mundi Prensa. Bilbao, España

Keller, E. A. (2007). **Introduction to environmental geology**. Eight Edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, EE. UU.

Legget, R.F. (1973). **Cities and Geology**. Mcgraw-Hill. New York, EE.UU.

Marsh, W.M. (1978). **Environmental Analysis, for Land Use and Site Planning** Mcgraw-Hill. New York, EE.UU.

Merrits, D. (2014). **Environmental Geology: An Earth Systems Approach**. First Edition. Macmillan Higher Education. New York, EE. UU.

Ministerio De Medio Ambiente (1998). **Guía para la elaboración de estudios del medio físico, contenido y metodología**. Secretaría General Del Medio Ambiente. Centro De Publicaciones. Serie Monografías. Madrid, España.

Murk, B.W.; Skinner, B.J. & Porter, S.C. (1996). **Dangerous Earth, an Introduction to Geologic Hazards**. John Wiley & Sons. Hoboken, EE.UU.

Nuhfer, Ed.; Proctor, R. y Moser, P. (1993). **Guía ciudadana de los riesgos naturales**. Ed L. Suárez Y M. Regueiro (Versión Española). ICOG. Madrid, España.

Reichard, J., (2013). **Environmental Geology**. Second Edition. McGrawHill Education. Columbus, EE.UU.

Smith, K. (1996). **Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster**. Routledge. London, United Kingdom.

## *MATERIAL DE PROFUNDIZACIÓN*

Andreu, J. (1993). **Conceptos y métodos para la planificación hidrológica**. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona.

Bustillo, M. & López Jimeno, C. (1996). **Recursos minerales**. Entorno Gráfico, S.L.

Costa, J.E.; Baker, V.R., (1981). **Surficial Geology: Building with The Earth**. Wiley. New York.

Mangosio, J. E. (1997). **Medio Ambiente y Salud Ocupacional**. Nueva Librería. Buenos Aires, Argentina.

Mathewson, C.C. & Merrill Pu (1981). **Engineering Geology**. Company Ohio, EE.UU.

Montgomery, C. (2013). **Environmental Geology**. Tenth Edition. Mcgraw-Hill International. Columbus, EE. UU.

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. (1996). **El patrimonio geológico, bases para su valoración, protección, conservación y Utilización**. Serv. Publ. MOPTMA. Madrid, España.

North, F.K. (1985). **Petroleum Geology**. Allen & Unwin.

Thomas, L. (1992). **Handbook of Practical Coal Geology**. John Wiley & Sons. Hoboken, EE.UU.

# **Anexo 4**

Para la evaluación del curso se requieren un instrumento que permita a los actores educativos identificar falencias, fortalezas y debilidades y recibir sugerencias, y en general la pertinencia del curso de geología ambiental.

4.1 Evaluación del programa para los estudiantes.

4.2 Evaluación del programa para el docente.

## ANEXO 4. FORMATOS DE EVALUACIÓN DEL CURSO PARA LOS ACTORES EDUCATIVOS

Propuesta Curricular en Geología Ambiental

### Formato de evaluación del currículo para estudiantes

#### Contenido

1. ¿Considera que las temáticas tratadas son consecuentes con la asignatura de geología ambiental?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

2. ¿Hay una secuencia lógica en el proceso de aprendizaje de la geología ambiental?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

#### Estrategia de Implementación

3. ¿Considera que las actividades realizadas le permiten desarrollar sus habilidades para generar su propio conocimiento?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

#### Método de Enseñanza (Estrategia didáctica)

4. ¿El método de aprendizaje basado en resolución de problemas/proyectos es una manera eficaz para optimizar el aprendizaje?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Considera que esta estrategia es mejor que la tradicional?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Métodos de Evaluación**

6. ¿Considera que los métodos de valoración le permiten poner en práctica lo aprendido?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Pertinencia con el Contexto Nacional**

7. ¿Le parece que el contenido refleja las necesidades de conocimiento del país para afrontar sus problemáticas ambientales?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

8. ¿Considera que los casos de estudio son representativos de la realidad nacional?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Innovación**

9. ¿Considera que esta metodología curricular generó propuestas innovadoras para resolver las problemáticas ambientales del país?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

10. Cree usted que con adaptaciones el currículo puede llevarse a otros contextos de la educación, ¿si es así a cuáles?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> NO   | <input type="checkbox"/> Educación no formal en talleres en juntas de acción comunal      |
| <input type="checkbox"/> Instituciones de formación técnica y tecnológica | <input type="checkbox"/> Capacitación a comunidades interesadas en aprender sobre el tema |
| <input type="checkbox"/> Instituciones de formación en básica secundaria  |   |
| <input type="checkbox"/> Instituciones en formación en primaria           |   |

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Eficacia del Programa**

11. ¿Considera que esta propuesta de currículo para geología ambiental mejoró el aprendizaje?

- SI  
 NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

12. Tomando en cuenta las principales temáticas tratadas en el currículo, ¿en qué aspectos cree que debe hacerse un mayor énfasis?

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Módulo 1 | <input type="checkbox"/> Módulo 5 |
| <input type="checkbox"/> Módulo 2 | <input type="checkbox"/> Módulo 6 |
| <input type="checkbox"/> Módulo 3 | <input type="checkbox"/> Módulo 7 |
| <input type="checkbox"/> Módulo 4 |                                   |

Conforme al módulo elegido, ¿qué temática en específico debe ser tenida en cuenta?

\_\_\_\_\_

### **Comentarios y sugerencias**

¿Qué sugerencias o aportes de retroalimentación haría a la propuesta del currículo?

---

---

---

---

**Evaluación del currículo por parte del docente**

Propuesta Curricular en Geología Ambiental

Formato de evaluación del currículo para docentes

**Contenido**

1. ¿Considera que las temáticas tratadas son consecuentes con la asignatura de geología ambiental?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

2. ¿Hay una secuencia lógica en el proceso de aprendizaje de la geología ambiental?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

**Estrategia de Implementación**

3. ¿Considera que la estrategia de implementación facilita la enseñanza de los diferentes temas?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

**Método de Enseñanza (Estrategia didáctica)**

4. ¿El método de aprendizaje basado en resolución de problemas/proyectos es una manera eficaz para optimizar el aprendizaje?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Considera que esta estrategia es mejor que la tradicional?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Métodos de Evaluación**

6. ¿Considera que los métodos de evaluación permiten conocer el proceso de aprendizaje de los estudiantes?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Pertinencia con el Contexto Nacional**

7. ¿Le parece que el contenido refleja las necesidades de conocimiento del país para afrontar sus problemáticas ambientales?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

8. ¿Considera que los casos de estudio son representativos de la realidad nacional?

SI

NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Innovación**

9. ¿Considera que esta propuesta puede mejorar el nivel de aprendizaje de la asignatura?

- SI  
 NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

10. Cree usted que con adaptaciones el currículo puede llevarse a otros contextos de la educación, ¿si es así a cuáles?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> NO   | <input type="checkbox"/> Educación no formal en talleres en juntas de acción comunal      |
| <input type="checkbox"/> Instituciones de formación técnica y tecnológica | <input type="checkbox"/> Capacitación a comunidades interesadas en aprender sobre el tema |
| <input type="checkbox"/> Instituciones de formación en básica secundaria  |   |
| <input type="checkbox"/> Instituciones en formación en primaria           |   |

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

### **Eficacia del Programa**

11. ¿Considera que esta propuesta de currículo para geología ambiental mejoró el aprendizaje?

- SI  
 NO

Si su respuesta fue No, justifique la razón: \_\_\_\_\_

12. Tomando en cuenta las principales temáticas tratadas en el currículo, ¿en qué aspectos cree que debe hacerse un mayor énfasis?

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Módulo 1 | <input type="checkbox"/> Módulo 5 |
| <input type="checkbox"/> Módulo 2 | <input type="checkbox"/> Módulo 6 |
| <input type="checkbox"/> Módulo 3 | <input type="checkbox"/> Módulo 7 |
| <input type="checkbox"/> Módulo 4 |                                   |

Conforme al módulo elegido, ¿qué temática en específico debe ser tomada en cuenta?

---

---

### **Comentarios y Sugerencias**

¿Qué sugerencias o aportes de retroalimentación haría a la propuesta del currículo?

---

---

---

---