

Universidad EAFIT

Hoja de ruta para el Departamento de Ciencias de la Tierra: Geología para la  
Sostenibilidad.

Sebastián Posada Monsalve

Director(a): Diana Cristina Ortega

Codirector: Jose Fernando Duque

Trabajo de grado para aspirar al título de Geólogo

Facultad de Geología

Escuela de Ciencias

Medellín

2019

**Este trabajo es dedicado a mis padres, quienes siempre han creído y me han apoyado.**

## Contenido

1. Introducción.....	4
2. Planteamiento del problema.....	5
3. Hipótesis.....	6
4. Objetivos.....	8
5. Estados del arte.....	9
5.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	10
5.2 Sostenibilidad.....	14
5.3 Roadmaps.....	19
5.4 Departamentos de Ciencias de la Tierra y Sostenibilidad.....	28
6. Aporte del trabajo.....	29
7. Metodología.....	30
8. Resultados.....	31
9. Recomendaciones.....	43
10. Conclusiones.....	44
11. Trabajos futuros.....	46
12. Bibliografía.....	46
13. Webgrafía.....	48
14. Anexos.....	49

## **1. Introducción**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), han venido acaparando la atención en todos los campos alrededor del mundo, pasando desde la academia hasta el ámbito laboral. Es por esto que universidades a lo largo del mundo han venido incluyendo la sostenibilidad como un nuevo campo de estudio y las Escuelas de Ciencias de la Tierra son fundamentales para su desarrollo. La universidad EAFIT se encuentra trabajando en un plan donde los ODS son el centro de ejecución y se espera que todos los pregrados se alineen a el.

Sin embargo, tanto la Escuela de Ciencias de la Tierra como el pregrado de Geología se encuentran no solo desalineados con el plan interno de la universidad si no también con el rumbo que han tomado sus similares alrededor del mundo en temas de sostenibilidad y planes de ejecución para lograr cumplir con las metas propuestas dentro de los ODS.

Es la Geología para la Sostenibilidad en mira a los ODS la herramienta por la cual, el departamento de Geología de la Universidad EAFIT puede convertirse en un modelo ejemplar, pilar a nivel nacional y de la región latinoamericana en un tema tan crítico y necesario en la actualidad para el desarrollo de las generaciones futuras. Por ende, este trabajo busca a través de la elaboración de una “Hoja de Ruta” de un Programa Académico en Ciencias de la Tierra, plantear los focos estratégicos para la transformación de su programa con dicho enfoque, identificar las líneas principales de desarrollo y los productos (iniciativas) planteadas para su implementación, en un escenario de tiempo entre los años 2020 y 2028. El resultado de este proyecto le permitirá tomar decisiones a corto, mediano y largo plazo coherentes con su decisión de migrar al enfoque de “Geología para la Sostenibilidad”, desarrollar un plan de “transformación cultural” de su plantel docente y de alumnos, clave para el óptimo desarrollo dicho plan, al tiempo que la convertirá en programa líder a nivel de la región de Latinoamérica

en este tema.

## **2. Planteamiento del problema**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Figura 1) son 17 metas internacionalmente pactadas, las cuales tienen como objetivo erradicar la pobreza mundial, poner fin a los patrones de consumo insostenible y facilitar el crecimiento sostenido e inclusivo, el desarrollo social y la protección del medio ambiente (Gill, 2017) . Es por esto, que las mejores escuelas y departamentos de Ciencias de la Tierra a nivel mundial, han estado incluyendo la sostenibilidad, como estrategia académica innovadora, para generar una agregación de valor a sus mallas curriculares actuales y el reconocimiento del impacto de sus áreas de dominio de conocimiento en la contribución a la solución de los problemas mas sensibles para la humanidad. Considerando el gran aporte que puede generar el área de las ciencias de la tierra, desde su comprensión del funcionamiento del sistema natural y alteraciones incluidas por el hombre a través de herramientas como los sensores remotos o el monitoreo ambiental directo, apoyo a las diferentes entidades gubernamentales al ordenamiento territorial, gestión de amenazas naturales y seguridad social y económica; aseguramiento de la provisión segura de agua, entre muchos otros ejemplos que se desarrollaran a lo largo de este trabajo.

# **OBJETIVOS** **DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



*Fig.1.Nota. Recuperado de Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (ONU), (02/10/2019).*

Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

Cabe resaltar que todos los individuos hacemos parte de una sociedad interconectada y nuestras acciones, en todo el mundo, tienen un profundo efecto, en la vida de las personas más vulnerables. Es por esto que debemos velar por el cumplimiento de los ODS y que debemos asumir un compromiso para preservar y mejorar el uso de todos los recursos que actualmente poseemos y de esta manera asegurar un mejor futuro para las próximas generaciones.

Desde 1983, el enfoque del Departamento de Geología de la Universidad EAFIT ha sido direccionado hacia el desarrollo de conocimiento científico en áreas definidas netamente por su impacto académico, por lo tanto no se encuentra una alineación explícita ni práctica hacia un modelo educativo de manera holística, donde se integren elementos críticos de aplicación del conocimiento académico para el desarrollo de las regiones a nivel industrial y social, y mucho menos en términos del aporte de sus programas hacia el logro de metas comunes de alto impacto para las regiones y el mundo como lo son los ODS.

A pesar que el pensum actual no contempla dentro de sus objetivos generar aportes para el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible, sus diferentes programas afectan directamente a estos. Algunos ejemplos son:

- Mineralogía: A través del proyecto en la hoja de ruta denominado: “Línea de desarrollo de prototipos de base mineral para usos industriales”, se les enseñaría a las futuras generaciones sobre una producción y consumo responsable de los recursos naturales, análisis de posibles nuevas fuentes minerales para determinados productos, de esta manera se entregaría una educación de calidad, generando nuevas oportunidades laborales y creando ciudades y comunidades sostenibles.
- Geoquímica: La línea propuesta de investigación en geoquímica ambiental, podría ayudar a combatir problemas actuales en procesos de agua limpia y saneamiento, mejorando la calidad y salud de las poblaciones.
- SIG: Se propone un programa de pre-posgrado con énfasis en Gestión del Riesgo con énfasis en ODS, esta herramienta tecnológica es de vital importancia para estudiar y analizar las posibles amenazas geológicas; control y monitoreo de condiciones de recursos actuales; apoyo a las diferentes entidades territoriales.

### **3. Hipótesis**

Para resolver el problema identificado, se plantearon varias hipótesis, las cuales fueron:

- Utilización de una “hoja de ruta” como metodología innovadora para encontrar las brechas del Departamento de Ciencias de la Tierra respecto a sus símiles alrededor del mundo; en la cual se realice una vigilancia tecnológica, para la referenciación de modelos equivalentes en el mundo, propuestas metodológicas clave, competencias

requeridas, enfoques teóricos del tema y definición de iniciativas, metodologías y recursos específicos requeridos para su implementación.

- Trabajo conjunto con otras escuelas a nivel regional que estén trabajando con ODS, con el fin de generar sensibilización tanto a los estudiantes y profesores del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT.
- Ayuda y orientación mediante un consultante externo que tome de referencia las universidades latinoamericanas o locales que estén trabajando en Geología con los ODS.

Al analizar las tres hipótesis planteadas, la opción mas viable fue la hoja de ruta, ya que a nivel regional no existe una sola universidad que incluya ni la sostenibilidad ni los ODS en su malla curricular o en grupos de investigación; la opción de un consultante externo dejaría el enfoque dependiente de criterios externos (ajenos a la universidad) y de planteamiento teórico que podrán no ser prácticos ni ajustados a la necesidad del Departamento de Geología. Además, la implementación de una hoja de ruta al campo académico se puede considerar disruptivo en el sentido de la aplicación de estas metodologías en programas actuales de la Universidad EAFIT y se puede considerar como una metodología de innovación pedagógica que añade un valor agregado al trabajo realizado.

#### **4. Objetivos**

##### **Objetivo general**

Generar una hoja de ruta, la cual le permita al Departamento de Ciencias de la Tierra observar, identificar, definir e implementar las estrategias requeridas para acortar las diferencias que tiene respecto a otras escuelas de geociencias a nivel mundial, utilizando la sostenibilidad con énfasis en ODS, como la herramienta clave para la conexión con los objetivos de desarrollo de la Universidad EAFIT y de la región, y al mismo tiempo convirtiéndola en programa académico líder en el mercado latinoamericano.

### **Objetivos específicos**

- Exponer el estado del arte respecto a programas curriculares de Geología enfocados en los ODS a nivel mundial.
- Elaborar una metodología de “Roadmap” como el método de identificación de las iniciativas del cierre de brechas del Departamento de Ciencias de la Tierra respecto a sus pares a nivel mundial.
- Proponer tres tópicos o iniciativas de implementación para el departamento tanto a nivel académico, como de investigación-innovación y extensión.

### **5. Estados del Arte**

El estado del Arte de este trabajo se presentará en tres bloques: el primero, sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Sostenibilidad, argumentando como se relacionan entre sí y como influyen estos términos en las Ciencias de la Tierra. El segundo bloque, es una explicación del origen de los “Roadmap’s”, clasificación de estos e introducción al denominado

“Roadmap Académico”. Por último, se analizará la relación que existe entre sostenibilidad y Departamentos de Ciencias de la Tierra alrededor del mundo y que papel juegan hoy en día en el ámbito académico internacional.

### **5.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible**

El estudio y preocupación sobre cuestiones ambientales internacionales se remonta al año 1972 en la Cumbre de la Tierra de Estocolmo, la cual fue organizada por las Naciones Unidas, y en la cual se planteó los temas relacionados con el medio ambiente, especialmente aquellos relacionados con la degradación y la “contaminación fronteriza”; además marcaría un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional del medio ambiente en donde se reconoció que los problemas medio ambientales regionales o locales, como la urbanización extensa, la deforestación, la desertificación, y la escasez general de recursos naturales, se pueden dilatar hasta el punto de tener arduas consecuencias para la seguridad internacional (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (02/10/2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background/>).

Pasaron 20 años para organizarse una nueva Cumbre de la Tierra, en la que se tocaron temas importantes como la escasez de agua en aumento y fuentes organizadas por la ONU generaron diferentes estudios sobre la importancia del buen uso de los recursos naturales. Analizando estos estudios junto al Informe de Desarrollo Humano que anualmente publica el PNUD (Human Development Report 2008, 2009) (p.158.) y el Informe del estado del Mundo

que publica también anualmente el Worldwatch Institute, Mata-Perelló, Restrepo-Martínez, Mata-Lleonart, y Vintró-Sánchez, (2012) muestra que: *“los principales problemas están directamente asociados al medio geológico; los cuales se pueden abarcar en tres secciones: carencia de agua o acceso al agua potable segura, pérdidas económicas y humanas generadas por los riesgos geológicos, y conflictos por el control de los recursos geológicos”*. (p.179).

En septiembre del año 2000, los líderes del mundo se reunieron con el fin de adoptar la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas (Naciones Unidas. (02/10/2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [http:// https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/](http://https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/)). Como resultado a esta declaración, los países se comprometieron a generar una nueva alianza mundial para reducir la pobreza extrema mediante el marco de ocho objetivos (Objetivos del Milenio, ODM) (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (02/10/2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background/>). Estos Objetivos poseían tres características principales: Primero, poseían un tiempo específico para ser cumplidas ya que, a pesar de ser establecidas en el año 2000, su punto de partida fue 1990, y la fecha límite establecida fue el 2015 (Pérez, 2013). Segundo, este progreso debía ser monitoreado frecuentemente, esto era posible ya que estos ODM, se encontraban enmarcados en 8 objetivos, 18 metas y 48 indicadores cuantificables. Tercero, la voluntad y deseo de cada nación para mejorar la calidad de vida de sus respectivas poblaciones era el eje de este proyecto (Pérez, 2013).

Aunque el proyecto era bastante ambicioso, a la vez era algo utópico ya que las situaciones globales para finales del año 2011 indicaban que alrededor de 1.3 billones de personas se encontraban viviendo con menos de \$1.90 dólares por día, y un estimado entre 850 y 920 millones se encontraban desnutridas (Sachs, 2012) (The World Bank Poverty & equity data) (p.13.). En el 2011, un aproximado de 61 millones de niños no estaban estudiando; además, para este mismo año, 69 millones de niños menores de cinco años fallecieron y cerca

de 274.000 muertes maternas (Millenium development report 2012, en Pérez, 2013). Durante el año 2013 cerca de 34 millones de personas se encontraban viviendo con VIH; 783 millones de personas no tenían acceso a agua potable y 1.1 billones de personas carecían de sistemas sanitarios (Pérez,2013).

Para el año 2015, la ONU entregó el ultimo informe sobre los ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe 2015), y aunque se alcanzaron a mejorar las condiciones de vida de la población global, no se logró cumplir ninguno de los ocho objetivos propuestos. Por ende, en septiembre del 2015 nacieron los Objetivos de Desarrollo Sostenibles y la Agenda 2030, los cuales no tienen solamente como fin alcanzar los objetivos propuestos ya planteados en el año 2000 por los ODM, si no que, además, nuevos objetivos fueron añadidos con el objetivo de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible (Naciones Unidas. (02/10/2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. [http:// https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/)).

La idea de los ODS ha ganado interés alrededor del mundo debido a **la urgencia del desarrollo sostenible para todo el mundo** (Sachs, 2012). Si bien las definiciones específicas varían, el desarrollo sostenible contiene lo que se necesita para lograr el bienestar humano. Casi todas las naciones del mundo reconocen que apuntan a una combinación de desarrollo económico, sostenibilidad ambiental e inclusión social, pero los objetivos específicos difieren globalmente, entre y dentro de las sociedades, lo cual se interpone en el cumplimiento de los ODS (Sachs, 2012).

Se debe aceptar que el mundo ha entrado en una nueva era, en la que la actividad humana ha jugado un rol central y amenazante en la dinámica primordial de la Tierra (Sachs, 2012). La suma de el crecimiento económico global por persona, grandes economías emergentes, y una población aún en crecimiento que ya alcanzó los 7 (y que se espera que alcance los 8 mil

millones para 2024) están dando como resultado una carga sin precedentes a lo largo y ancho de todo el globo terráqueo (Sachs, 2012).

De acuerdo con Horan (2019), para alcanzar el cumplimiento de los ODS se deben implementar dos tipos de asociaciones. La primera, es la Alianza Global para el Desarrollo Sostenible, la cual es dirigida por los gobiernos, se considera como un medio para mejorar la cooperación internacional para la implementación de la Agenda 2030 y su objetivo es “reunir a los gobiernos, la sociedad civil, el sector privado, la ONU y otros actores para facilitar un compromiso global intensivo en torno a la implementación y la movilización de todos los recursos disponibles” (Horan,2019) (p.5).

En Segundo lugar, las asociaciones de las diferentes partes interesadas, para complementar la asociación mundial, se consideran importantes para mejorar los medios de ejecución, es decir, el objetivo de estas asociaciones es "movilizar y compartir conocimiento, experiencia, tecnología y recursos financieros para apoyar la implementación de los ODS (Horan, 2019).

El logro de los ODS, es de hecho, un reto muy difícil que para lograrse se necesita con urgencia el conocimiento científico para guiar, medir, monitorear y alcanzar estos objetivos (Lubchenco, Barner, Cerny-Chipman, & Reimer, 2015). Es necesario que el conocimiento científico actual no se quede en manos privadas, que sea un conocimiento abierto al público, de acuerdo a Lubchenko et al (2015) “ *los científicos deben compartir lo que ya se conoce de manera más amplia, acelerar el descubrimiento de conocimiento relevante, idear indicadores de progreso utilizables, comprometerse directamente con los usuarios de información y conocimiento, y adoptar ambos enfoques transdisciplinarios, especialmente con científicos sociales y asociaciones no tradicionales (con sociedad civil o con la industria, por ejemplo) para guiar la acción*”. (p.741).

Una de las ciencias llamadas a ser líder en el cumplimiento de los ODS, es la Geología. De acuerdo con Gill (2016) cualquiera de los temas enmarcados dentro de los ODS es pertinentes en el campo de la Geología, ya sea desde la investigación o la práctica. Es por esto que tanto estudiantes, investigadores, educadores y profesionales en el campo de la Geología poseen un gran potencial para ayudar a lograr el cumplimiento de los ODS en busca de un desarrollo sostenible para todos.

## **5.2 Sostenibilidad**

La ciencia de la sostenibilidad es un campo de estudio relativamente nuevo que se inició a mediados de los años 80, y llegó a un consenso en cuanto a sus objetivos y enfoques a principios de los 2000 (Bettencourt y Kaurc, 2011). Durante sus inicios, algunos investigadores lo definieron como el estudio de las interacciones entre el ser humano y los sistemas ambientales (Tierra), sin embargo, académicos más recientes como Mora, (2013) la han definido como: “Un tipo de ciencia aplicada, en la vena de lo agrícola y ciencias de la salud, que busca la acción social para preservar la integridad ambiental a través del uso y aplicación de conocimiento científico”. (P.36).

Cabe recordar que la definición de Sostenibilidad surge por vía negativa, como el resultado de diferentes análisis científicos acerca de la situación del mundo que muestran su “insostenibilidad” (Vilches y Pérez, 2013). Una situación, fruto de las actividades humanas, que amenaza gravemente el futuro de la misma humanidad ya que se acerca de manera delicada a los límites del planeta e incluso haber ya superado alguno de ellos (Meadows, 1972; Meadows, Meadows y Randers 1992; Meadows, Randers y Meadows, 2006; Folke, 2013, en Vilches y Gil Pérez, 2015).

Es al informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD,1998), conocido también como Informe Brundtland, al que se le debe atribuir tratar de introducir el concepto de Sostenibilidad o Sustentabilidad: “*El Desarrollo Sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*”. (P.35).

Sin embargo, una de las críticas que ha recibido esta definición por la CMMAD, es que el concepto de Desarrollo Sostenible apenas sería la expresión de un sentido común, la cual ha sido ya expresada por diferentes civilizaciones primitivas (Vilches y Gil Pérez, 2015).

A pesar de que es una temática reciente, la ciencia de la sostenibilidad ha logrado llamar la atención entre las instituciones académicas y profesionales. Por ejemplo, “*The U.S. National Academy*” a través de su junta directiva sobre desarrollo sostenible, produjo un informe influyente sobre el tema (NRC, 1999) y la revista PNAS publicó una sección entera para este en 2005, en los cuales remarcan que los conceptos de sostenibilidad son ahora parte integral de la agenda de gobiernos y corporaciones, y sus objetivos se han convertido en el centro de la misión de los laboratorios de investigación y las universidades de todo el mundo (Bettencourt y Kaur, 2011). The U.S. National Science Foundation (NSF) tiene ahora un programa para financiar la investigación y educación en la ciencia de la sostenibilidad, y un creciente número de programas de posgrado en esta área, tienen ahora lugar en diferentes universidades alrededor del mundo, incluyendo algunos que han integrado geociencias y programas de sostenibilidad (Mora, G. 2013). En el ámbito internacional, se ha creado la revista *Sustainability Science* en 2006 y la Sociedad Internacional para las Ciencias Sostenibles (ISSS) en 2012. Además, el número de visitas por artículo en este campo ha venido creciendo consistentemente (Bettencourt y Kaurc, 2011), así, testificando la rápida expansión de este campo académico.

De acuerdo a lo anterior, la sostenibilidad puede ser definida como una ciencia que trata de garantizar las necesidades del presente sin comprometer las generaciones futuras, a través

de los tres pilares esenciales de la sociedad: la protección del medio ambiente, el desarrollo social y el crecimiento económico.

A nivel nacional, Colciencias presentó el *Libro Verde 2030* el cual constituye un paso esencial para lo que ellos denominan como: “*la renovación de la política nacional de ciencia e innovación*”. (P. 13). El propósito de esta nueva política es generar soluciones sociales, económicas y ambientales que enfrenta el país y que se encuentran enmarcados en los ODS y los cuales han sido adoptados por el país como una *hoja de ruta* para el desarrollo sostenible en el mediano y largo plazo (COLCIENCIAS, 2018).

El objetivo de esta política es “*orientar la ciencia e innovación para que contribuyan en la solución de los problemas sociales, ambientales y económicos del país, desde un enfoque transformativo (...)*”. (P.41). Para lograr el cumplimiento de este objetivo, la política se orientará en tres direcciones:

- Promover y apoyar la adopción del enfoque transformativo en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Orientar la ciencia y la innovación nacional para el logro de los ODS.
- Promover y apoyar el despliegue del enfoque transformativo para el logro de los ODS a nivel territorial (COLCIENCIAS, 2018).

Es de resaltar, que, mediante la Ciencia de la Sostenibilidad y la interacción y apoyo de los diferentes campos científicos, gubernamentales, privados y organizaciones no privadas como la ONU, se propone lograr cumplir a cabalidad todos los objetivos propuestos en la Agenda 2030, mediante la búsqueda de un presente próspero para todos sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.

La Geología debe ser considerada como uno de los componentes principales en el desarrollo y evolución de las sociedades, ya que es un cimiento fundamental del crecimiento económico de estas. Es por esto que la Geología debe ser parte de una solución sostenible y

enfrentar los retos que se plantean en el crecimiento de zonas rurales y urbanas; en especial en países como Colombia que se encuentran en vía de desarrollo (Mata-Perelló, Restrepo-Martínez, Mata-Lleonart, y Vitró-Sánchez, 2012).

Los desafíos que la sociedad está afrontando para migrar hacia una cultura de la sostenibilidad, son grandes y requieren de acercamientos multidisciplinarios. Aunque los geólogos poseen competencias especializadas para resolver problemas que afronta la sociedad hoy en día y participar en la generación de conocimiento científico que apalanque su desarrollo en términos de sostenibilidad, no se percibe aún por los profesionales en estas áreas ni por el entorno, como una conciencia fuerte sobre el impacto y el nivel de contribución que se puede generar desde el actuar profesional de este campo científico (Gill, 2017).

Gill (2016), analiza el papel de la Geología para el logro de los ODS, donde identifica muchos temas desde los cuales la Geología podría ayudar a erradicar temas como pobreza y hambre y a su vez apoyar el desarrollo sostenible. El artículo señala que el compromiso para lograr el cumplimiento de los ODS debe provenir desde la comunidad de la Geología. Además, propone subtemas de la Geología como la Agrogeología, geoturismo, geoeducación, desarrollo de la capacidad geológica y entre otras áreas de la Geología desde los cuales los geólogos pueden apoyar los 17 ODS a nivel internacional (Gill, 2016).

En el 2012, el “*British Geological Survey*” publicó un folleto denominando “Earth Science Europe” el cual tiene como fin unificar a los científicos en ciencias de la Tierra y trabajar junto con otras partes interesadas para lograr una Europa segura y próspera (Bowler, 2012). Al ser Europa un continente con amplia diversidad no solo desde lo geológico, sino también en lo industrial y lo social, lograr un descubrimiento y aprovechamiento óptimo de los recursos naturales es esencial y por ende, se necesita una investigación internacional coordinada para así promover industrias, ciudades y sociedades sostenibles (Bowler, 2012).

Es por esto que la estrategia de la Unión Europea “*Europa 2020*” reconoce el crecimiento inteligente, sostenible e integrador como un objetivo clave para la próxima década (Bowler, 2012).

El Servicio Geológico de los Estados Unidos en su circular 1369: “*Geology for a Changing World 2010–2020: Implementing the U.S. Geological Survey Science Strategy*”, describe la importancia de la preservación de los recursos para lograr la prosperidad y la preservación de las sociedades humanas. Detalla el gran papel que juegan los recursos hídricos al estar vinculados a la oferta, la demanda, la calidad y los problemas económicos, al igual que el desarrollo y el consumo de recursos energéticos y minerales (Gundersen et al., 2011). El reconocimiento de los suelos y los ecosistemas como elementos fundamentales para mantener la salud y prosperidad económica de las sociedades no solo de Estados Unidos, sino, de todo el mundo proporcionando servicios críticos para la vida y la salud (Gundersen et al., 2011). Es por esto que el autor resalta la importancia del entendimiento de los vínculos entre estos recursos, para así precisar la disponibilidad de un estos para su uso. Un ejemplo claro, es determinar la viabilidad de un proyecto de desarrollo de energía o de recursos minerales, estos dependen de la disponibilidad de un suministro de agua adecuado o puede equilibrarse con el deseo de proteger la viabilidad de un ecosistema igualmente dependiente del mismo suministro de agua (Gundersen et al., 2011).

De acuerdo al American Geosciences Institute, los geocientíficos ayudan a mantener las condiciones necesarias de vida para la nación, ya que son estos los que garantizan un “*suministro de agua limpia y sostenible; explorar, acceder y administrar los recursos energéticos y minerales tanto en tierra como en el mar; prevención y mitigación de los peligros naturales tanto terrestres como marinos; apoyar la productividad del suelo agrícola (...)*”. (P.10). Son los geocientíficos al compartir sus conocimientos, una gran ayuda para

crear una sociedad que comprenda los procesos de la Tierra y que sea capaz de reconocer y diferenciar los recursos, peligros y diferentes problemas ambientales (Institute, 2016).

### ***5.3 Roadmaps***

Este término se originó inicialmente en los años 70's por la empresa Motorola, con el fin de apoyar la vinculación de los planes estratégicos de producto y tecnología; el método ha sido adoptado y adaptado por muchas organizaciones en diferentes campos (especialmente laboral y gubernamental) para apoyar diferentes metas estratégicas (GipuzKoa Berritzen - Innobasque, 2011) (Phaal et al., 2010).

El desarrollo de herramientas estratégicas y de planificación en el campo de la gestión de la tecnología y la innovación ha crecido manera exponencial en los últimos años (Whitney, 2007; Vuorinen et al., 2018; Phaal et al., 2006; en. Oliveira, Routley, Phaal, y Mendes, 2019). Los “*Roadmaps*” se han basado principalmente en practicas que se fundamentan en técnicas de visualización y colaboración humana (interacción y comunicación) para así, mejorar el rendimiento y lograr resultados mas efectivos para la planificación estratégica y táctica (Oliveira et al., 2019).

Desde 2010 hasta el presente, la hoja de ruta “*Roadmap*” parece haber migrado hacia un enfoque estratégico mucho mas integral. Tanto es así, que este enfoque fue observado por primera vez por Phaal et al. (2007). Posteriormente, la hoja de ruta comenzó a describirse como “Hoja de ruta estratégica” o simplemente “Hoja de ruta” (Oliveira et al., 2019). Actualmente, las hojas de ruta han ampliado su alcance, extendiendo su unidad de análisis de productos, tecnologías y plataformas a unidades de negocios y corporaciones (Phaal et al., 2010).

Una hoja de ruta representa la estrategia de innovación reflejando los objetivos de todas las perspectivas de análisis que se consideran en dicha estrategia; mientras que “roadmapping” se le conoce al proceso de reflexión que se sigue para definir una hoja de ruta (GipuzKoa Berritzen - Innobasque, 2011).

### Concepto de “Roadmap” Tecnológico

En los últimos años, el “road mapping” y “roadmaps” se han convertido la opción predilecta para la planificación, enfoque y visualización para futuros desarrollos en el mundo de los negocios y la política, en especial cuando se trata de algo de nuevo (productos y tecnologías) (GipuzKoa Berritzen - Innobasque, 2011).

### Tipos de Roadmaps tecnológicos

En la figura 2 se presenta una ilustración de diferentes tipos de ruta en los que se ubican las hojas de ruta tecnológicas, y a continuación se presenta una descripción de sus principales clasificaciones:

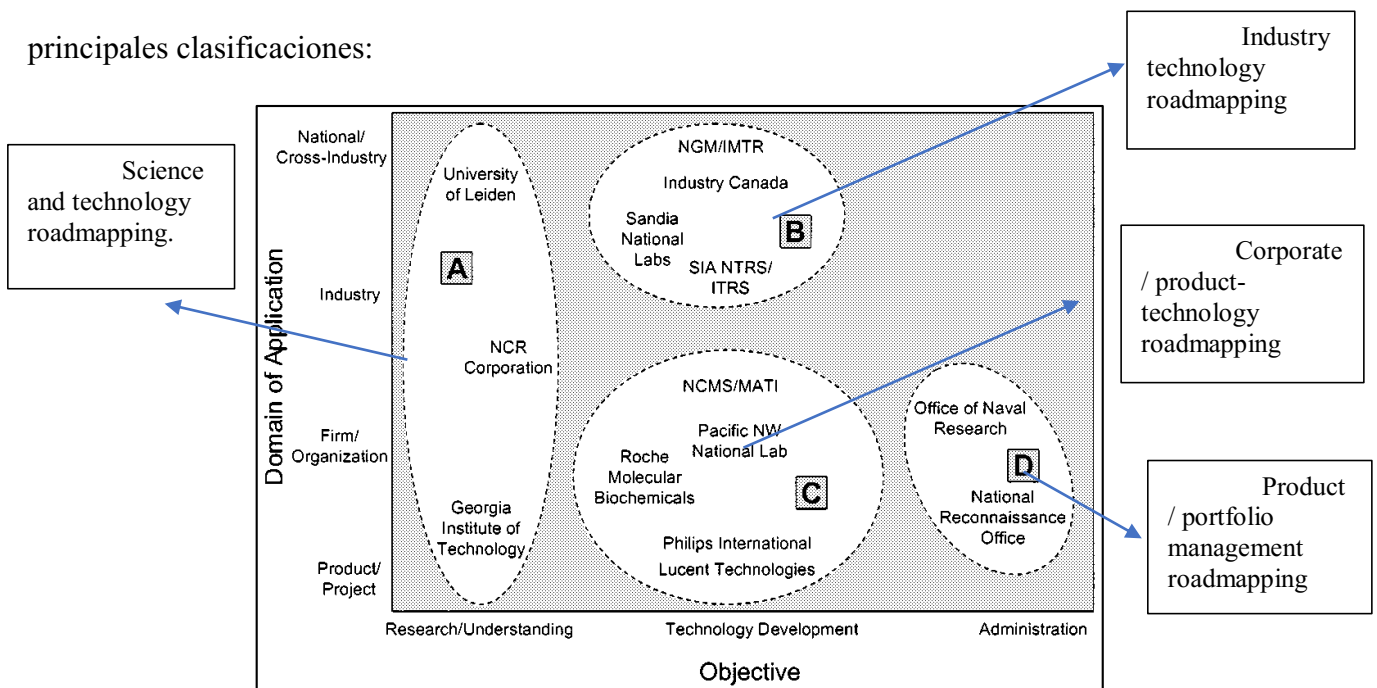


Fig. 2. Tipos de hojas de ruta, modificado de Kostoff y Schaller (2001), tomado de Phaal et al., 2010

## **Roadmaps de Industria**

Se emplea para valorar la dirección de las necesidades de un mercado en un sector o área tecnológica para luego analizar las estrategias (entre ellas, las de I+D) que satisfagan esas necesidades (éste puede ser realizado por asociaciones de empresarios de un mismo sector o promovido por instituciones públicas como ayuda a un sector) (GipuzKoa Berritzen - Innobasque, 2011).

## **Roadmaps de Ciencia y Tecnología**

Estas hojas de ruta tienen el objetivo de apoyar la investigación y la comprensión básica, que van desde productos y proyectos individuales hasta iniciativas nacionales e intersectoriales, estableciendo objetivos de la industria en línea con las tendencias y pronósticos (Phaal et al., 2010).

## **Roadmaps de Tecnología Industrial:**

Su fin es apoyar el desarrollo tecnológico a nivel industrial, interprofesional y nacional, estableciendo expectativas industriales, combinando pronósticos de rendimiento tecnológico con un contexto industrial específico, aclarando la dirección tecnológica y el panorama competitivo (Phaal et al., 2010).

## **Roadmaps Corporativos o de Tecnología de Producto:**

Apoyar el desarrollo tecnológico a nivel de empresa; organización y producto; niveles del proyecto, vinculando planes específicos de productos de la compañía con tendencias de mercado y desarrollos tecnológicos (Phaal et al., 2010).

### **Roadmaps de Producto o Cartera de Gestión:**

Administración de apoyo (gestión de programas), a nivel de empresa / organización y producto / diferentes niveles del proyecto, estableciendo futuros desarrollos y cronogramas de productos de la compañía, a menudo para la comunicación a clientes o proveedores (Phaal et al., 2010).

### **Roadmaps Académicos**

Uno de los campos que ha venido desarrollando las hojas de ruta como metodología para planificar y visualizar futuros desarrollos estratégicos, ha sido el académico. Durante la búsqueda de información no fue posible encontrar referencias sobre los modelos metodológicos para elaboración de hojas de ruta aplicados a la Academia; solo fue posible encontrar en algunos casos los resultados expresados como hojas de ruta (“Roadmaps”). Estos “roadmaps” fueron analizados respecto a lo anteriormente descrito, teniendo en cuenta como es la distribución de sus metas propuestas (escala temporal), identificación de sus objetivos a alcanzar y acciones a tomar para lograrlos, arquitectura del “roadmap”, donde se vea reflejado los aspectos o perspectivas a analizar (mercado, producto-servicio) y tecnología y los tramos u horizontes en que se van a considerar (corto, mediano y largo plazo).

Uno de los pocos ejemplos internacionales encontrados fue el de la Universidad Tecnológica de Malasia, el cual no es muy claro al público, pero su estructura es la de un “Roadmap” con meta al 2020 (Figura 3).

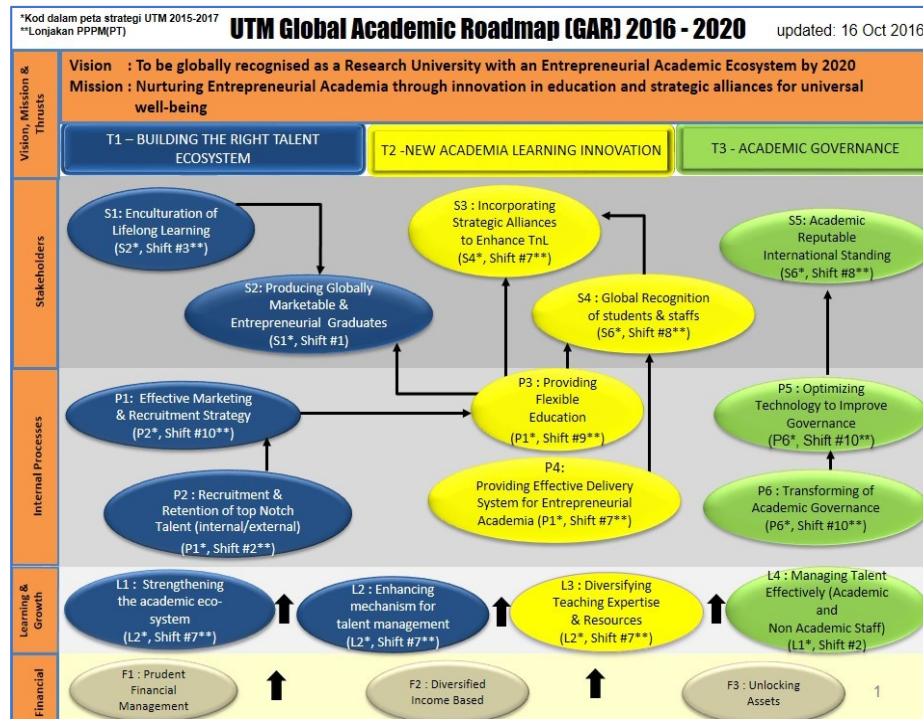


Fig. 3. Nota. Recuperado de UTM Global Academic Roadmap (GAR). (2016-2020).Universiti Teknologi Malaysia, (2018). Recuperado de <http://www.utm.my/office-dvcai/utm-global-academic-roadmap-2016-2020/>

Un ejemplo a nivel nacional, fue el de la Universidad del Rosario (Figura 4) para la Escuela de Administración, el cual no presenta su estructura (no está visible al público), sin embargo, la universidad reporta los avances de los objetivos propuestos, los cuales están planteados hasta 2025.





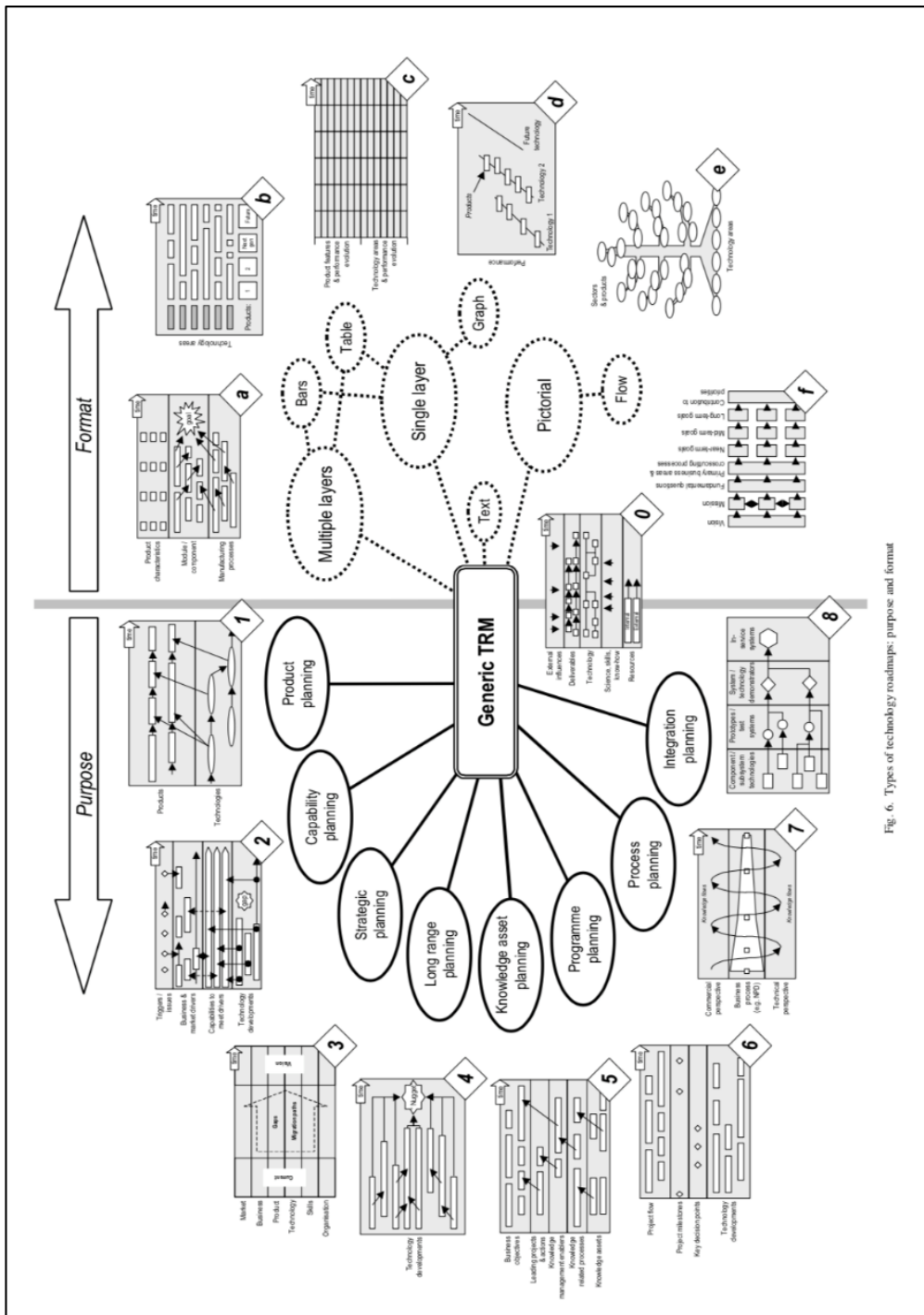


Fig. 6. Types of technology roadmaps: purpose and format

Figura 6. Tipos de hojas de rutas tecnológicas. Tomado de (Phaal y Probert, 2009)(Phaal, Farrukh, y Probert, 2001)

Igualmente, la universidad de los Andes, presenta su Plan de Desarrollo Integral (Figura 7) para el periodo 2016-2020 como una “hoja de ruta”, sin embargo, no detalla la metodología ni presenta la estructura de un “roadmap” (Dirección de Planeación y Evaluación. (2012). Programa de Desarrollo Integral (PDI 2016-2020).



Fig.7. Nota. Recuperado Dirección de Planeación y Evaluación. (04/04/2016). Universidad de los Andes. Recuperado de <https://planeacion.uniandes.edu.co/pdi/pdi-2016-2020/programa-de-desarrollo-integral-pdi-2016-2020>

Otro ejemplo es el que plantea la Universidad Nacional de Colombia, la cual ha decidido utilizar la hoja de ruta, junto a su Plan Global de Desarrollo (Figura 8), con el camino hacia el 2030 como los instrumentos de programación, priorización y control de actividades, proyectos y presupuestos, establecido en cada periodo rectoral para cumplir las estrategias y los objetivos propuestos (Dirección Nacional de Planeación y Estadística. (02/10/2019). Plan Global de Desarrollo.

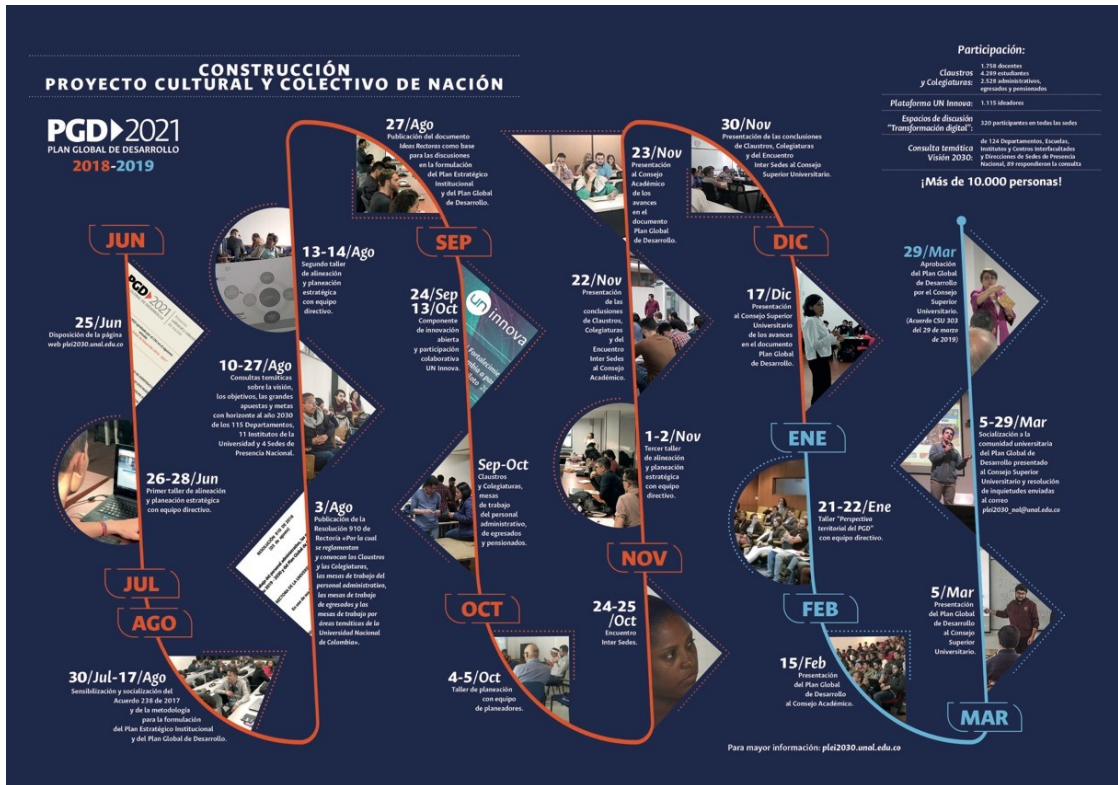


Fig. 8. Nota. Recuperado Dirección de Planeación y Estadística. (02/10/2019). Universidad Nacional de Colombia.

Recuperado de. [http://plei2034.unal.edu.co/fileadmin/Documentos/Plan\\_Global\\_de\\_Developmento\\_2019-2021.pdf](http://plei2034.unal.edu.co/fileadmin/Documentos/Plan_Global_de_Developmento_2019-2021.pdf)

La Universidad EAFIT presenta una hoja de ruta poco clara, denominada: “Plan Estratégico de Desarrollo 2019-2024” (Figura 9) el cual se encuentra dividido por una serie de retos y estrategias que dan como resultado el itinerario y a su vez todo esta interconectado entre si, lo cual no detalla la metodología ni presenta la estructura de un “Roadmap”. Además, no se presenta una información estructurada a plazos, con planes de seguimiento o evaluación, por lo cual no se puede validar su utilidad.

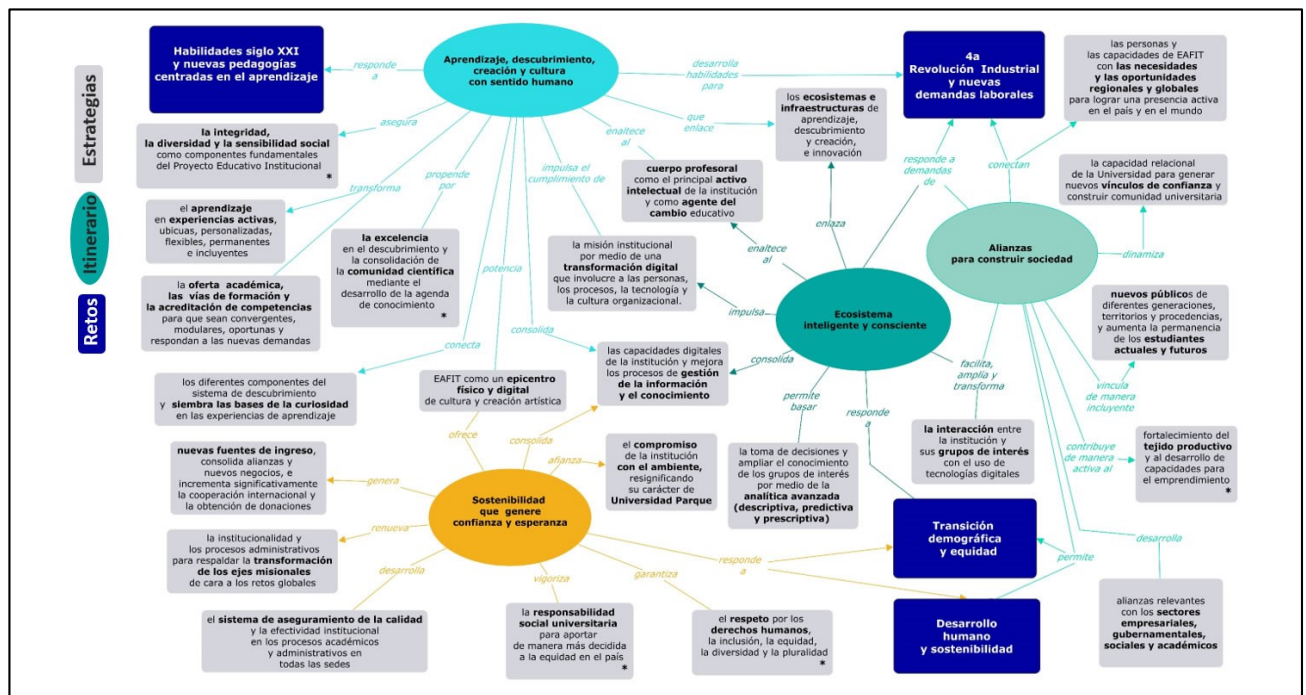


Fig. 9. Nota. Recuperado Plan Estratégico de Desarrollo. (28/06/2019). Universidad EAFIT. Recuperado de.

<http://www.eafit.edu.co/institucional/info-general/Paginas/plan-estrategico-desarrollo.aspx>

## 5.4 Departamentos de Ciencias de la Tierra y Sostenibilidad (adscritos a programas académicos)

A pesar de que las Ciencias de la Tierra están llamadas a ser pioneras en temas de sostenibilidad, son pocas las universidades que han incluido este tema en su pensum académico. Son los departamentos de Ciencias de la Tierra del Reino Unido y de Estados Unidos los que más se han apropiado de este tema. Estas universidades, se encuentran en el top 10 de las mejores universidades del mundo (ver figura 10), esto no quiere decir, que toda universidad que trabaje sostenibilidad va a estar ubicada en esta posición, sin embargo, si la vuelve más competente a nivel internacional.











1		Massachusetts Institute of Technology (MIT)	<a href="#">More</a>	United States
2		Stanford University	<a href="#">More</a>	United States
3		Harvard University	<a href="#">More</a>	United States
4		University of Oxford	<a href="#">More</a>	United Kingdom
5		California Institute of Technology (Caltech)	<a href="#">More</a>	United States
6		ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	<a href="#">More</a>	Switzerland
7		University of Cambridge	<a href="#">More</a>	United Kingdom
8		UCL	<a href="#">More</a>	United Kingdom
9		Imperial College London	<a href="#">More</a>	United Kingdom
10		University of Chicago	<a href="#">More</a>	United States

Fig. 9. Nota. Recuperado QS World University Rankings. (02/10/2019). QS Top Universities. Recuperado de <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2020>

Las universidades anteriormente listadas, tienen proyectos de sostenibilidad en sus campus universitarios, la mayoría trabajan conjunto a los departamentos de ciencias de la tierra, más no todos los departamentos tienen la sostenibilidad dentro de su pensum académico.

## 6. Aporte del trabajo

De acuerdo con este panorama identificado, se define oportuno, desarrollar un ejercicio de planteamiento estratégico de cara a las necesidades y enfoques declarados por el Departamento de Geología de la Universidad EAFIT, aportar en

la información clave que permita la transformación curricular de cara a este propósito y promover la transformación cultural en este tema crítico para el desarrollo sostenible de las comunidades a nivel mundial. Hacer un llamado a la población estudiantil, docente y profesional del Departamento y de la Escuela de Ciencias, promover el crecimiento de habilidades en el campo de aplicación de conocimientos de la Geología para el desarrollo sostenible y generar conciencia de la importancia del cumplimiento de la Agenda 2030, se convierten en los objetivos centrales de implementación de las iniciativas aquí planteadas.

## **7. Metodología**

Con el fin de llevar a cabo el proceso de investigación para el logro de los objetivos planteados, se definió la siguiente metodología:

### 1. Definición de la estructura de “*Roadmap*” a implementar:

- Bloques de mercado-focos estratégicos; Identificar clientes, áreas de actuación, motivos y disparadores externos
- Definición de líneas estratégicas para implementación: unidades estratégicas alienadas con la estructura de la Universidad EAFIT a través de las cuales se integren todas las iniciativas planteadas y permitan marcos de actuación estructurados y diferenciados.
- Productos para implementar cada una de dichas líneas estratégicas: iniciativas específicas para implementar a través de proyectos, programas o actividades específicas.

2. Referenciación y búsqueda de información: ejercicio de vigilancia tecnológica para establecer estados del arte; consultas en fuentes de información especializada, casos de éxito en implementación de la metodología de “*Roadmap*” tecnológico y académico; entrevistas con actores clave del proceso y consulta con expertos en los temas definidos.
3. Ejecución de un taller para construcción del “*Roadmap*”, para identificación de propuestas de actores clave del Departamento de Ciencias de la Tierra.
4. Elaboración de un “*Roadmap*” con enfoque en “Geología para la sostenibilidad” expresado en alcances a corto (2 años), mediano (2-5 años) y largo plazo (5-8 años)
5. Realización de un ejercicio preliminar con una de las ideas planteadas, a nivel piloto, para validar la pertinencia del tema y del proceso de identificación de iniciativas del taller.

## **8. Resultados**

A continuación, se presentan los resultados de acuerdo con la metodología propuesta:

- **Definición de la estructura del “*Roadmap*”:**

Una vez que se identificaron los principales criterios para la elaboración de “*Roadmaps*” tecnológicos, (aunque no para “*Roadmaps*” académicos) de acuerdo a las referencias estudiadas, se implementó la siguiente clasificación, teniendo en cuenta: lenguaje (nomenclatura) de términos aplicados en ambientes universitarios y adaptación de criterios tecnológicos a la academia:

- i. Focos Estratégicos: Se definieron términos a nivel de áreas, organizaciones o programas “cliente” focales para impactar con el programa de “Geología para la Sostenibilidad”. Estos, pueden ser considerados internos (dentro del marco de la Universidad EAFIT), o externos.
  
- ii. Líneas estratégicas: Se definieron las tres líneas principales en las que se enmarca el campo de aplicación del conocimiento tanto a nivel interno como externo de la Universidad, estas líneas se identificaron a través de consultas a personas que conocen los puntos críticos del funcionamiento de la institución; estas son:
  1. Academia: Enfoque en programas curriculares a nivel de pregrado y posgrado.
  2. Investigación-Innovación: Enfoque en programas de líneas de investigación con aplicación académica, organismos gubernamentales, privados o industrias. En este se consideraron aquellos que pueden tener un alcance a nivel de innovación, entendida como la generación de conocimiento aplicado valorado por el usuario final, y dentro de las connotaciones de la clasificación del programa de I+D+i de Colciencias.
  3. Extensión: enfoque en programas, proyectos o consultorías ofrecidas por la Universidad a entes externos a ella.

iii. Productos: Se definieron como iniciativas específicas que permitirán la implementación de actividades, proyectos, programas, entre otros, y que serán ejecutadas mediante el cronograma de actividades del Departamento de Ciencias de la Tierra, en cualquiera de las 3 líneas estratégicas definidas, generando resultados de alto impacto en todos los indicadores de su gestión, incluyendo el de contribución al logro de ODS. Estas iniciativas se plantean en un escenario de tiempo entre el 2020 y 2028.

- **Referenciación y búsqueda de información: Ejercicio de vigilancia tecnológica para establecer estados del arte:**

Como resultado del proceso de búsqueda sobre el estado de avance de **las universidades a nivel mundial** en términos de incorporación de programas de ciencias de la Tierra con enfoques para la sostenibilidad, se presenta el siguiente ranking como TOP 3, (según *QS Top Universities*) clasificado de acuerdo a su reputación académica, reputación del empleador y citas por “*Paper*”, Índice H ([www.topuniversities.com](http://www.topuniversities.com)):

- ***Massachusetts Institute of Technology (USA, Número 1 en el ranking)***: Dentro de su programa “*Earth, Atmospheric and Planetary Sciences*” ofrece programas en Geología, geoquímica y geobiología; geofísicas; atmósferas, océanos y clima; ciencias planetarias y un programa en Oceanografía conjunto con el “MIT/Woods Hole Oceanographic Institution”. Además, ofrece uno a destacar con relación a la sostenibilidad denominado “*Center for global change science*”, el cual funciona interdisciplinariamente con grupos

internos de la universidad asociados a la sostenibilidad como: “*Environmental Solutions Initiative*”. Este grupo enfoca sus investigaciones hacia los sostenibilidad y se rigen e investigan con base en su slogan “Inventando un futuro sostenible”, este grupo fusiona todas las escuelas del instituto, las cuales van desde Artes y Administración hasta Ciencias. A nivel académico, el grupo ofrece un curso llamado “*Minorin in environmental and sustainability at MIT*”, el único requisito para inscribirse a este curso es ser estudiante activo del MIT. Otro grupo interdisciplinario es el “*Energy MIT*” el cual funciona con la política de crear energía sostenible a través de centros de investigación internos del instituto ([www.mit.co](http://www.mit.co)).

- ***Stanford University (USA, Número 2 en el ranking)***: Ofrece actualmente en su departamento de ciencias naturales, términos de sostenibilidad aplicada a las geociencias; la universidad tiene una escuela dedicada a las geociencias llamada “*School of earth, energy and environmental sciences*” la cual se basa en tres principios, uno de estos es la sostenibilidad. La escuela posee departamentos como el “*Earth system science*” el cual es ofrecido como una opción de maestría y doctorado. Stanford posee diversos grupos de investigación y uno de ellos cuenta con el laboratorio de investigación en ciencias de la sostenibilidad MATSON, el cual, posee hasta la fecha 148 publicaciones relacionadas con sostenibilidad; allí se investigan temas como la “Agricultura Sostenible”.

La universidad, además de todo lo anterior, posee programas interdisciplinarios sostenibles, algunos ejemplos son: “*change leadership for sustainability program*” el único requisito para ser partícipe de este es ser estudiante en cualquier curso de la universidad; otro ejemplo es el “*Emmet Interdisciplinary Program in environment and Resources*”, el cual se centra en permitirle al estudiante desarrollar conocimientos,

habilidades, perspectivas y diferentes modos de pensar, que ayuden a entender y resolver los desafíos de sostenibilidad ambiental y de recursos mas importantes del mundo; cabe resaltar que este programa es de maestría y doctorado. Si fuera poco, Stanford ofrece un programa interdisciplinar denominado “*The Earth Systems Program*”, en donde los estudiantes aprenden e investigan de manera independiente, complejos problemas ambientales causados por actividades humanas en conjunción con los cambios naturales en el sistema Tierra. Algunos de los temas de estudio incluidos en este programa son ([www.stanford.edu](http://www.stanford.edu)):

1. Sistemas humanos ambientales
2. Energía, ciencia y tecnología
3. Comida sostenible y agricultura

- ***Harvard University (USA, Número 3 en el ranking)***: La universidad brinda la oportunidad de estudiar un pregrado denominado Ciencias Ambientales, el cual es un conjunto interdisciplinario de:

1. Tierra y ciencias planetarias
2. **Ciencias ambientales e ingeniería**
3. **Ciencias ambientales y política pública**
4. Biología integrativa
5. **Energía y ambiente.**

*(Las que se encuentran de color rojo, integran la sostenibilidad dentro de sus materias).*

La universidad cuenta con el “*Harvard University Center for the Environment*” el cual tiene como misión: fomentar la investigación y la educación sobre el medio ambiente y sus múltiples interacciones con la sociedad humana. Al realizar una investigación sencilla dentro de su motor de búsqueda, la palabra *sostenibilidad*, arroja filtros por búsqueda en áreas de

investigación dentro de la universidad: 563 diferentes tipos de contenido y además posee en la totalidad de sus escuelas, más de 200 resultados, siendo la escuela de Artes y Ciencias la que más aporta con 79 resultados. Estos contenidos van desde Arquitectura hasta temas como clima, ecología y biodiversidad, energía y comida, agricultura y nutrición ([www.harvard.edu](http://www.harvard.edu)).

Una vez se identificaron estas universidades TOP mundiales, se realizó la búsqueda detallada en las TOP 3 Universidades Latinoamericanas bajo los mismos parámetros. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Universidad de Buenos Aires, seguido por la Universidad Autónoma de México y por último la Universidad de São Paulo.

***Universidad de Buenos Aires (Argentina, número 74 en el ranking):*** La carrera empieza por un ciclo básico, que se centra en la introducción de conocimientos como álgebra, física, química, sociedad y estado, entre otras. Posteriormente se inicia el ciclo básico de la carrera, que se trata de asignaturas promedio en cualquier escuela de Geología (Geología general, petrografías, mineralogías, Geología estructural, entre otras) más materias electivas como paleontología, Geología ambiental, hidrogeología, entre otras; la sostenibilidad no se encuentra disponible en la malla curricular ([www.uba.ar](http://www.uba.ar)).

***Universidad Autónoma de México (México, número 103 en el ranking):*** La Universidad presenta el programa de geociencias con tres etapas de formación las cuales están compuestas por asignaturas obligatorias y optativas. Las asignaturas están diseñadas para complementar la formación de los estudiantes, en conocimientos de biología, física, Geología, matemáticas y química, para luego elegir entre alguna de las tres áreas de profundización que poseen (Peligros y Riesgos, Geofísica Aplicada y Ciencias Especiales) ([www.unam.mx](http://www.unam.mx)).

**Universidad de São Paulo (Brasil, número 116 en el ranking):** El programa de Geología se compone de materias obligatorias y electivas. Las obligatorias son las tradicionales que se presenta en un programa de Geología (Geología General, Mineralogías, Petrografías, entre otras), respecto a las electivas poseen diversidad de opciones tales como ciencias atmosféricas, vida en el contexto cósmico, oceanografía, petrofísica, entre muchas otras; pero no aparece una opción de sostenibilidad en su malla curricular.

En cuanto a las universidades colombianas es la Universidad de Los Andes y luego la Universidad Nacional, de acuerdo a los mismos parámetros anteriores, las mejores universidades en Geología ([www.topuniversities.com](http://www.topuniversities.com)) sin embargo, ***ninguna universidad latinoamericana (ver anexo 1) en su malla curricular tiene en cuenta la sostenibilidad, ni tampoco la existencia de grupos de investigación, programas internos universitarios asociados a la sostenibilidad o algo similar como lo poseen las mejores universidades actuales a nivel global; se debe aclarar que los criterios de evaluación establecidos en este trabajo, se dan a partir de la búsqueda en cursos, programas académicos, materias o grupos de investigación.***

La Universidad EAFIT, tampoco es la excepción en este caso. Aunque presenta una iniciativa alrededor del Itinerario 2030, el cual tiene como misión: “*contribuir al desarrollo sostenible de la humanidad mediante la oferta de programas que estimulen el aprendizaje a lo largo de la vida, promuevan el descubrimiento y la creación y propicien la interacción con el entorno, dentro de un espíritu de integridad, excelencia, pluralismo e inclusión*” (Itinerario EAFIT 2030), no presenta una directriz específica de alineación o aplicación para sus

programas académicos en particular, semilleros investigativos, o grupos de investigación en relación al tema.

Su plan estratégico incluye 5 ODS, a través de los cuales se desarrollan sus programas actuales:

1. Educación de calidad (ODS 4)
2. Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8)
3. Industria, innovación e infraestructura (ODS 9)
4. Reducción de las desigualdades (ODS 10)
5. Alianzas para lograr los objetivos (ODS 17)

Según la tendencia y enfoque de las de las mejores universidades en estas áreas, se puede identificar que las ciencias de la Tierra y la sostenibilidad y los ODS están conectadas y la interdisciplinariedad es fundamental para conseguirlo; no significa que, al hacerlo, catapultaría a la Universidad EAFIT al top de universidades a nivel mundial, sin embargo, sí la desplazaría a competir en el mercado latinoamericano y sería un pionero en términos de sostenibilidad, los cuales están carentes en toda la región.

Es claro que el conocimiento de los geólogos de cómo es la estructura de la Tierra, los materiales que la componen, los procesos por los que atraviesa constantemente se pueden utilizar para informar y desarrollar conocimientos en áreas esenciales del desarrollo sostenible (Gill, 2017). Gill (2017) propone una serie de ejemplos de cómo desde los conocimientos en diferentes campos de la Geología se puede contribuir a cumplir con los ODS.

- Acceso a agua limpia y saneamiento seguro: A través de la identificación de recursos de agua subterránea.

- Seguridad alimentaria: A través de la Agroteología, se pueden utilizar las rocas y materiales minerales locales para mejorar la fertilidad del suelo.
- Suministro y gestión de energía: Búsqueda e identificación de potencial de energías limpias y renovables como la energía geotérmica; identificar y comprender el potencial de hidrocarburos y la extracción segura de los recursos.
- Gestión y conservación ambiental y de la biodiversidad: Realizar monitores geoquímicos de la migración de un geoquímico a través de un ecosistema; caracterización e identificación de contaminantes minerales en determinadas zonas.

De acuerdo con esta visión, se realizó un ejercicio para identificar la relación de las materias actuales del pregrado de Geología vs. Los ODS de manera que permitiera identificar de manera inicial la relación, impacto y potencial de aplicación del conocimiento para contribuir a ellos.

El resultado de este ejercicio se presenta en el anexo 2.

Una vez terminados estos ejercicios de búsqueda y análisis, se realizaron un par de entrevistas a personas con roles significativos para la definición de la visión y planteamientos estratégicos de los programas curriculares y del Pregrado de Geología. Los entrevistados fueron el jefe de carrera del programa de Geología de la Universidad EAFIT, Jose Fernando Duque y el promotor curricular de la Universidad EAFIT Alejandro Gil Vélez (los resultados de dichas entrevistas se presentan en el Anexo 3).

La respuesta fue sumamente positiva, se identificó que el objetivo actual de la Universidad es realizar programas y profesionales que puedan competir además del mercado laboral, en áreas de innovación, investigación y que sean profesionales que puedan aportar a

soluciones sostenibles a los nuevos retos que el mundo exige y que, además, velen por el cumplimiento de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

- **Ejecución de un taller para construcción del “RoadMap”, para identificación de propuestas de actores clave del Departamento de Geología**

Se diseñó y ejecutó un taller con la participación del Decano de la Escuela de Ciencias, comité de Geología de la Universidad EAFIT y también, dos invitados externos pertenecientes a la carrera de Ingeniería de Procesos (fotos 1 y 2), con amplio conocimiento en el tema de ODS y sostenibilidad.

La metodología consistió en una presentación inicial del alcance del taller, de la metodología a aplicar y de la presentación de un caso de éxito industrial como referente. Se guio el proceso de ideación mediante preguntas específicas para cada uno de los elementos a definir: Focos estratégicos/mercado; líneas estratégicas; productos y ODS a los que aplicaban en cada caso; además se realizaron algunas propuestas sobre periodos de tiempos en los cuales se podrían realizar sus implementaciones.

A continuación, se muestran algunas imágenes que ilustran el desarrollo de la actividad:



*Foto 1. Introducción al taller de ODS. Fuente: Propia.*



*Foto 2. Desarrollo del taller ODS. Fuente: Propia.*

Aunque se identifica una primera “resistencia” al tema, pues se asume que no presenta mucha relación con el “quehacer” diario de las actividades de docencia, se logra realizar el taller con importantes aportes individuales y la posibilidad de realizar preguntas que

permitieran la mejor comprensión del tema, permitiendo movilizar y sensibilizar de manera inicial pero importante al plantel docente del Departamento.

- **Elaboración de un “Roadmap” con enfoque en “Geología para la Sostenibilidad” expresado en alcances a corto (2 años), mediano (2-5 años) y largo plazo (5-8 años)**

Una vez se tuvieron las ideas individuales, se procedió a evaluarlas una por una, a identificar ideas equivalentes, resumir y plantear las iniciativas definitivas. Luego se procedió a describir los términos de acuerdo con los focos estratégicos, a relacionar cada una de ellas con las líneas estratégicas y finalmente a clasificar cada una de las iniciativas en sus respectivas líneas para luego ser ubicadas en los escenarios de tiempo que se definieron. El resultado de la elaboración del “*Roadmap*”, se presenta en el anexo 4.

- **Realización de un ejercicio preliminar con una de las ideas planteadas, a nivel piloto, para validar la pertinencia del tema y del proceso de identificación de iniciativas del taller.**

Durante el desarrollo del proyecto de grado se planteó el tema de “Agrogeología” como una opción interdisciplinaria entre los pregrados de Ingeniería Agronómica y de Geología en la Universidad EAFIT, con el fin de adelantar proyectos de investigación, cooperación en temas de interés no solo académicos si no también de extensión y de investigación. Se realizaron algunas conversaciones entre los jefes de los programas para definición de “necesidades conjuntas” y de potencial de aporte de dos áreas de conocimiento clave para solución de problemas actuales del sector del “Agro”

del país. Se realizó un proceso preliminar de referenciación teórica y planteamientos desde como la Geología podría aportar de manera significativa a dichos retos, entre ellos desarrollo de productos para el agro de base mineral, estudio de geoquímica y recursos hídricos relacionados con aporte de contaminantes en el cacao, entre otros. Se espera que en el corto plazo pueda continuar materializándose este trabajo conjunto.

## **9. Recomendaciones:**

De acuerdo con los resultados obtenidos y a la experiencia en la interacción con actores clave en el proceso, se considera importante plantear algunas consideraciones para la correcta “movilización de conciencia” y de implementación de las iniciativas propuestas, como son:

- La exitosa implementación de este tipo de iniciativas requiere un alto grado de “conciencia” social de todos los actores clave frente a los retos que se plantean para la humanidad en términos de la preservación y mejora de las condiciones naturales del planeta Tierra.
- En este mismo sentido, es vital contar con una perfecta alineación de las declaraciones estratégicas con esta orientación de “programas con enfoque hacia la sostenibilidad e impacto en ODS” que se definan en todos los niveles de la Universidad, incluyendo las de la Escuela de Ciencias y en especial las del Departamento de Geología, ya que de esto dependerá la claridad de objetivos, y la apropiación de cultura hacia ese enfoque.
- Una vez se logre dicha conexión, estará todo dispuesto para una efectiva implementación del Roadmap planteado en este trabajo de grado, una vez que permitió la participación de los profesionales clave del Departamento.

- Lograr la ausencia de “resistencia” frente a estos temas al interior de los departamentos y escuelas, se considera el principal reto, pero estamos seguros que mediante la expresión correcta de su propósito final, se lograra comprender que no es más que la inclusión de una conciencia colectiva que permite una mayor contribución del conocimiento para el bienestar de la sociedad y el planeta, aplicado bajo metodologías más integrales que permitan la obtención de resultados conectados con las necesidades globales y el monitoreo de indicadores en el lenguaje universal de los ODS.

## **10. Conclusiones**

Es la Geología para la Sostenibilidad uno de los medios por el cual el Departamento de Ciencias de la Tierra y el pregrado de Geología de la Universidad EAFIT, puede no solo distinguir en el mercado latinoamericano desde lo académico, investigativo y extensión, si no también generar conciencia sobre la importancia que tiene la sostenibilidad y el cumplimiento de los ODS. Sobre la Agenda 2030, este trabajo ha destacado y demostrado la importancia a nivel internacional por el cumplimiento de las metas pactadas entre los países pertenecientes a la ONU, que no es solo un deber de líderes políticos si no de todos los que habitamos este planeta. Si bien hoy en día existe un compromiso actual para lograr un desarrollo sostenible por parte de la comunidad geológica, se debe fomentar discusiones, ejercicios y practicas en todos los niveles para el fortalecimiento de las capacidades en búsqueda de cumplir las metas propuestas en los ODS.

La hoja de ruta resultó ser una metodología adecuada para la búsqueda y identificación de brechas que poseía la Facultad de Geología de la Universidad EAFIT, ya que mediante la vigilancia tecnológica ejecutada fue posible encontrar que el tema central de este proyecto de grado “Sostenibilidad y ODS”, es uno de los ejes centrales de educación a nivel superior a nivel mundial, y el lugar en ese escenario, que tiene la Facultad de Geología respecto a sus símiles en el mundo. Además, fue fundamental para generar un plan a seguir para poder lograr de las iniciativas propuesta.

Se destaca en la “hoja de ruta” entregada al Departamento de Ciencias de la Tierra, en específico al programa de Geología, que se debe actuar de manera inmediata (a partir del año 2020), iniciando con un programa de pre-posgrado con énfasis en Gestión del Riesgo con énfasis en los ODS; de esta manera se dará inicio a un proceso desde lo académico, lo que permitirá un desarrollo de programas durante los siguientes 8 años como lo son la línea de investigación en geoquímica ambiental, desarrollo de prototipos de base mineral para la industria y una línea de investigación en Geodinámica andina; al ser líderes en el mercado latinoamericano el departamento tendrá la oportunidad de generar una serie de proyectos de extensión como lo sería el centro de asesorías en Ciencias de la Tierra con enfoque en sostenibilidad, consultorías y programas en gestión integral del recurso hídrico y oceanografía.

Para resumir, la oportunidad que tiene no solo el departamento, si no también, la universidad en convertirse en un pionero desde lo académico, investigativo y extensión en el desarrollo sostenible en busca del cumplimiento de los ODS.

## 11. Trabajos futuros

Se recomienda hacer seguimiento anual a la hoja de ruta elaborada para la Escuela de Ciencias de la Universidad EAFIT, ya que es un ejercicio dinámico y requiere ser ajustado según las necesidades específicas del programa y del entorno, según sea definido por sus actores clave.

De igual manera se recomienda implementar una estrategia de apropiación de **“Cultura del programa de Geología para la Sostenibilidad”** que permita el claro entendimiento de la relación e impacto de nuestro “quehacer diario” y motive las generaciones actuales y futuras a contribuir de manera profesional de alto nivel, a este tema.

Se recomienda comenzar el proceso de planeación para la ejecución del cronograma que permita la implementación de estas iniciativas, como por ejemplo generar proyectos investigativos interdisciplinarios con otras escuelas de la Universidad, como el ya iniciado de Agrogeología.

De igual manera se propone unos posibles trabajos de grados a partir de esta hoja de ruta, tales como:

- El uso de las rocas y minerales como posibles recursos para el mejoramiento de la fertilidad del suelo, retención del agua y la reducción de la erosión del suelo. Este trabajo se considera que debe hacerse desde la Agrogeología.
- Evaluación, monitoreo y soluciones a la contaminación de las aguas subterráneas, incluyendo la comprensión del origen, transporte y el destino de los contaminantes.

- Identificación de impactos del recurso hídrico en proyectos de infraestructura y/o minero-energéticos.
- Georrutas en nuevos territorios de paz.
- Energía marina: nuevo modelo de energía renovable para el país y la región.

## 12. Bibliografía

Bettencourt, L. M. A., & Kaur, J. (2011). Evolution and structure of sustainability science.

*Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19540–19545.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1102712108>

Bowler, S. (2012). *Earth Science Europe*. Developing science for Europe.

COLCIENCIAS. (2018). *Libro Verde 2030. Política nacional de ciencia e innovación para el desarrollo sostenible. Adoptada mediante Resolución 0674 del 9 de julio de 2018.*

Gill, J. (2017). Geology and the Sustainable Development Goals. *Episodes*, 40(1), 70–76.

<https://doi.org/10.18814/epiiugs/2017/v40i1/017010>

GipuzKoa Berritzen - Innobasque. (2011). Roadmapping : Una herramienta para definir estrategias de I + D + i de éxito. *S*.

Gundersen, L. C. S., Belnap, J., Goldhaber, M., Goldstein, A., Haeussler, P. J., Ingebritsen, S.

E., ... Back, J. M. (2011). Geology for a changing world 2010-2020: Implementing the U.S. geological survey science strategy. *US Geological Survey Circular*, (1369), 1–78.

<https://doi.org/10.3133/cir1369>

Horan, D. (2019). A New Approach to Partnerships for SDG Transformations. *Sustainability*,

11(18), 4947. <https://doi.org/10.3390/su11184947>

Institute, A. G. (2016). *Geoscience for America 's Critical Needs Invitation to a National Policy*.

- Lubchenco, J., Barner, A. K., Cerny-Chipman, E. B., & Reimer, J. N. (2015). Sustainability rooted in science. *Nature Geoscience*, 8(10), 741–745. <https://doi.org/10.1038/ngeo2552>
- Mata-Perelló, J. M., Restrepo-Martínez, C., Mata-Lleonart, R., & Vintró-Sánchez, C. (2012). Social geology: A new perspective on geology. *DYNA (Colombia)*, 79(171), 158–166.
- Mora, G. (2013). The need for geologists in sustainable development. *GSA Today*, 23(12), 36–37. <https://doi.org/10.1130/GSATG185GW.1>
- Oliveira, M. G., Routley, M., Phaal, R., & Mendes, G. H. S. (2019). The Concept of ‘Roadmapping Service’: Exploring Customer Perspectives of Roadmapping through the Service Lens. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1(1), 3101–3110. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.317>
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2001). Characterisation of technology roadmaps: Purpose and format. *Picmet*, (June), 367–374. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2001.952036>
- Phaal, R., & Probert, D. (2009). Technology roadmapping: facilitating collaborative strategy development. *Ifm-Briefing*, 47(December), 13–19.
- Sachs, J. D. (2012). From millennium development goals to sustainable development goals. *The Lancet*, 379(9832), 2206–2211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60685-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60685-0)
- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2015). Ciencia de la Sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Iberoamericana de Educación*, 69(1), 39–60. <https://doi.org/10.35362/rie691152>
- Vilches, A., & Pérez, D. G. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo / Sustainability Science: A New Knowledge Domain to which Chemistry and Chemistry Education are contributing - v24n2a4.pdf. *Educacion Quimica*, 24(2), 199–206. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72463-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72463-7)

### 13. Webgrafía

[www.harvard.edu](http://www.harvard.edu)

[www.mit.com](http://www.mit.com)

[www.stanford.edu](http://www.stanford.edu)

[www.povertydata.worldbank.org](http://www.povertydata.worldbank.org)

[www.topuniversities.com](http://www.topuniversities.com)

[www.uba.ar](http://www.uba.ar)

[www.unam.mx](http://www.unam.mx)

[www.un.org](http://www.un.org)

[www.undp.org](http://www.undp.org)

[www5.usp.br](http://www5.usp.br)

### 14. Anexos

#### Anexo 1

<b>Países</b>	<b>Universidades</b>	<b>Presencia de Agrogeología</b>
<b>Argentina</b>	Universidad de Buenos Aires	0
<b>Bolivia</b>	Universidad Mayor de San Andrés	0
<b>Brasil</b>	Universidad de São Paulo	0
<b>Chile</b>	Universidad de Chile	0
<b>Colombia</b>	Universidad de Los Andes	0
<b>Costa Rica</b>	Universidad de Costa Rica	0
<b>Cuba</b>	Universidad de La Habana	0
<b>Ecuador</b>	Universidad San Francisco de Quito	0
<b>El Salvador</b>	Universidad de El Salvador	0
<b>Guatemala</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala	0
<b>Honduras</b>	Universidad Nacional Autónoma de Honduras	0
<b>México</b>	Universidad Nacional Autónoma de México	0
<b>Nicaragua</b>	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua	0
<b>Panamá</b>	Universidad de Panamá	0

<b>Paraguay</b>	Universidad Nacional de Asunción	0
<b>Perú</b>	Pontifica Universidad Católica del Perú	0
<b>República Dominicana</b>	Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra	0
<b>Uruguay</b>	Universidad de la República	0
<b>Venezuela *</b>	Universidad Central de Venezuela	-

\*No se pudo obtener datos desde la página web de la institución ya que están realizando la migración de sus datos a un nuevo portal. Última fecha de consulta (03/10/2019).

## **Anexo 2**

Archivo adjunto.

## **Anexo 3**

Entrevistas

Medellín, agosto 12/2019

Jose Duque (JD)

Jefe de pregrado de Geología

Sebastián Posada (SP)

SP: ¿Cuál es la expectativa académica del Departamento de Geología?

JD: “Pensum mas enfocado hacia la carrera, con el recorte de materias que se dictan actualmente y no tienen relación con la geología; van a ser materias más acordes a las capacidades del pregrado.”

SP: ¿Cuál va a ser el enfoque de los nuevos egresados?

JD: “Geólogos con capacidades de investigación aplicadas al campo laboral”

SP: ¿Cómo ve la transformación curricular del departamento?

JD: “Necesaria. El Departamento necesita un cambio, en donde se le de prioridad a materias más enfocadas a lo que el mercado exige hoy en día, se reducirán créditos de algunas materias y se le aumentarán a otras, para fomentar esa prioridad.”

SP: ¿Qué piensa sobre la Geología Sostenible?

JD: “Es un tema muy interesante y que actualmente es un tema que el mercado exige, además es la manera adecuada de acercarnos y acoplarnos con las exigencias que pide actualmente la Universidad desde su Itinerario 2030.”

SP: “Cómo sería viable incluir Geología Sostenible en el nuevo pensum?”

JD: “Una opción que se debe tener en cuenta, ya sea introduciéndolo poco a poco desde las materias ya existentes, semilleros de investigación y porque no una materia electiva.”

Fecha: (15/08/2019)

Alejandro Gil (AG)

Promotor curricular de la Universidad EAFIT

SP: ¿Cómo ve la universidad los ODS?

AG: “La universidad ha priorizado 5 ODS (...), lo mas estratégico de esto es podernos alinear con objetivos a nivel mundial, se debe pensar y actuar de manera local,

pero este pensamiento estratégico nos permite hablar con otras universidades, alinear nuevos proyectos de investigación, es estratégico tener estos ODS como una carta de navegación y los cuales son claves para la universidad.”

SP: ¿La universidad esta yendo hacia los ODS?

AG: “La universidad ha apuntado hacia los ODS, como una agenda internacional los cuales se han visto de manera institucional y debemos de ver esto como se “come”, aunque la universidad ha apuntado a 5 ODS, cada estrategia puntual, cada pregrado, ¿tienen que ir determinado dentro de la agencia de estos 17 cuales a mi también me pegan?, geología debe de ir buscando cuales ODS puede ir priorizando. Es importante esta ruta que vos estas haciendo ya que hay fondos, presupuestos, hay agendas particulares para cada uno de esos ODS. Por ejemplo, si en geología nos alineamos al ODS de agua, traigan ese dinero para apoyar esa iniciativa.”

SP: ¿Vos crees que esos 5 a los que le apunta a la universidad son suficientes, la universidad no tiene el potencial para apuntarle a más?

AG: Si (tiene el potencial), pero debe hacerse por unidades, porque eso va a permitir que sea un esfuerzo mas focalizados, por ejemplo, toda la universidad no va a trabajar el tema del agua como tal, pero ciertos pregrados si lo harán(...) Nosotros si estamos llamados a que cada unidad construya su hoja de ruta, nosotros que somos la dirección de formación institucional le apuntamos mucho a esto, transformar la oferta académica, las vías de formación, acreditación de competencias, esto por ejemplo es un mundo, eso necesita un **“roadmap”** completamente alineado independiente con objetivos claros con un marco contextual completo. Esto es un deseo inicial.”

SP: ¿Cómo ve la universidad las hojas de rutas?

AG: Como metodología (hojas de ruta), nos falta. El año pasado se preguntó como vamos a llegar a esto (Itinerario 2030), el rector cuando finalizó su gestión del año y se preguntó que como para el próximo año se iba a llegar a cumplir el Itinerario 2030 a través de dos macro proyectos a la luz del itinerario (transformación digital y transformación curricular). Este año se están construyendo los dos anteproyectos de estos proyectos. Creo que este tipo de metodologías nos permite generar una visión mas amplia y estratégica de lo que se busca. Es importante tener un piloto, con estos tipos de metodologías empezándolo como un solo proyecto y que se pueda analizar cuales son las partes de un programa académico, su concepción, su desarrollo, su gestión, sus productos, gestión académica e investigativa y vos tratas de generar ese *“roadmap”* ellos, esa experiencia que tengas ahí se puede extrapolar.

SP: ¿Cómo ve la universidad una malla curricular que quiera trabajar alrededor de los ODS?

AG: Con muy buenos ojos, obviamente, lo ve estratégico y que tiene que ser así. Cuando hablamos de rediseño curriculares o nuevos pregrados tienen que estar alineados con los ODS. Existe el caso de geología que se les pregunta como van trabajando con los ODS y la respuesta es “todavía nada”, estas nuevas mallas están diseñadas para que los acoples sean mas fáciles y es pensado para hacer un doble programa.

#### **Anexo 4**

Archivo adjunto.