



HUGO FERNANDO GUERRERO SIERRA

Doctor Cum Laude en Relaciones Internacionales y Globalización de la Universidad Complutense de Madrid. Abogado de la Universidad Nacional de Colombia. Profesor e investigador en diferentes centros académicos de España, los Estados Unidos y Colombia. Investigador Centro de Investigaciones Socio-Jurídicas CIS de la Universidad Santo Tomás – Tunja. Profesor-Investigador Titular de tiempo completo y director del Grupo Interdisciplinar de Política y Relaciones Internacionales (GIPRI), categoría A1 de Colciencias, de la Universidad de La Salle, Colombia.



CAMILO LESMES FABIÁN

Ingeniero Agronomo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Master en Ciencias Ambientales de la Universidad de Wageningen de Holanda. Doctor en AntropoGeografía de la Universidad de Múnich de Alemania. Actualmente está vinculado como docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás y desarrolla proyectos de investigación en ingeniería desde el área de las ciencias ambientales y la teoría general de sistemas.

Tres mil cuatrocientos millones de años lleva la vida sobre la faz de la tierra y al ser humano lo ubican apenas, hace trescientos mil años; es decir que la vida en el planeta ha transitado la mayor parte del tiempo, sin nosotros; sin embargo, la revolución industrial marcó el comienzo del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) a gran escala y en un poco más de cinco decalustros de quema de estos, aunado al cambio de usos del suelo y la deforestación constante, logramos consecuencias nefastas que han afectado al planeta sus especies de una manera significativa, acercándonos cada vez más a umbrales de no retorno o por lo menos dentro de la escala humana.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



Vigencia por seis años



Medio ambiente y sostenibilidad: con la mira en los ODS

Editores
Pedro Mauricio Acosta Castellanos
Hugo Fernando Guerrero
Camilo Lesmes Fabián

Medio ambiente y sostenibilidad: con la mira en los ODS



PEDRO MAURICIO ACOSTA CASTELLANOS

Ingeniero Civil - Universidad Santo Tomás (USTA), Especialista recurso hídrico (USTA), Especialista en ingeniería sanitaria y ambiental - Universidad de Buenos Aires (UBA), Magister en Ingeniería Civil (USTA), Magister en ingeniería sanitaria Universidad (UBA), Doctorando en Formación en la sociedad del conocimiento - Universidad de Salamanca. Ha recibido tres reconocimientos internacionales en México en 2014 por el CONEIC, en el 2015 por la Universidad Autónoma de Nuevo León y en Perú por el CONEIC. Decano fundador de la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Santo Tomás 2015 - 2021.



Compiladores:
Pedro Mauricio Acosta Castellanos
Hugo Fernando Guerrero
Camilo Lesmes Fabián



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD: CON LA MIRA EN LOS ODS

Compiladores

Pedro Mauricio Acosta Castellanos

Hugo Fernando Guerrero

Camilo Lesmes Fabián



Medio ambiente y sostenibilidad: con la mira en los ODS. ISBN: 978-958-5471-64-1
Compiladores: Pedro Mauricio Acosta Castellanos - Hugo Fernando Guerrero -
Camilo Lesmes Fabián

Libro resultado de Investigación
304 páginas. Tamaño 17x 24 cm

Comité editorial

Fr. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.
Rector

Fr. Omar Orlando SÁNCHEZ SUÁREZ, O.P.
Vicerrector Académico

Fr. Héctor Mauricio VARGAS RODRÍGUEZ, O.P.
Vicerrector Administrativo y Financiero

María Ximena ARIZA GARCÍA
Directora Ediciones Usta Tunja

Sandra Consuelo DÍAZ BELLO
Directora Investigación e Innovación

Juan Carlos CANOLES VÁSQUEZ
Director Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación - CRAI

Primera edición, 2020
ISBN: 978-958- 5471-64-1

Corrección de Estilo:
María Ximena Ariza García

Todos los derechos reservados conforme a la ley. Se permite la reproducción citando fuente.

El pensamiento que se expresa en esta obra, es exclusiva responsabilidad del autor y no compromete la ideología de la Universidad Santo Tomás.

Diagramación e impresión: Búhos editores Ltda.



Ediciones Usta
Universidad Santo Tomás
2020

Departamento Ediciones Usta Tunja
Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja

*Queda prohibida la reproducción parcial o total de este libro por cualquier proceso reprográfico o
fónico, especialmente por fotocopia, microfilme, offset o mimeógrafo.
Ley 23 de 1982.*

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	11

PARTE I

ODS 1: Fin de la pobreza. ODS 2: Hambre Cero. ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas.

CAPÍTULO 1: “El Jardín de Michuá” Ejemplo de Nueva Ruralidad para la Recuperación, Preservación y Consolidación de los Valores Culturales y Ambientales en la Zona de Influencia de la Vereda el Resguardo del Municipio de Chiquinquirá – Boyacá – Colombia.	17
--	----

CAPÍTULO 2: Plan Integral para la Implementación Agroecológica en Áreas Deforestadas Afectadas por los Cultivos Ilícitos.....	53
---	----

CAPÍTULO 3: Establecimiento de una Huerta Comunitaria de Permacultura como Estrategia para Mejorar la Seguridad Alimentaria Boyacense.	87
---	----

CAPÍTULO 4: La Gestión del Agua en Clave del Pensamiento Ambiental Complejo-sur. Estudio de Caso Lago Sochagota.....	119
--	-----

PARTE II

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento. ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. ODS 14: Acción por el clima. ODS 3: Salud y bienestar. ODS 14: Vida Submarina.

CAPÍTULO 5: Compostaje de Biosólidos y Biotransformación con Larvas de Escarabajo, Una Alternativa de Sostenibilidad 143

CAPÍTULO 6: En búsqueda de la Sostenibilidad Urbana: del Barrio al Ecobarrio Villa Gral. Mitre. 197

PARTE III

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. ODS 10: Reducción de las desigualdades. ODS 12: Producción y consumo responsable. ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

CAPÍTULO 7: El Papel de la Antropogeografía en Ingeniería Civil ante los Nuevos Escenarios de Cambio Climático..... 231

CAPÍTULO 8: Instrumentos Económicos Aplicados a la Gestión Ambiental - Caso Empresas Boyacenses 275

PRESENTACIÓN

Tres mil cuatrocientos millones de años lleva la vida sobre la faz de la tierra y al ser humano lo ubican apenas, hace trescientos mil años; es decir que la vida en el planeta ha transitado la mayor parte del tiempo, sin nosotros; sin embargo, la revolución industrial marcó el comienzo del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) a gran escala y en un poco más de cinco decalustros de quema de estos, aunado al cambio de usos del suelo y la deforestación constante, logramos consecuencias nefastas que han afectado al planeta sus especies de una manera significativa, acercándonos cada vez más a umbrales de no retorno o por lo menos dentro de la escala humana.

Hoy, estamos enfrentados e inmersos en un calentamiento global y una mayor frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos, lo que trae como consecuencias: inseguridad alimentaria, amenazas a las fuentes de agua, aumento del nivel y acidificación del mar, blanqueamiento de los corales, pérdida de biodiversidad y aumento de enfermedades con vectores asociados al clima.

Desde 1992, con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se logró ubicar en el escenario global, las afectaciones al clima y el impacto de estas pero solo hasta el año 2015, con el Acuerdo de París se determina un tratado global para mitigar y adaptarnos al cambio climático, término que debería transitar al *de “crisis climática”* o mejor aún al de *“mutación ecológica”* según Latour¹.

¹ Latour, Bruno. “*Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas*”, 2017.

En el año 2015, también se adoptó, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible “*Transformar nuestro mundo*”, la que tiene como objetivo, lograr el bienestar de la humanidad y a su vez del planeta tierra, con miras a consolidar la paz y la erradicación de la pobreza, donde la protección de los ecosistemas será determinante para la permanencia de la humanidad en el presente y generaciones futuras. La mencionada Agenda, planteó dentro de las acciones, el cumplimiento de los diecisiete (17) Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los que tienen un enfoque integrador y habrán de permitir lograr la sostenibilidad ambiental en concordancia con el desarrollo social y económico.

Hoy más que nunca cobra importancia analizar, estudiar, investigar y comunicar; procesos y reflexiones enmarcados en el cumplimiento de los ODS, y eso precisamente es lo que nos aporta este libro que hace parte de la colección “*Temas Ambientales*” de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja, es un estudio desde diferentes perspectivas, disciplinas y autores de diferentes países que busca contribuir en el alcance de los ODS.

Además de los temas que se encuentran en torno a las relaciones rurales, el agua, la arquitectura e ingeniería y el factor económico, es necesario que nos planteemos como sociedad, academia e instituciones, en el corto plazo, preguntas e investigaciones, que comiencen procesos que permitan avanzar en educación ecológica.

Que a su vez logren nuevos patrones de consumo, disminución de GEI, empleo de energías alternativas, nuevas tecnologías orientadas a la sostenibilidad, protección de sumideros de carbono y aumento de coberturas vegetales, ciudades sostenibles y soluciones basadas en la naturaleza. Algo que seguramente los autores de este libro; Pedro Mauricio Acosta Castellanos, Hugo Fernando Guerrero Sierra y Camilo Lesmes Fabián, reconocidos investigadores, tendrán presente para sus próximos trabajos literario-investigativos.

Por último, quisiera pensar que pronto se lograrán instrumentos locales, departamentales, nacionales y porque no, uno global, que concluya la necesidad de transitar de un enfoque antropocéntrico a uno biocéntrico, donde se proteja la vida no humana por su importancia misma y no porque sea un recurso para la existencia del ser humano.

HERMAN STIFF AMAYA TÉLLEZ

Director General
Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible
de Boyacá, Colombia

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad ambiental es el reto más importante de la humanidad en el siglo XXI. Constantes muestras de ineficiencia energética y degradación sistemática de los recursos naturales hacen que se vea cada vez más lejos esa anhelada meta global que se ha enmarcado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Estos objetivos son abrumadores, especialmente para los países en vía de desarrollo donde ninguno logró con plenitud los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM); ocho grandes retos que se plantearon en el año 2000 y con fecha límite el año 2015. En este sentido surgen muchas preguntas, pues los ODS son 17, e implican un mayor esfuerzo que los anteriores e incumplidos ODM; ¿los países latinoamericanos serán capaces de alcanzar los ODS? ¿Cuáles es el compromiso por parte de los gobiernos para cumplir los ODS? ¿Qué tan importante es el rol de las universidades e investigadores? ¿Cuáles ODS son más asumibles y alcanzables desde la perspectiva de los avances investigativos?

Este libro de investigación que es el tercero de una colección llamada “Medio ambiente y sostenibilidad”, realizado por la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás-Tunja, y el cual hemos titulado: “con la mira en los ODS”, pretende acercarnos a visiones críticas y propositivas a los cuestionamientos planteados anteriormente. Para esto, diferentes investigadores de Latinoamérica han plasmado en este texto sus puntos de vista y los avances en cada materia para lograr desde diferentes dimensiones en la aspiración por alcanzar esos objetivos de desarrollo sostenible. El libro se divide en IV partes, tomando desde diferentes aristas problemas ambientales contemporáneos que han aquejado a Latinoamérica y otras partes del planeta; este abordaje siempre en cada uno de los capítulos se enmarca en una

profunda pertinencia y sensibilidad social. La división en partes facilita al lector una asimilación seccionada y por intereses, pues este texto es interdisciplinar, contando con autores de capítulo egresados de disciplinas como la ingeniería, el derecho, la biología, la arquitectura, economía, entre otros. Esto genera una pluralidad gramatical grande, pero por encima de ello, una riqueza intelectual amplia.

Durante la lectura se podrá evidenciar que las investigaciones no dan la clave o la receta mágica para alcanzar el desarrollo sostenible con sus ODS, pero son ejemplos de avances en cada uno de ellos. Al organizarse cada capítulo entorno a los ODS, se busca un mejor manejo por parte de los lectores y, que estos, puedan recurrir fácilmente a los capítulos de su interés. No mostramos o mencionamos el ODS 4: educación de calidad, pues es evidente que, al ser un libro de investigación, todos los textos tienen relación con este objetivo. Igualmente, ocurre con el ODS 17: Alianzas para lograr Objetivos; pues todos los capítulos apuntan al cómo se pueden generar estas alianzas. Es importante mencionar que no se hace hincapié en las tensiones entre ODS o de sus metas, pues no implica edirectamente un análisis de los objetivos.

La primera parte presenta temas innovadores por parte de los investigadores, con una importancia significativa para Colombia, pues es un país que histórica y geográficamente se ha desarrollado con base en la ruralidad, donde el factor económico tiene un mayor peso para lograr el desarrollo sostenible. Se plasman interesantes alternativas para los habitantes del sector rural, que pueden ser fácilmente replicados por el lector y que abre muchos caminos subsecuentes a los resultados descritos en estos capítulos. Los ODS que tienen relación con el contenido son: ODS 1: Fin de la pobreza. ODS 2: Hambre Cero. ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas. Podemos ver que las alternativas expuestas en esta parte del libro muestran los posibles caminos para lograr estos Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La segunda parte conduce al lector a la posibilidad de comprender cómo el recurso hídrico, ¡el agua!, es tal vez el más vulnerable, pues ante los ojos de común de las poblaciones, está siempre disponible y de su mejor manera: potable. Estos capítulos fueron organizados entorno a los ODS que aplican para el contenido en este caso: ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento. ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. ODS 14: Acción por el clima. ODS 3: Salud y bienestar. ODS 14: Vida Submarina. El lector podrá ver en estos tres capítulos que la realidad dista mucho del imaginario colectivo. En su conjunto, estos escritos, sensibilizan, pues tienen un importante enfoque social y ponen a diferentes actores como coadyuvantes de proceso de solución a los problemas ambientales que tiene el agua. Por otra parte, indaga cómo el crecimiento poblacional y la emisión de gases de efecto invernadero pone en riesgo el recurso hídrico.

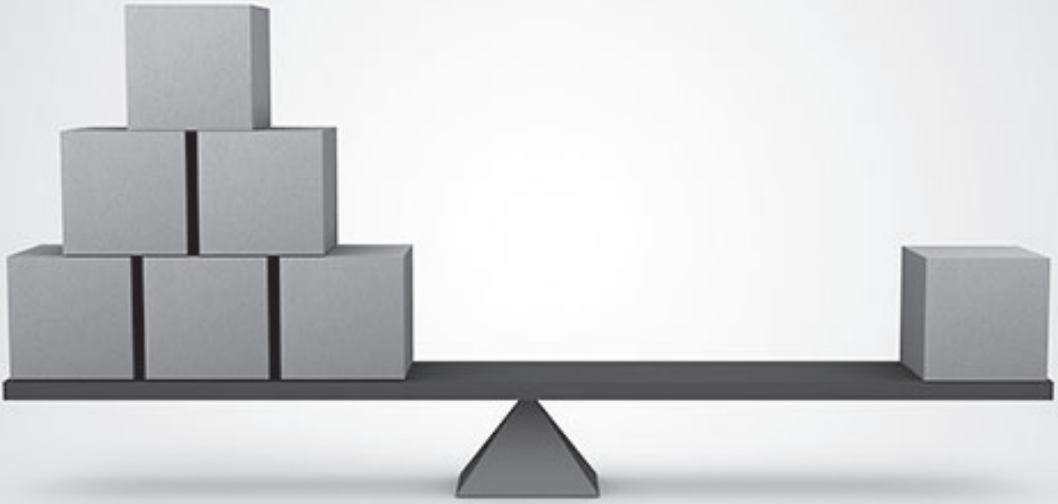
La tercera parte es muy especial, pues presenta nuevos paradigmas en la arquitectura e ingeniería con una visión muy global. Este apartado puede dar luces sobre cómo será el futuro de estas ciencias, cómo se debe planificar y cómo se debe innovar en cosas que aparentemente han llegado a su cumbre. Es importante destacar en esta parte la participación de Manuel Ludueña, Arquitecto de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, donde expone una temática técnica agrupada por los problemas sociales y cómo, conjuntamente, se pueden buscar soluciones que respondan a las necesidades de las personas, pero de manera sostenible. Así, las investigaciones de esta sección tienen una estrecha relación con los ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. ODS 12: Producción y consumo responsable. ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

Finalmente, la IV parte del libro, cierra con el factor económico. Este es importante debido a que la misma palabra sostenibilidad trae implícito lo monetario; en los dos capítulos se pueden observar cómo la obtención de ganancias monetarias puede hacerse sin dejar de lado la protección de los recursos naturales. Asimismo, cómo la inversión puede hacerse de manera más efectiva si los temas ambientales están involucrados en las empresas. En este caso, los

capítulos atienden a los ODS 10: Reducción de las desigualdades.
ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.

Es importante destacar que con este libro de la colección Temas Ambientales de la Facultad de Ingeniería Ambiental, pretendemos seguir abriendo las puertas al planteamiento de investigaciones en temas ambientales, dándole el espacio a resultados tangibles y novedosos, y siempre de la mano la rigurosidad científica como piedra angular de nuestra labor. Esperamos disfruten la lectura de esta propuesta.

Pedro Mauricio Acosta Castellanos
Hugo Fernando Guerrero Sierra
Camilo Lesmes Fabián



PARTE I

ODS 1: Fin de la pobreza.

ODS 2: Hambre Cero.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.

ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas.

CAPÍTULO 1: “El Jardín de Michuá” Ejemplo de Nueva Ruralidad para la Recuperación, Preservación y Consolidación de los Valores Culturales y Ambientales en la Zona de Influencia de la Vereda el Resguardo del Municipio de Chiquinquirá – Boyacá – Colombia.

Alejandra Castro Ortegón¹
Daniel Castro Ortegón²
Pedro Mauricio Acosta Castellanos³

Resumen

“El Jardín de Michuá” nace como una propuesta de valor, oferente de productos y servicios propios del que hacer de una granja boyacense con altos estándares de calidad, enmarcado en un contexto cultural, ambiental, productivo, tecnológico, de desarrollo sostenible y de emprendimiento en el municipio de Chiquinquirá-Boyacá; está encaminada a incentivar el turismo agrícola para dar a conocer las actividades propias de una granja de la zona pero sin dejar de lado el uso eficiente de los recursos naturales y enmarcado en un

1 Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. yuddy.castro@usantoto.edu.co

2 Docente de la Facultad de Biología. Universidad El Bosque. dcastroo@unbosque.edu.co

3 Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. pedro.acosta@usantoto.edu.co

contexto de saberes y tradiciones culturales tanto ancestrales como campesinas y con impactos ambientales positivos sobre la zona de influencia directa del proyecto.

Introducción

Los seres humanos poseen un nivel de adaptabilidad alto, y es en estos procesos, donde se hace necesario hacer frente a las tensiones medioambientales que implican una interrelación entre la biología y la cultura debido a sus capacidades propias de aprendizaje, pensamiento simbólico, uso del lenguaje, empleo de herramientas y otra serie de rasgos de orden cultural como: la comunicación, la conciencia moral, la mitología, la religión, sistemas políticos, sistemas económicos, el aprendizaje colectivo y el intercambio cultural, que en conjunto le permiten al hombre organizar su vida y adaptarse al entorno. La gente comparte en sociedad y es la cultura lo que genera distinciones entre los seres humanos. Se entiende a la cultura como tradiciones y costumbres propias transmitidas mediante el aprendizaje, las cuales rigen las creencias y el comportamiento de las personas expuestas a ella, las tradiciones culturales incluyen en la forma de vida y opiniones desarrolladas a lo largo de generaciones, sobre lo que es un comportamiento adecuado o inadecuado; así la cultura genera una serie de constantes en el pensamiento y el comportamiento de la sociedad (Kottak, 2000).

La sociedad genera una recopilación de elementos culturales tales como bienes materiales, experiencias e ideas que con el paso de los años han hecho suyos, actualmente las poblaciones practican muchas de las características culturales, pero de igual manera han dejado perder muchas otras, perdiendo vigor y pasando a formar parte de la historia o del olvido. El patrimonio cultural intangible o cultura viva se ha convertido en el mayor motivador de viaje; así el turismo si es gestionado y desarrollado de forma sostenible puede convertirse en un medio para dar a conocer, compartir, revalorizar, poner en práctica y transmitir a las generaciones futuras expresiones y características culturales propias que se han perdido. Entendiendo entonces, el Desarrollo Sostenible, como la sumatoria

de crecimiento más bienestar, donde el crecimiento del producto interno bruto, como el desarrollo social, deben lograr un equilibrio para obtener soluciones frente a los problemas ecológicos, políticos y sociales que se presentan en la actualidad, en conjunto con la función reguladora del Estado. Cuando existe un desequilibrio entre estas dos variables, se considera un funcionamiento inoperante e ineficaz, el cual implica generar nuevas alternativas con nuevas perspectivas, para así lograr una cohesión desde la producción económica, la educación, la política, el ambiente y la sociedad a partir de su cultura. En este sentido, una organización, que se dedique al turismo sostenible debe generar una sinergia y perfecta combinación entre cada uno de los elementos que en él confluyen con el fin de maximizar los beneficios sociales y económicos de la comunidad local, así como la conservación el patrimonio cultural y ambiental, minimizando los impactos negativos que la práctica del turismo pueda generar.

Se propone un modelo de desarrollo sostenible, integrado con las problemáticas desde el Estado, es decir políticas públicas y demás temas inclusivos que afectan al campesinado boyacense. Se estructura un modelo para conseguir transformaciones en el campo a través del turismo, enmarcado en las políticas públicas existentes, y nuevos métodos innovadores que ayuden a explicar los cambios ambientales, pérdida de la identidad cultural, el olvido de las costumbres, el desarraigo, la disminución de la población joven rural y el desinterés por las actividades agrícolas (Guerrero, Vega, & Acosta, 2018).

Para esto se emplea el concepto teórico-metodológico de nueva ruralidad, a partir de las siguientes premisas:

Cambios en los ingresos de la población rural a partir de la integración de los bienes y servicios rurales con los mercados urbanos y más allá con el mercado global. La eficacia de su aplicación se analiza en términos del uso sostenible de los recursos y la preservación de las relaciones sociales: (trabajo comunitario, protección de intereses comunes, asistencia mutua, respeto de los derechos individuales, derechos de

la naturaleza). La multifuncionalidad de la agricultura se refiere a el complejo de productos, servicios y fenómenos directos e indirectos creados por las actividades que tiene influencia directa en la economía y la vida de los habitantes del campo.

(Czerny & Ciro Alfonso Serna, 2017).

Se formula una actividad económica rural y de desarrollo sostenible para el Departamento de Boyacá, en la zona periférica El Resguardo del Municipio de Chiquinquirá, todo esto direccionado desde la cultura; esta ciudad se ha establecido como cabecera municipal de la región de occidente del departamento, tradicionalmente sus actividades económicas han sido de orden agropecuario, la ganadería y los cultivos de papa, maíz, zanahoria y cebolla son las principales fuentes de trabajo de la zona. La puesta en marcha de todas estas actividades en conjunto sin ningún tipo de control y fuera de las condiciones establecidas por buenas prácticas agrícolas ha desencadenado un desequilibrio ambiental que ha llevado a la zona a sufrir de veranos e inviernos muy fuertes y prolongados generando alteraciones en los ciclos naturales y en consecuencia cuantiosas pérdidas económicas además de la desproporción en la distribución del dinero en la población (Gobernación de Boyacá, 2017).

El turismo se define como un servicio en el cual interactúan factores como la demanda, la oferta, el espacio geográfico y los operadores de mercado; esta actividad genera ingresos tanto directos como indirectos y muchas veces llega a ser determinante para alcanzar un crecimiento económico en el lugar donde se practica. Para evitar los riesgos inminentes que se pueden presentar en los recursos y riquezas tanto ambientales, culturales y económicas, es necesario establecer prácticas de turismo que tengan como propósito satisfacer las necesidades del presente sin llegar a comprometer las condiciones de las generaciones futuras (World Tourism Organization, 2017). “El Jardín de Michuá” se propone como una alternativa de solución a los fenómenos previamente señalados, visualizado como un modelo de gestión empresarial ambiental, direccionado a

constituirse como un prestador de servicios, oferente de productos de orden turístico con altos estándares de calidad, enmarcado en un contexto cultural, ambiental, productivo, tecnológico, de desarrollo sostenible y de emprendimiento en el municipio de Chiquinquirá – Boyacá, entendido como un modelo de nueva ruralidad donde se espera propiciar cambios a diferentes niveles; en primer lugar, a nivel familiar potenciando la actividad económica actual de los pequeños campesinos pasando de una ganadería y agricultura tradicional, al incremento de usos con la prestación de servicios y oferta de productos de diferente clase, sumado a la contribución en la recuperación y conservación tanto de los valores culturales de la región como del patrimonio ambiental de la zona de influencia del proyecto. Desde la gestión empresarial ambiental, se pretende incentivar el turismo rural sostenible, generando una sinergia entre cada uno de los subsistemas en este proceso productivo con el fin de maximizar los beneficios sociales, económicos y ambientales, “El Jardín de Michuá” ofertará productos y servicios sostenibles propios de una granja boyacense, las actividades de orden turístico estarán enmarcadas en la recopilación de los valores y costumbres ancestrales tanto campesinas como de las culturas indígenas que habitaron este territorio. En este sentido pasaría de ser una actividad económica desarrollada en un entorno deteriorado ambientalmente, habitado por personas desconocedoras de sus raíces etnográficas y carentes de oportunidades de crecimiento, a ser un emprendimiento innovador, viable económicamente y desarrollado en armonía con el entorno ambiental, generando apropiación de los valores culturales logrando así crear sentido de pertenencia e identificación con el espacio de las personas que habitan la región porque han logrado conseguir una oportunidad de crecimiento y desarrollo.

1. Antecedentes

El occidente de Boyacá está conformado por los municipios de: Chiquinquirá denominada como la Capital de la provincia, Coper, Tunungua, Maripí, Muzo, Otanche, Quípama, San Pablo de Borbur, Buenavista, Saboyá, Pauna, San Miguel de Sema, La Victoria, Caldas y Briceño, además las cuencas del Río Minero y Carare que tributan

al área Protegida de la Serranía de las Quinchas, zona estratégica donde inicia el Valle del Magdalena Medio (Gobernación de Boyacá, 2016).

El relieve de la zona presenta gran complejidad, generando un clima variado y un alto nivel de precipitaciones en temporadas de lluvias lo que incrementa el riesgo de remoción en masa; por otro lado, los suelos configurados mayoritariamente en laderas, cubiertos por pastos en regular estado de tecnificación, tierras desocupadas y cultivos propios de la región.

La región del Occidente de Boyacá representa con un área aproximada de dos mil cincuenta y seis kilómetros cuadrados, cuya población equivale a un pequeño porcentaje de la población total del departamento. Se ha establecido que factores como la poca presencia del Estado, la falta de conectividad, las externalidades a causa de la explotación minera y sus efectos negativos en las dinámicas sociales generando fenómenos de violencia, denotan esta zona como deprimida demográficamente. (Beland, 2013). En esta zona del departamento son cuatro municipios especializados en la producción lechera: Chiquinquirá, Saboyá, San Miguel de Sema y Caldas, alcanzando un volumen de 700.000 litros diarios gracias a los aproximadamente 50.000 bovinos dedicados a esta labor, tal como puede verse en la tabla uno la cual expone el comportamiento del sector lechero.

Tabla 1. Comportamiento del sector lechero

<i>Producción y venta de leche, litros/día.</i>	<i>Colombia</i>	<i>Boyacá</i>	<i>Participación %</i>
Total, litros de leche producida	12.985.016	1.497.697	11.5
Ventas	10.601.204	1.290.842	12.2
Industria	6.656.984	677.350	10.2

Intermediarios	3.459.639	585.016	16.9
Otros	484.581	28.276	5.9
Autoconsumo	1.125.858	119.152	10.6
Procesada	1.257.954	87.703	7.0

Fuente: *Pineda, 2013.*

Yovani Vela, secretario del movimiento Dignidad Agropecuaria afirma:

Colombia estima su producción lechera anual en 7.000.000.000 de litros aproximadamente; según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) el consumo per cápita se estima en 142 litros años, si la población total del país se estima en 44.000.000, la demanda de leche anual será de 6.500.000.000 de litros; evidenciando que la producción de leche colombiana satisface la demanda interna del país, con 500.000 litros de superávit

(Producción lechera en Boyacá y en Colombia tiende a desaparecer, 2013).

Por otra parte, el plan de desarrollo municipal de Chiquinquirá 2016 - 2019 en cuanto al turismo, establece que el municipio es reconocido por el Santuario de la Virgen del Rosario, declarada como capital religiosa de Colombia, promoviendo de esta manera el turismo de orden religioso. En lenguaje chibcha, el nombre del municipio hace alusión a “tierra de nieblas y pantanos”, se resalta la arquitectura colonial y belleza paisajística, teniendo como principal atractivo la Basílica de Chiquinquirá (Nuestra Señora del Rosario de Chiquinquirá, 2019).

La política pública de turismo para el departamento de Boyacá, institucionalizada por medio de la ordenanza 001 de 2015, estableció que para el año 2025 Boyacá será reconocido como líder

en el desarrollo turístico sostenible (conservación del patrimonio cultural y natural), con acciones orientadas a la protección del medio ambiente, a la promoción, formación y generación de oportunidades para el bienestar de la comunidad boyacense; estableciendo como objetivo general de la política pública de turismo del departamento de Boyacá el direccionamiento y regulación del turismo sostenible para lograr el posicionamiento y la competitividad en el sector, y en el que se proponen los siguiente objetivos específicos: 1) Direccionar y regular la actividad turística del departamento, implementando lineamientos estratégicos y acciones dirigidas para hacer de Boyacá un destino turístico responsable y de clase mundial. 2) Articular las actividades turísticas del departamento con las administraciones departamentales y municipales, gremios, academia, prestadoras de servicios turísticos y comunidad, buscando el desarrollo sostenible y competitivo del sector. 3) Impulsar el turismo sostenible a través de productos que diversifiquen la oferta turística a fin de ser potencialmente competitivos con énfasis en turismo Cultural y de Naturaleza 4) Fomentar la cultura turística a los prestadores de servicios turísticos y a la comunidad en general para mejorar la calidad del servicio turístico a través de la sensibilización, formación y capacitación turística. 5) Posicionar la permanencia de la marca región de turismo a partir de la implementación de la política pública proyectada a 10 años. 6) Dar territorialidad económica al turismo garantizando el presupuesto departamental para el desarrollo de los lineamientos estratégicos y sus correspondientes acciones (Secretaría de Cultura y Turismo de Boyacá, 2015).

En este orden de ideas “El Jardín de Michuá” surge como una iniciativa sostenible, que busca recopilar y potencializar el patrimonio cultural y ambiental de la zona de influencia de la Vereda El Resguardo del Municipio de Chiquinquirá – Boyacá, generando un modelo de Nueva Ruralidad y de gestión empresarial y ambiental que pueda ser replicado en la zona a través de procesos de cooperatividad, generando nuevas alternativas y diversificación de actividades económicas para la región, la conservación de las costumbres y activos culturales, enmarcado en la recuperación y preservación de los bienes y servicios ecosistémicos.

2. Materiales y Métodos

Enfoque metodológico

La investigación es de carácter exploratorio – descriptivo.

Métodos y herramientas

Para el desarrollo de los objetivos propuestos se utilizaron las siguientes herramientas o métodos:

1. Contextualización cultural, ambiental, económica, social y geo política de la región.
2. Análisis de involucrados, productos a considerar en la propuesta de valor, definición del mercado meta, línea base turística.
3. Análisis PESTEL, análisis de las fuerzas competitivas, Mastering the Management System, la gota de miel, misión, visión, valores corporativos, estructura organizacional, sistema de gestión ambiental de la organización productiva.
4. Descripción de escenarios futuros, planeación de escenarios futuros, planeación de la estrategia y la definición de los objetivos de la estrategia.
5. Precio de venta de cada uno de los productos, simulación de ventas anuales, simulación de producción, gastos, pagos, inversiones y préstamo, TIR y flujo de caja, análisis financiero por fase de ejecución

Se requiere volver la mirada a la cultura, puesto que es el desarraigo, el desconocimiento de los valores ancestrales y culturales lo que ha

tenido como consecuencia el uso desmedido y voraz del ambiente, solo con el propósito de acrecentar fortunas sin ningún sentido para el ser y el ambiente (Kottak, 2000). Los procesos de aculturación, entendidos como la recepción y adopción de características de otra cultura y la consecuente pérdida de la cultura propia, vienen acelerados en la actualidad (Ferrer, Palacio, Hoyos, & Madariaga, 2014).

La globalización constituida como elemento transformador de las dinámicas actuales de la sociedad, mediada por las nuevas tecnologías de comunicación e información, “tiene la capacidad de funcionar cotidianamente como una unidad en tiempo y espacio en un ámbito planetario”; aunque la economía es el núcleo principal que ha permitido la globalización, son múltiples las actividades que se han visto impactadas por mencionado fenómeno, sea ejemplo, la ciencia, la tecnología, los medios de comunicación, los servicios financieros, el arte, el turismo, entre otros (Serrano, 2001). En la medida que las nuevas generaciones se aproximan a estilos de vida diferentes de los propios, a actividades y demás manifestaciones de la sociedad, tienden a adoptar dicho comportamiento solo porque es necesario llenar el espacio que requiere toda persona para saber quién es y de dónde es, la necesidad de sentirse reconocido y ser partícipe de un grupo social; de igual manera, sumado a lo anterior está el desconocimiento de los valores culturales propios ya sea porque las generaciones anteriores no lo han conocido o porque sencillamente no lo consideran como elemento esencial de su vida, por otra parte, el patrimonio cultural tampoco ha sido considerado como parte de los activos con los que cuenta la sociedad y los territorios lo que ha acrecentado la necesidad de buscar otras actividades de orden económico.

Lo primero será ilustrar porqué se denomina “El Jardín de Michuá”. Como es sabido, la cultura muisca se estableció en el territorio del altiplano Cundiboyacense organizada en dos confederaciones, la del norte y la del sur y cada jefe de las confederaciones recibía el título honorífico de Zaque y Zipa respectivamente, Michuá fue

Zaque de Hunza (actualmente denominada Tunja) cuando se fracturó la unidad política muisca que se había instaurado con Huarahua (otro Zaque previo a Michuá). Por otra parte, se llama jardín porque se espera incrementar las especies nativas florales, arbustivas y arbóreas, motivo por el cual la mayor cantidad de área del lugar estará cubierto por las mismas y se conformará un bosque con las especies propias de la zona, generando así un cambio en el paisaje aumentando el área con cobertura vegetal boscosa que ayudará a las especies del lugar.

En este sentido los visitantes del “jardín de Michuá” recibirán todo el servicio que un Zaque se merece, en un entorno natural y de contacto con las prácticas indígenas culturales de los Muisca y campesinas agrícolas de la región. Dentro de las actividades de la Ecogranja está la generación de tecnología para aplicar a las actividades agrícolas de la zona y así reducir el impacto ambiental de otras actividades económicas; del mismo modo se espera generar empleo a las personas del lugar de tal manera que al paso del tiempo se haya creado un talento humano capacitado para hacer parte de la ecogranja. Las actividades de orden turístico estarán enmarcadas en la recopilación de los valores y costumbres ancestrales tanto campesinas como de las culturas indígenas que habitaban este territorio hace mucho tiempo.

En este sentido pasaría de ser una actividad económica desarrollada en un entorno deteriorado ambientalmente, habitado por personas desconocedoras de sus raíces etnográficas y carentes de oportunidades de crecimiento, a ser una propuesta de desarrollo rural diferente al tradicional, viable económicamente y desarrollado en armonía con el entorno ambiental, generando apropiación de los valores culturales logrando así crear sentido de pertenencia e identificación con el espacio de las personas que habitan la región porque han logrado conseguir una oportunidad de crecimiento y desarrollo; todo esto organizado bajo los ordenamientos y políticas públicas que estén encaminadas a potencializar el turismo.

3. Resultados

Propuesta de Valor. “El Jardín de Michuá”

Figura 1. Logo de “El Jardín de Michuá”



Es un proyecto que integra diferentes elementos del entorno (culturales, ambientales, sociales, económicos y políticos), ofrecerá a sus clientes productos y servicios. En cuanto a productos se refiere, proveerá los obtenidos de procesos agrícolas de la zona de influencia del proyecto. En cuanto a los servicios, estarán enmarcadas en servicios turísticos, educativos, de ocio y recreación. Para su constitución se determinaron una serie de aspectos a tener en cuenta, con el fin de analizar cada uno de los elementos que hacen parte de la interacción organizacional dentro de un sistema productivo:

Figura 2. La Gota de Miel



Razón de Ser: Organización dedicada a ofrecer productos y servicios Ecoturísticos en el Municipio de Chiquinquirá, encaminada a incentivar el turismo rural, para permitir a los visitantes experimentar las actividades propias de una granja boyacenses y los saberes campesinos tradicionales; busca recuperar los valores culturales de la comunidad chibcha que habitó por mucho tiempo el altiplano Cundiboyacense; se incorporará al paisaje de la región generando el mayor impacto social positivo y el menor impacto negativo en términos ambientales. Para lograrlo se propone desarrollar todas sus actividades con altos estándares de calidad y supliendo servicios de hotelería, alimentación y educación ambiental.

3.1 Estructura Organizacional

Se establece una estructura jerárquica basada en el desarrollo de los procesos propios de una granja, buscando la interacción e interdependencia de flujos entre cada proceso llevado a cabo al interior de la organización.

3.2 Enfoque Psico Social

El "Jardín de Michuá" busca la generación de empleo y como política de contratación prefiere las personas que están ubicadas en la ciudad de Chiquinquirá y particularmente aquellas que habitan la vereda donde se encuentra ubicada la finca; esto con el propósito de impactar positivamente la comunidad donde la empresa tiene una influencia directa.

3.3 Enfoque Tecnológico

Se propone la implementación de energías alternativas para la operación de parte de la maquinaria que se utilice en la ecogranja. Por otra parte, procura la implementación de tecnología en sus procesos productivos agropecuarios. Como la cosecha automatizada de polen.

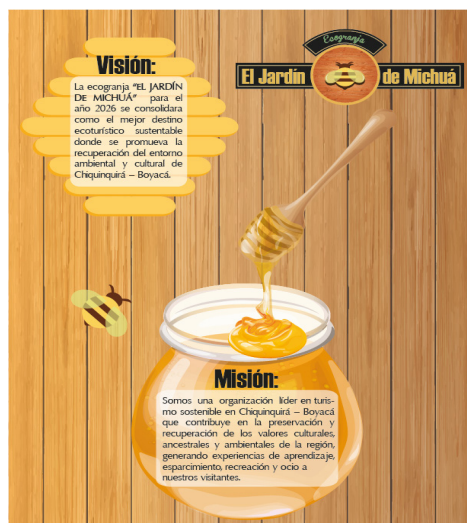
3.4 Entropía

La organización se caracteriza por guardar una estrecha relación entre los procesos que desarrolla, toda vez que los productos que alimentan el restaurante se obtienen de las labores de la granja, las visitas guiadas y los planes de educación ambiental se hacen sobre las actividades de la granja, y en general todas las actividades están dependiendo unas de las otras. Por este motivo, aunque existen demasiados factores que atentan contra la estabilidad de los procesos, en general toda la empresa guarda estrecha relación para mantener su equilibrio general.

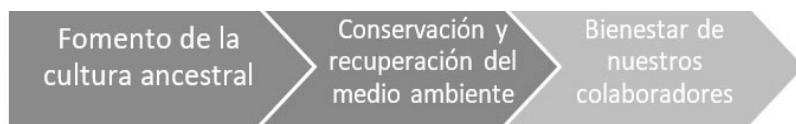
3.5 Valor Agregado

La ventaja competitiva gira en torno al manejo y el contexto ambiental en el que se desarrolla la empresa. Los productos que se venden son orgánicos. Los servicios de Hotelería y Turismo (H&T) recuperan los valores culturales ancestrales de la comunidad chibcha o muisca, contarán con energías alternativas que minimizan su impacto y además mecanismos de aprovechamiento de residuos sólidos.

Figura 3. Misión y Visión Organizacional



El "Jardín de Michuá" trabajará bajo los siguientes valores corporativos:



4. Oferta de Bienes YyServicios

Tabla 2. Oferta de Bienes y Servicios.

Oferta de Bienes y Servicios		
Productos	Colmena	<ol style="list-style-type: none"> 1. Miel 2. Polen 3. Cera 4. Propóleo 5. Jalea real 6. Insumos para colmenas 7. Colmenas para la venta 8. Abejas
	Lácteos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leche 2. Quesos 3. Yogurt 4. Mantequilla 5. Kumis 6. Crema de leche 7. Postres
	Biodiversidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esquejes o plántulas de plantas florales de la zona 2. Artículos de la ecogranja: 3. Camisetas 4. Gorras 5. Suvenires 6. Accesorios ecuestres

Servicios Turísticos	Hospedaje	<ol style="list-style-type: none"> 1. Casa 2. Cabaña real 3. Cabaña Obreras 4. Cabaña Zánganos
	Alimentación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restaurante salón de eventos 2. Café – pub
Descripción de Productos y Servicios	Experiencias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Campesino por un día 2. Ganadero por un día 3. Apicultor por un día
	Tours	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tour apícola (visita al apicultivo y revisar una caja) 2. Tour lácteo (comparación en los sistemas de producción láctea pequeño, mediano y grande producto) 3. Tour equino (visita a los ejemplares de la zona, caballos de paso fino colombiano, trocha, trote galope. Caballos de tiro pesado) 4. Tour agropecuario (visita diferentes sistemas productivos de la región) 5. Tour “verde esmeralda” (occidente de Boyacá minas de esmeralda) 6. Tour religioso (visita a los principales templos, museos e iglesias católicas) 7. Tour “muisca” (centro de Boyacá, pueblos ancestrales) 8. Tour cultural (centros culturales de la ciudad)

	Caminatas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caminata por la ecogranja 2. Visita al vivero y orquideario 3. Avistamiento de aves de la zona 4. Caminata ecológica - trekking senderismo por las montañas de la zona
	Cabalgatas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cabalgata por la ecogranja (paseo de 1 hora) 2. Cabalgata por la vereda resguardo. paseo todo el día salida en la madrugada y amanecer en las montañas de la región, con almuerzo en el campo y retorno al atardecer 3. Paseo en carruaje por la ecogranja.
	Culturales y Educativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inducción a las disciplinas ecuestres para menores de 10 años. 2. Clases de chalanería. 3. Clase de cuidado y preparación de equinos para feria. 4. Curso teórico práctico de producción apícola 5. Curso teórico práctico de saberes y prácticas culturales agrícolas 6. Curso teórico práctico de tecnologías agrícolas 7. Charlas vivenciales de la biodiversidad del bosque alto andino 8. Danzas típicas de la región 9. Obras teatrales de escenificación ancestral

	Recorridos para instituciones educativas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recorrido por la ecogranja 2. Producción apícola 3. Manejo adecuado del recurso agua 4. Tecnificación agrícola
	Spa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Masaje melífero relajantes 2. Masaje apitermoreductor 3. Masaje chocolaterapia 4. Mascarilla de minerales 5. Baño turco indígena con plantas aromáticas de la región.

Luego de determinar las condiciones de cada uno de los productos y servicios ecoturísticos que se ofrecerán en el "Jardín de Michuá" se considera el mercado meta y las condiciones de los posibles interesados en visitar la organización. Los compradores de los servicios que ofrece "El Jardín de Michuá" son personas que están en la disposición de pagar por recibir a cambio confort, seguridad, tranquilidad, educación y un servicio de calidad. El mercado objetivo, está dividido en cuatro segmentos del mercado:

S1. Grupo de personas mayor de 30, con intereses de descanso, relajación tranquilidad y contenido.

S2. Grupo de personas con deseo de experimentar aventuras.

S3. Grupo de personas con actividades académicas o escolares, con intereses agrícolas y pecuarios en sistemas de producción andino.

S4. Personas locales en busca de un espacio para pasar un momento de relajación, alimentación o capacitación.

5. Sistema de Gestión Empresarial de la Organización Productiva

Tabla 3. Descripción del Sistema de Gestión Empresarial (SGE) de la Organización Productiva.

Departamento	Funciones
Gerencia General	Liderar la gestión estratégica Liderar la formulación y aplicación del plan de negocios Actuar en coherencia con los valores organizacionales
Talento Humano	Organización y planificación del recurso humano. Reclutamiento Selección Planes de carrera y Relaciones laborales
Investigación y desarrollo	Promueve actividades de investigación, desarrollo e innovación en la organización Promueve la publicación de investigaciones, la difusión y el registro de patentes, como resultado de los trabajos de investigación, desarrollo e innovación avalados por la organización.
Mercadeo	Opera el mercado desde la óptica del cliente (orientación al mercado). Investigación permanente: hábito del consumidor, competencia, productos y mercados. Logística de distribución
Producción	Análisis y control de lo que se fabrica. Medición del trabajo. Formas de trabajar. Higiene y seguridad industrial. Control de la producción y de los inventarios. Control de Calidad.

Instituciones de Servicio	Aseguramiento de la calidad Aseguramiento logístico Aseguramiento de procesos
Ventas y compras	Adquisición de materiales Evaluar el precio Documentación y contabilidad Cumplimiento de la política empresarial
Finanzas	Buscar opciones de inversión con las que pueda contar la empresa, opciones tales como la creación de nuevos productos, adquisición de activos, ampliación del local, compra de títulos o acciones, etc. Seleccionar la más conveniente para la organización.
Comunicación	Relación con inversionistas: Aquí las funciones se basan en la Comunicación Financiera y el seguimiento del contexto social y geopolítico.
Bienestar y cultura	Identificar los actos culturales más adecuados para las actividades de la organización Investigar, documentar los diferentes elementos del entorno cultural de la organización.

6. Planeación prospectiva estratégica para el "Jardín de Michuá"

La planeación estratégica se define como el arte de formular, implementar y evaluar una serie de decisiones interfuncionales que permiten llevar a cabo sus objetivos a largo plazo, así como la elección de las actividades y los recursos que le permitirán a la organización alcanzarlos. Se busca, desde un análisis prospectivo (conjunto de imágenes del futuro) que el "Jardín de Michuá" seleccione de manera informada sus objetivos futuros y a partir de esto, plantee las estrategias que lo llevarán al cumplimiento de los mismos; la integración de prospectiva, estrategia y planeación estará encaminada hacia un futuro deseado partiendo de la estructuración de un objetivo en particular, la formulación de los

medios para evitar que los supuestos no deseados se conviertan en realidad y alcanzando de esta manera una flexibilidad estratégica que promueva en la organización una capacidad de respuesta para reducir el grado de incertidumbre (Baena, 2015).

Todo fenómeno complejo tiene una multiplicidad de escenarios probables, deseables e indeseables, con similar probabilidad de ocurrencia; pensar escenarios lleva a la reflexión a partir de múltiples puntos de vista, desde la interpretación de señales (cambios, crisis, complejidad, caos, contradicciones, tendencias) hasta la visualización del futuro antes de que el evento suceda.

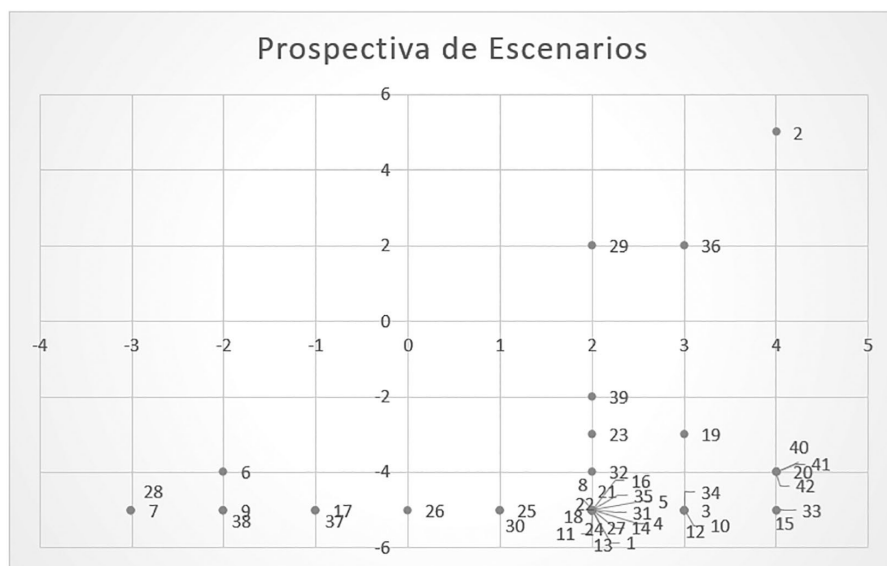
Tabla 4. Escenarios Futuros.

<i>Escenario</i>	<i>Probable</i>	<i>Deseable</i>
Quiebra de la organización	2	-5
Éxito de la organización	4	5
Resistencia al cambio por parte de las personas de la región	3	-5
Baja moral en el equipo, desmotivación del personal (mal clima laboral)	2	-5
Cambios en las prioridades de los interesados	2	-5
Pérdida de personal clave	-2	-4
Equipo no apto para ejecutar las tareas (falta de capacitación)	-3	-5
Proveedores poco confiables	2	-5
Falta de competencia a nivel tecnológico	-2	-5
Fallas en el suministro de servicios públicos	3	-5
Falta de incentivos al personal	2	-5
Falla en los procesos de comunicación dentro de la organización	3	-5

Falta de estrategias de publicidad y mercadeo	2	-5
No se genera innovación	2	-5
Recorte presupuestal	4	-5
Inadecuada distribución de los recursos	2	-5
Fallas en el control de los procesos claves	-1	-5
Demora en la toma de decisiones	2	-5
Reestructuración de la organización	3	-3
Generación de nuevos competidores	4	-4
Clientes no fidelizados con la organización	2	-5
Disminución de clientes	2	-5
incertidumbre en las fuentes de financiación	2	-3
Catástrofes naturales (incendios, inundaciones, avalanchas, heladas)	2	-5
Inseguridad en la zona de influencia del proyecto	1	-5
Restricciones de movilidad	0	-5
Muerte de los animales	2	-5
Disminución de la promoción turística del departamento	-3	-5
Cambios en los planes de desarrollo de la región	2	2
falta de incentivos monetarios para el desarrollo rural y de orden turístico	1	-5
Aumento en las tasas de interés	2	-5
Cambios en los precios de los impuestos y servicios públicos	2	-4
Falla en la regulación de las actividades agrícolas colindantes	4	-5

Decaimiento del sector turístico a nivel nacional e internacional	3	-5
Aumento del terrorismo a nivel mundial	2	-5
Incremento de usuarios asociados al uso del recurso hídrico	3	2
Disminución en tendencias del turismo ecológico	-1	-5
Pérdida de la biodiversidad	-2	-5
Alteraciones en las tasas de cambio	2	-2
Olvido de las costumbres de la región	4	-4
Cambios culturales	4	-4
Falta de identidad cultural	4	-4

Figura 4. Prospectiva de Escenarios.



La planeación de escenarios permite establecer estrategias basadas en la incertidumbre, creando una cultura orientada al cambio a partir de aspectos como: considerar elementos que a largo plazo darán respuesta a los eventos futuros, fortalecer las competencias en

planeación en incertidumbre, analizar los efectos generados por los cambios organizacionales, incrementar la habilidad de respuesta e identificar oportunidades (Conill, Hernández & Chumaceiro, 2011).

Tabla 5. Planeación de Escenarios.

Misión: Somos una organización líder en turismo sostenible en Chiquinquirá – Boyacá que contribuye en la preservación y recuperación de los valores culturales, ancestrales y ambientales de la región, generando experiencias de aprendizaje, esparcimiento, recreación y ocio a nuestros visitantes.

<i>Escenario</i>

Resistencia al cambio por parte de las personas de la región. Baja moral en el equipo, desmotivación del personal (mal clima laboral). Cambios en las prioridades de los interesados. Pérdida de personal clave. Equipo no apto para ejecutar las tareas (falta de capacitación). Falta de incentivos al personal. Falla en los procesos de comunicación dentro de la organización. Demora en la toma de decisiones. Reestructuración de la organización. Catástrofes naturales (incendios, inundaciones, avalanchas, heladas) Muerte de los animales. Falta de incentivos monetarios para el desarrollo rural y de orden turístico. Aumento de incentivos monetarios para el desarrollo rural y de orden turístico. Falla en la regulación de las actividades agrícolas colindantes. Incremento de usuarios asociados al uso del recurso hídrico. Aumento en tendencias del turismo ecológico. Disminución en tendencias del turismo ecológico. Pérdida de la biodiversidad. Olvido de las costumbres de la región.
--

Resistencia al cambio por parte de las personas de la región
Cambios culturales
Falta de identidad cultural

Visión: La ecogranja “EL JARDÍN DE MICHUÁ” para el año 2026 se consolidará como el mejor destino eco turístico sustentable donde se promueva la recuperación del entorno ambiental y cultural de Chiquinquirá – Boyacá.

La Estrategia

Con la prospectiva se espera considerar las alternativas del futuro que puede tener la organización, la estrategia expone entonces como se construirá el futuro que se espera más conveniente para el "Jardín de Michuá".

Figura 5. Planeación de la Estrategia



Tabla 6. Descripción de las estrategias.

Estrategia	Ejes	Objetivos del Eje	Entregables
Estrategia para el aprovechamiento de la oferta turística actual de la región para la conservación de los valores culturales ancestrales.	Fomento de las prácticas culturales y fortalecimiento de la identidad cultural boyacense.	Fomentar las prácticas culturales ancestrales en las personas ubicadas en la zona de influencia del proyecto y darlas a conocer a los clientes del proyecto además de fortalecer la identidad cultural de las personas ubicadas en la zona de influencia del proyecto.	Matriz de interesados, lista de contactos, análisis de los interesados, plan de hitos.
Estrategia de aprovechamiento de la oferta ambiental local para el fortalecimiento turístico de la zona.	Identificación de activos ambientales potencialmente turísticos.	Identificar los activos ambientales locales, a fin de incorporarlos al clúster de turismo de la región.	Matriz de interesados, lista de contactos, análisis de los interesados, plan de hitos.
	Identificación de servicios ambientales que puedan ser incorporados al clúster de turismo o al proyecto.	Identificar los servicios ambientales del bosque alto andino y seleccionar aquellos que pueden ser incorporados a la cadena de valor turística de la zona	
	Incremento de la biodiversidad propia del ecosistema de la zona de influencia del proyecto.	Incrementar la biodiversidad de especies presentes en la zona de influencia del proyecto, por medio de la incorporación de especies de flora típicas del bosque altoandino.	

Estrategia para la consolidación de la calidad del talento humano de los colaboradores de la organización.	Mejoramiento de la comunicación.	Formular un plan de comunicación apto para las condiciones propias de la organización.	Matriz de interesados, lista de contactos, análisis de los interesados, plan de hitos.
	Plan de gestión del talento humano.	Establecer un plan de gestión del talento humano con el fin de generar las mejores condiciones de trabajo.	

Estrategia para el aprovechamiento de la oferta turística actual de la región para la conservación de los valores culturales ancestrales. Esta estrategia tiene como objetivo fomentar las prácticas culturales ancestrales en las personas ubicadas en la zona de influencia del proyecto y darlas a conocer a los clientes del proyecto además de fortalecer la identidad cultural de las personas ubicadas en la zona de influencia del proyecto, logrando constituir elementos como el fomento de las prácticas culturales y fortalecimiento de la identidad cultural boyacense, el perfil del Turista Cultural, el turismo Cultural oportunidad para el desarrollo local, la diversificación del turismo Cultural, el turismo y la cultura como actividad productiva y la innovación turística cultural continua.

A. Estrategia de aprovechamiento de la oferta ambiental local para el fortalecimiento turístico de la zona.

Esta estrategia se fundamenta en identificar los activos ambientales potencialmente turísticos, la identificación de servicios ambientales que puedan ser incorporados al clúster de turismo y el incremento de la biodiversidad propia del ecosistema de la zona de influencia del proyecto, lo cual permitirá la revisión, evaluación y actualización de inventarios y las capacidades de carga, de los recursos y atractivos para el turismo de naturaleza, el Inventario de los Recursos Naturales del Jardín de Michuá, el plan de Manejo de los visitantes, el perfil del Ecoturista y Turista Rural y la valoración de los lugares de interés Ecoturístico.

B. Estrategia para la consolidación de la calidad del talento humano de los colaboradores de la organización.

Esta estrategia permitirá el mejoramiento de la comunicación y la obtención de un plan de gestión del talento humano.

Permitirá entonces el mejoramiento de la comunicación, el análisis de Requisitos, el proceso de Escalamiento, procedimientos Internos, la matriz de Comunicaciones y el plan de Gestión del Talento Humano.

7. Evaluación Financiera de la Propuesta

Se requiere de una evaluación financiera con el fin de determinar la viabilidad del proyecto, en el cual se establezca en el tiempo los costos del proyecto, ingresos e inversiones específicas. En primer lugar, se establecieron los productos y servicios a ofertar en el proyecto, la unidad de medida en que se ofertarán (botella, accesorio, unidad y alquiler) además del precio de venta al público de cada producto y el costo por unidad incluido la materia prima y los insumos. Seguido de un pronóstico de ventas mensuales para el primer año de funcionamiento además del pronóstico para los próximos cinco (5) años tanto en unidades como en pesos colombianos. Por otro lado, se establece la inversión inicial del proyecto por parte del inversionista, contemplando un apalancamiento financiero por 400 millones de pesos a cinco (5) años para dar inicio al proyecto con un monto de 700 millones de pesos: 300 millones del patrimonio del inversionista y 400 millones de préstamo.

Tabla 7. Balance general y Flujo financiero

#	Descripción	Unidad Medida	Precio de Venta	Costo Uni. Mp. E Ins.	Margen Contrib.
1	Miel	Botella	\$15,000.00	\$ 5,000.00	200.0%
2	Polen	Botella	\$12,000.00	\$ 5,000.00	140.0%
3	accesorios	Accesorio	\$5,000.00	\$ 1,000.00	400.0%

4	masajes relajantes	Unidad	\$25,000.00	\$ 2,000.00	1150.0%
5	masajes reductores	Unidad	\$15,000.00	\$ 3,000.00	400.0%
6	mascarillas de miel	Unidad	\$20,000.00	\$ 4,000.00	400.0%
7	mascarilla de chocolate	Unidad	\$15,000.00	\$ 4,000.00	275.0%
8	mascarilla de minerales	Unidad	\$15,000.00	\$ 4,000.00	275.0%
9	baño turco Indígena	Unidad	\$30,000.00	\$ 9,000.00	233.3%
10	clases chalanería	Unidad	\$20,000.00	\$ 4,000.00	400.0%
11	clases equitación	Unidad	\$20,000.00	\$ 4,000.00	400.0%
12	visitas a apicultivo	Unidad	\$40,000.00	\$ 15,000.00	166.7%
13	charlas vivenciales	Unidad	\$5,000.00	\$ 0.00	
14	casa	alquiler	\$900,000.00	\$ 250,000.00	260.0%
15	camping	alquiler	\$15,000.00	\$ 2,000.00	650.0%
16	cabaña 1	alquiler	\$120,000.00	\$ 40,000.00	200.0%
17	cabaña 2	alquiler	\$60,000.00	\$ 20,000.00	200.0%
18	cabaña 3	alquiler	\$40,000.00	\$ 10,000.00	300.0%
19	salón de eventos	alquiler	\$300,000.00	\$ 80,000.00	275.0%
20	Cabalgata	alquiler	\$20,000.00	\$ 10,000.00	100.0%
21	café pub	alquiler	\$2,000,000.00	\$ 600,000.00	233.3%

Detalle de Inversiones en Bienes de Uso	Monto	Vida Útil en Años
1	\$200,000,000	20
2	\$100,000,000	
Total Inversión en Bienes de Uso	\$300,000,000	

El Jardín de Michuá

Activo		Pasivo	
Caja	537,011,106	Proveedores	0
Créditos	0	Sueldos y Cargas	2,700,000
Productos Terminados	220,000	Impuesto a Pagar	18,593,737
Materias Primas	0	Pasivo Corriente	21,293,737
Activo Corriente	537,231,106	Préstamos	368,186,447
		Pasivo No Corriente	368,186,447
		TOTAL PASIVO	389,480,184
		Patrimonio Neto	
Bienes de Uso	300,000,000	Capital	400,000,000
Amortización B. de U.	-10,000,000	Resultado	37,750,922
Activo No Corriente	290,000,000		437,750,922
Total Activo	827,231,106	Total Pasivo + PN	827,231,106

El Jardín de Michuá

Flujo de Fondos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
				296,429,76	
Ingresos por Ventas	187,140,000	205,854,000	247,024,800	0	355,715,712
Egresos por Compras M.P.	51,360,000	56,496,000	67,795,200	81,354,240	97,625,088
Sueldos y Cargas	29,700,000	34,020,000	35,721,000	37,507,050	39,382,403
Otros Gastos de Producción	7,440,000	7,812,000	8,202,600	8,612,730	9,043,367
Otros Gastos de Adm. Y Ventas	3,600,000	3,780,000	3,969,000	4,167,450	4,375,823
Impuesto a las Ganancias		18,593,737	22,992,957	34,087,398	47,264,940
Total Egresos Operativos	92,100,000	120,701,737	138,680,757	165,728,868	197,691,619
Diferencia Operativa	95,040,000	85,152,263	108,344,043	130,700,892	158,024,093
Inversiones	300,000,000				
Flujo Financiero					
Préstamo	400,000,000				
Devolución del Préstamo	-58,028,894	-104,450,613	-104,450,613	104,450,613	104,450,613

Devolución del Préstamo	-58,028,894	-104,450,613	-104,450,613	104,450,613	104,450,613
Total Flujo Financiero	341,971,106	-104,450,613	-104,450,613	104,450,613	104,450,613
Diferencia Ingresos - Egresos	137,011,106	-19,298,350	3,893,431	26,250,280	53,573,480
Aporte del Emprendedor	100,000,000				
Flujo de Fondos	237,011,106	217,712,755	221,606,186	247,856,466	301,429,946

Se plantea desarrollar el proyecto en dos fases, la cual inicia con una inversión inicial y un plan de financiamiento, en el cual se establecen una serie de productos y servicios que se ofertarán al inicio del proyecto seguido de los demás servicios que posteriormente el "Jardín de Michuá" podrá sacar a la venta para sus clientes.

8. Análisis de Resultados

Si bien es cierto que la actividad económica que desarrollan las familias de la zona de influencia del proyecto, es segura por periodos de tiempo, el diagnóstico de las condiciones de la zona, permitió evidenciar que existen oportunidades de cambio que en conjunto generan un impacto positivo en varios niveles. Se encontró, que existen pocos lugares que ofrecen servicios turísticos con buenos niveles de calidad, así mismo, que, a pesar de existir un potencial turístico para la ciudad promovido en gran medida por el turismo religioso, no existen estrategias públicas o privadas que capten esa fuente de dinero para que sea el turismo, la fuente económica generadora de desarrollo en la ciudad. En términos generales el turismo no es considerado como una cadena de valor de la que se pueden diversificar productos y servicios, sino por el contrario, es una actividad poco explotada, pero de la que se espera a mediano plazo se convierta en el medio para alcanzar avances significativos, tanto en el contexto municipal como departamental y nacional.

Se verificó que en la ciudad no existe ninguna iniciativa de negocio que se aproxime en ninguna medida a lo que "El Jardín de Michuá"

pretende ser; la pérdida de valores ancestrales culturales de la etnia chibcha no ha sido considerada como parte del patrimonio turístico de la ciudad, tampoco hay una granja que considere que la apicultura puede ser de interés turístico, motivo por el cual se convierte en una oportunidad para ser explotada y se acentúa como una ventaja para el proyecto, constituyendo uno de los factores diferenciadores respecto de los demás negocios.

Esta propuesta de nueva ruralidad al tener un propósito claro y definido, estableciendo de manera clara la razón que da origen a su existencia, tendrá mayor oportunidad de éxito en un entorno comercial cuyos clientes se identifican con su sentido organizacional. En Chiquinquirá y en la región no existen lugares con la misma iniciativa, sin embargo, sí es numerosa la cantidad de oferentes de servicios turísticos, algunos temáticos culturales o ambientales, otros oferentes de servicios de alojamiento o alimentación y existen granjas apícolas, pero no turísticas. La Eco granja “El Jardín de Michuá” integra los elementos culturales en su arquitectura y actividades, los ambientales en la recuperación del paisaje y los productivos en sus procesos, todo con altos niveles de calidad y confort para los turistas y viajeros tanto nacionales como internacionales que deseen tener una experiencia agradable en el campo colombiano.

Hecho el análisis de contextos se encuentra que el escenario político es favorable, toda vez que la visión de los gobiernos tanto nacional, departamental y municipal tienen en sus objetivos a mediano plazo la promoción de iniciativas que integren desarrollo, ambiente y cultura. Por otra parte, la dinámica socio cultural de la zona en la que se desarrollará el proyecto no es la mejor, pues los índices de pobreza y analfabetismo son muy bajos, la implementación de la ecogranja será una oportunidad de desarrollo también para las personas de la zona, pues se capacitarán para prestar servicios turísticos, con buenos niveles de calidad, teniendo como resultado la realización de necesidades insatisfechas y un impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes de la zona y la región.

Conclusiones

- La ciudad de Chiquinquirá cuenta con un potencial turístico derivado de los activos ambientales, culturales y saberes campesinos de la región que en conjunto se establecen como atractivos turísticos que pueden ser ofertados y comercializados como productos y servicios de alta calidad con una mínima intervención ambiental, lo cual permitió desarrollar la propuesta de Nueva Ruralidad y de Gestión Empresarial Ambiental "El Jardín de Michuá" como una eco granja prestadora de servicios eco turísticos y etnoturísticos.
- "El Jardín de Michuá" cuenta con una serie de productos y servicios, que en conjunto articulan la conservación y preservación del medio ambiente, la apropiación y recuperación de los valores culturales de la zona de influencia del proyecto, basados en la relación recurso, atractivo y producto turístico, con el fin de constituir el modelo de gestión empresarial y ambiental para Chiquinquirá y su zona de influencia que con el trabajo continuo con demás prestadores de servicios turísticos contribuirán en establecer a Chiquinquirá como un destino turístico resultado de procesos de transformación y comercialización entre sus habitantes, instituciones y organizaciones empresariales, logrando de esta manera incidir en la decisión del visitante para desplazarse y conocer la región.
- La Propuesta cuenta con un modelo de seguimiento de la gestión empresarial y ambiental el cual logra integrar los diferentes componentes de la organización y permite el desarrollo de procesos eficaces y efectivos durante su operación, por medio de una administración planificada, adecuada y eficiente a través de los esquemas para la realización del sistema gerencial; toda vez que permiten abordar de manera integral todos los aspectos asociados a la organización productiva anticipándose a las situaciones, mejorando la toma de decisiones y conduciendo al cumplimiento de los objetivos propuestos desde el desarrollo de la estrategia organizacional.

- La planeación estratégica prospectiva a partir de un análisis de futuros escenarios a los que se puede ver enfrentada la ecogranja El Jardín de Michuá, permitió generar estrategias de planeación enmarcadas en la visión, misión y razón de ser de la organización, estableciéndose así una planeación con sentido donde se diseñan procesos acordes a la razón de ser de la organización y su entorno, buscando identificar la raíz de los futuros cambios, incrementando la habilidad de respuesta de la organización y permitiendo detectar las futuras oportunidades que sin planeación podrían pasar desapercibidas y poco aprovechadas por la organización.
- La formulación de un plan de ejecución permite asumir tareas responsablemente por parte de la organización, de tal manera que el crecimiento de la misma se produce sostenidamente sin poner en riesgo la existencia de la misma, permitiendo evaluar acertadamente los riesgos, beneficios, oportunidades, fortalezas y debilidades para así trabajar paulatinamente, pero de manera segura en la implementación de procesos y tareas que conduzcan a la consecución de objetivos a largo plazo.
- Es viable dinamizar la economía de las familias de la región a partir de una propuesta de valor que se edifique sobre el patrimonio actual y los activos intangibles con los que cuenta la zona, toda vez que las nuevas actividades económicas que se proponen desde la Nueva Ruralidad toman elementos del entorno que no han sido explotados económicamente y genera un factor diferenciados sobre las actividades que ya se están realizando, permitiendo brindar productos y servicios diversificados con estándares de calidad establecidos y con impacto positivo sobre el ambiente y las sociedades, convirtiéndose en alternativas económicas que permitan establecer un modelo de Desarrollo Sostenible para la región y para las zonas de periferia.

Bibliografía

- Baena, G. (2015). Planeación Prospectiva Estratégica.
- Beland, E. (2013). Dinámicas regionales, economía y pobreza: Departamento de Boyacá.
- Buenas Prácticas para el turismo sostenible. (s.f.). Obtenido de: https://www.rainforest-alliance.org/business/tourism/documents/tourism_practices_guide_spanish.pdf
- Czerny, M., & Ciro Alfonso Serna, H. C. (2017). Desarrollo Sostenible ¿Un chance o una ilusión para las periferias? México, D.F.
- Ferrer, R., Palacio, J., Hoyos, O., & Madariaga, C. (2014). Proceso de aculturación y adaptación del inmigrante: Características individuales y redes sociales.
- Gobernación de Boyacá. (2016). Obtenido de: https://www.dapboyaca.gov.co/descargas/anuarios/2015/ANUARIO_ESTADISTICO_2015.pdf
- Gobernación de Boyacá. (2017). Obtenido de: <http://www.boyaca.gov.co/>
- Guerrero, H., Vega, E., & Acosta, P. (2018). Estudios sobre medio ambiente y sostenibilidad: una mirada desde Colombia. Tunja: USTA Tunja.
- Kottak, C. P. (2000). Antropología Cultural. Espejo para la humanidad.
- Ligia, Y. C., Judith, H. d., & Ana, C. H. (2011). Planificación de: escenarios: una herramienta estratégica para el análisis del entorno.

Nuestra Señora del Rosario de Chiquinquirá. (2019). Obtenido de:
<https://www.virgendechiquinquirá.com/>

Pineda, L. S. (2013). Comportamiento del sector lechero en el departamento de Boyacá: una aproximación desde la metáfora biológica.

Secretaría de Cultura y Turismo de Boyacá. (2015). Obtenido de:
[http://www.boyaca.gov.co/gobernacion/gabinete departamental/440-secretaria-de-cultura-y-turismo](http://www.boyaca.gov.co/gobernacion/gabinete-departamental/440-secretaria-de-cultura-y-turismo)

Serrano, S. (2001). Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina.

World Tourism Organization. (2017). Obtenido de: <http://www2.unwto.org/>

CAPÍTULO 2: Plan Integral para la Implementación Agroecológica en Áreas Deforestadas Afectadas por los Cultivos Ilícitos

María Catalina Rojas Cely⁴

Resumen

Este capítulo presenta la propuesta para la implementación agroecológica en las áreas deforestadas afectadas por los cultivos ilícitos en un marco de posconflicto en Colombia; considerando el momento coyuntural que vive el país después de haber firmado el acuerdo con la guerrilla de las FARC, que pese al acuerdo los cultivos de coca continúan ocupando gran parte del territorio nacional y que la nación cuenta con un amplio respaldo internacional. Lo que aquí se presenta es una guía para la recuperación de territorios deteriorados en zonas donde funcionen los principios agroecológicos para recuperar la estabilización del ecosistema y garantizar beneficios ambientales, sociales y económicos a corto y largo plazo; sin embargo, vale la pena mencionar, que como guía no pretende ser un modelo rígido, ya que los diseños agroecológicos son propios del sitio; sino mencionar la forma en la que la combinación de diferentes prácticas y tecnologías da lugar a sinergias ecológicas e interacciones necesarias para lograr la sostenibilidad.

4 Docente de Ingeniería de Procesos. Universidad EAFIT. mrojasce@eafit.edu.co

Introducción

Los cultivos ilícitos surgen de la demanda ilegal de producción de drogas naturales. Hacen parte de un fenómeno internacional conocido como Narcotráfico en el que convergen países productores, de tránsito y consumidores. Colombia, Perú y Bolivia son los países productores de coca, donde las dinámicas se encuentran marcadas por los procesos sociales y agronómicos de cada territorio. En el periodo 1994-2000 se evidenció una disminución de los cultivos ilícitos en Perú y Bolivia, consecuencia de un aumento significativo de estos en Colombia. Posteriormente, a inicios del siglo se presenta una leve disminución a nivel regional, con pequeños aumentos en Perú y Bolivia. (Policía Nacional, 2014).

Para el caso colombiano, la producción de cultivos ilícitos ha estado ligada a la presencia de los grupos armados, los cuales desde finales de los 80's presentan crecimiento muy acelerado y de expansión territorial ligado a su prosperidad económica proveniente de la explotación del excedente derivado de economías de exportación, legales o ilegales. (Díaz & Sánchez, 2004).

De acuerdo con las cifras reportadas, el 75% de la deforestación está concentrada en municipios de conflicto, siendo la tasa anual tres veces mayor que en los otros municipios. (DNP, 2016) Además, de otros efectos ambientales asociados, similar a como ocurre con las prácticas de monocultivo o de ganadería, los cultivos ilícitos ocasionan y promueven: la erosión del suelo, la contaminación del agua, la destrucción de la vegetación nativa y la afectación a los ecosistemas animales.

En cuanto a esto, al apoyo brindado por la UNODC – Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito - para el programa de desarrollo alternativo; se suma el proceso de paz firmado por el gobierno y el grupo guerrillero FARC en el transcurso del 2016; donde se rescatan los puntos 1. (Hacia un nuevo campo: reforma rural integral) y 4. (Solución al problema de las drogas ilícitas) de los acuerdos de paz pactados. El gobierno actual enfrenta un

desafío crucial, ya que según el último informe de monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos, Colombia cuenta con 154.000 hectáreas a 2019.

Por otro lado, en Colombia, el fomento a las agriculturas ecológicas está ligado a la formación de organizaciones no gubernamentales, el apoyo académico y algunas políticas de gobierno. Pero evidenciando aún la falta de cohesión.

Así mismo, los lineamientos de la agroecología son apoyados por el Programa de desarrollo alternativo apoyado por la UNODC, comprometiendo a las familias en el desarrollo de buenas prácticas productivas, ambientales y socio organizacionales. (UACT, 2015). Y diferentes redes que se han creado a nivel regional entre los mercados locales.

Finalmente, el crecimiento de la población demanda más alimentos, y la agricultura es una fuente importante de ingresos para acabar con la pobreza, representando un papel relevante en la lucha contra el cambio climático y la conservación de recursos naturales. La propuesta que aquí se esboza, plantea el reconocimiento del territorio, de las particularidades regionales, el prediagnóstico participativo, las tecnologías y técnicas disponibles, y los planes paralelos que se deben gestionar para lograr la implementación agroecológica.

Garantizando que la recuperación de áreas deforestadas por medio de la agroforestería, así como otras técnicas propuestas por la agroecología tiene un efecto directo sobre el mejoramiento ambiental. Evidenciando que el desarrollo de proyectos como este, dan las bases para un mejoramiento del sector primario, sector principal en la economía del país. Y, resaltando la importancia de que estas propuestas se hagan por medio de procesos participativos con las comunidades y los actores pertinentes involucrados, puesto que de esto también dependerá el éxito de la implementación y su permanencia en el tiempo.

1. Diagnóstico

Las características del relieve colombiano y su clima varían con respecto a la altitud. La hoja de coca en Colombia se cultiva en los pisos térmicos cálido y templado, en zonas húmedas y semihúmedas; estando presente en 22 de los 32 departamentos que componen el país, resaltando que en los departamentos del sur de país (Nariño, Cauca, Putumayo), Antioquia y Norte de Santander se concentra la mayoría de los cultivos de coca (77%). (UNDOC, 2018)

Para efectos de este proyecto, se estudiarán las zonas donde se encuentran los cultivos de coca, despreciando así los de amapola y marihuana. Esto principalmente porque la cantidad de cultivos aun no es representativa y por lo mismo los estudios y seguimiento a sus plantaciones no son validados todavía por la UNDOC-Colombia; aunque se reconoce su existencia.

Históricamente los cultivos de coca han estado ligados a la existencia de los grupos armados, según cifras presentadas por el gobierno el 87% de los cultivos ilícitos se encuentran en municipios de conflicto.

Sin embargo, vale la pena aclarar que las FARC no tienen un monopolio sobre el oficio de la coca y que se sabe que en algunos territorios convergen diferentes propietarios o actores que fomentan y se lucran del negocio como el ELN y las Bacrim (bandas criminales).

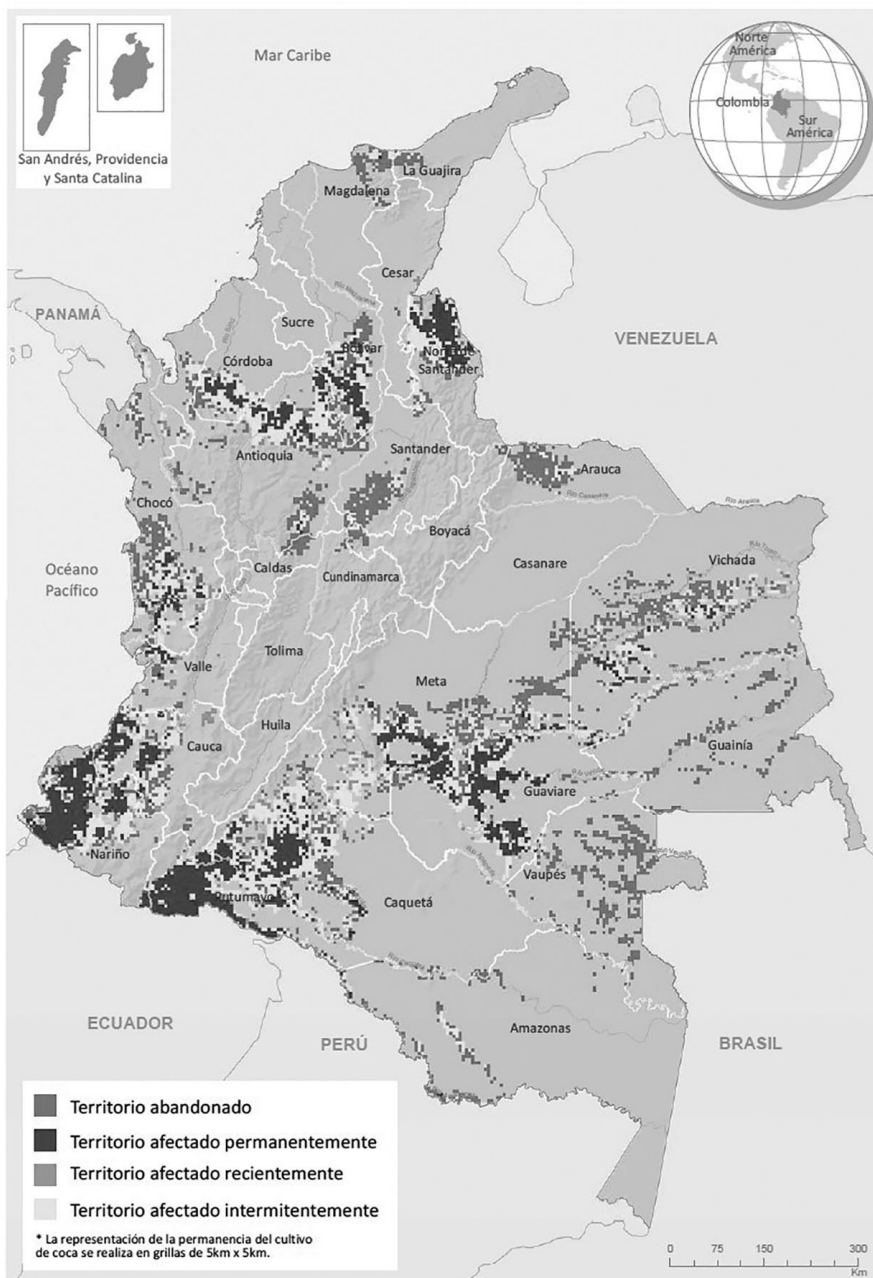


Figura 6. Distribución regional según la permanencia del cultivo de coca, 2008-2017. Fuente: Gobierno de Colombia, Sistema de Monitoreo apoyado por UNDOC

1.1 Proceso histórico de formación del territorio

A finales de la década de los ochenta Colombia empezó a consolidarse como un productor neto de hoja de coca a cargo de los conocidos Carteles de la droga. Debido a las labores por parte del Estado, los carteles perdieron su poder en la década de los 90's, lo que ocasionó que el negocio de producción y tráfico pasará a ser liderado por las guerrillas u otros grupos armados, bandas criminales y en menor medida otras generaciones de "carteles". Hecho que cambió las dinámicas de formación del territorio en el campo y se convirtió en la principal fuente de financiación de algunos grupos al margen de la ley. (Díaz & Sánchez, 2004)

El último informe publicado por la UNODC en junio de 2020, revela que la cifra de cultivos de coca en Colombia sufrió una pequeña disminución al pasar de 169.000 ha en 2018 a 154.000 ha en 2019. A pesar de esta reducción, la producción de coca se mantiene estable.

1.2 Demografía

El crecimiento de las Has de coca se atribuye a la falta de presencia del estado, la vulnerabilidad, la difícil situación económica y la inseguridad que afronta la población rural. De acuerdo con cifras reportadas por el gobierno, la mitad de la población vulnerable reside en 70 municipios de Caquetá, Nariño, Norte de Santander, Antioquia y Valle del Cauca. Los departamentos cuyos municipios tienen mayores índices de vulnerabilidad (18% - 26%) son en su orden Arauca, Caquetá, Guaviare, Vichada, Cauca, Nariño y Amazonas. Seguidos de (11% -14%) Bolívar, Santander, La Guajira, Guainía, Magdalena, Norte de Santander, Putumayo y Cundinamarca. (Rocha García & Martínez, 2015)

1.3 Organización social

Los tres actores importantes en este proceso son: el Estado, los grupos guerrilleros y los campesinos. Estos últimos se encuentran

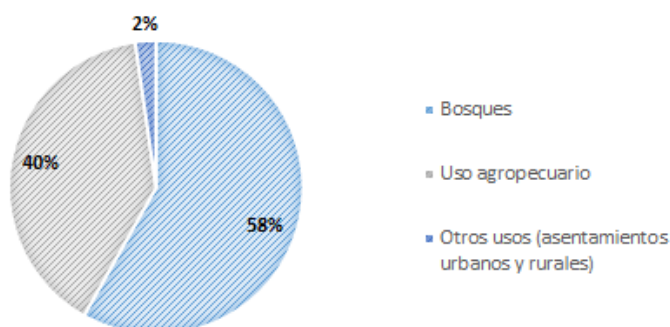
organizados en asociaciones, gremios o cooperativas ya sea a nivel regional o nacional.

Por otro lado, como parte del problema de los cultivos ilícitos, el gobierno reconoce a dos agentes especiales: los indígenas y las comunidades negras. Donde, las acciones por parte del Estado deben no solo garantizar la disminución de los cultivos ilícitos, sino dar garantías a dichas comunidades, tener en cuenta su participación y fomentar el cuidado de los ecosistemas protegidos. Esto debido a que en países como Brasil, Colombia, Chile, Ecuador y Venezuela se han adoptado instrumentos legales para dar prioridad a los derechos de sus poblaciones indígenas y reconocer los aspectos culturales que les son propios. (Rivera & Sicard, 2013)

1.4 Estructura agraria y aspectos económicos

El último Censo Agropecuario realizado en Colombia se entregó en el año 2016, y corresponde a los periodos 2014-2016. Este censo identifica el principal uso y distribución de las 111.5 millones de hectáreas que conforman a Colombia en el área continental. Siendo el mayor porcentaje (58%) destinado a Bosques y un 40% a uso agropecuario:

USO DEL SUELO EN COLOMBIA



Las cifras revelaron que de las tierras aptas para agricultura, solo el 6.3% del área nacional se destina a siembra de cultivos, ya que el porcentaje restante se utiliza para pastizales y alimentación de animales. Situación crítica, ya que además de la deforestación causada, la ganadería implica la degradación del suelo, la contaminación del aire, representa un 14,5% de las emisiones de efecto invernadero en el país, y está asociada a la contaminación del agua en la cadena productiva. (Villanueva Mejía, 2018)

En lo que respecta al cultivo de coca, ha tendido a ser una actividad sustituible por cultivos lícitos; se estima que la relación costo/beneficio de los cultivos ilícitos se encuentra alrededor del 49%, mientras que en un cultivo lícito podría variar entre 60,7% y 84,8%. Sin embargo, la producción de corto plazo, una venta segura y la estabilidad de los precios representan incentivos muy fuertes para no abandonar el negocio de la coca. (UNDOC, 2018)

1.5 Servicios de apoyo a la producción: investigación y financiación

Colombia invierte aproximadamente 0,67% del PIB en Ciencia, Tecnología e Innovación, comparado con el 2.4% que invierten en promedio los países de la OCDE. Adicional a la baja inversión, las barreras que se presentan están relacionadas con la deficiente coordinación política, la desigualdad y los focos en la productividad empresarial alejados del sector agropecuario.

Hay dos instituciones delegadas por el gobierno: CORPOICA – Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y SINTAP – Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Ambas, objeto de muchos cambios, lo cual ha impedido el apoyo gubernamental estable. Por otro lado, actualmente, la principal fuente de financiamiento es el FONAT –Fondo Nacional de Adecuación de Tierras. (DNP, 2015)

Finalmente, el sector privado explica su baja participación en el financiamiento de proyectos de ADT (adecuación de tierras), por la

falta de incentivos tributarios que incentiven este tipo de inversiones y les brinden seguridad. Y por lo general, los productores pequeños acuden al financiamiento informal.

1.6 Aspectos político-institucionales

Dentro de los organismos involucrados en el desarrollo del territorio se encuentran principalmente: el Departamento de Planeación Nacional DNP, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

En el 2014, se creó La Misión para la Transformación del Campo (MTC) como una iniciativa del Gobierno Nacional que tiene como objetivo la elaboración de un portafolio robusto y amplio de instrumentos y políticas públicas para el desarrollo del campo colombiano en los próximos 20 años. (DNP, 2015) Por su parte la Unidad Administrativa Especial para la Consolidación Territorial – UACT - fomenta que los ciudadanos decidan sobre su realidad y participen; y que las comunidades rurales conozcan sus derechos. (UACT, 2014)

Por otro lado, dentro de los compromisos importantes que trae consigo el Acuerdo de Paz y el proceso de restitución de tierras, se espera que se sienten las bases para la transformación del campo y su articulación con la economía nacional; así como se mejore la calidad de vida de la población rural y se tenga en cuenta la sostenibilidad de dichos territorios.

2. Actores



Identificar a los actores permite saber quién puede influenciar en el proyecto de forma negativa o positiva, los intereses de quienes se podrían ver afectados y a quien se debe incluir para su desarrollo. Dentro de este escenario están los principales beneficiarios y quienes deberían estar presentes tanto en el proceso de formulación como en el desarrollo e implementación. En este caso los campesinos (cultivadores de coca y desplazados), organizados en asociaciones a nivel regional; y los indígenas y las comunidades negras, reconocidos como grupos especiales.

Como parte del conflicto y desde su compromiso con el abandono de las tierras y los cultivos ilícitos, hasta su reinserción a la vida judicial y el apoyo a este tipo de proyectos con su participación política, la hoy guerrilla de las FARC es un eslabón importante.

Los actores políticos principales serán: el Estado como una de las partes del acuerdo de paz; los Ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, de Agricultura y Desarrollo Social, de Industria y comercio, y de transporte; los gobiernos locales y algunos institutos nacionales pertinentes al tema como por ejemplo el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Otros actores a tener en cuenta serán:

- ◇ El sector privado, en la medida en la que las empresas impulsen al pequeño agricultor y se alíen con él en el desarrollo de la agroecología.
- ◇ Organizaciones no gubernamentales, quienes, de acuerdo a sus intereses, se encuentran transversalmente implicadas en el desarrollo del proyecto, en este caso aplicarían principalmente quienes velan por los derechos de las minorías (indígenas, comunidades negras, mujeres, desplazados); quienes se

encuentran social y humanitariamente ligadas al proceso de paz y otras interesadas en los temas ambientales.

- ◇ Organismos internacionales, principalmente con un papel de cooperación. Banco Interamericano de Desarrollo – BID, Fondo para el Medio Ambiente Mundial - FMAM (GEF por sus siglas en inglés), Instituto Internacional de Investigación para la Predicción Climática - IRI, Federación Internacional de la Cruz Roja, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE, entre otros.
- ◇ Instituciones educativas, tanto públicas como privadas, puesto que su rol se centra en apoyar y fomentar la investigación en los campos que trabaje el proyecto y lo enriquezcan.

3. Grupo de Trabajo y Proceso Participativo

El tema de los cultivos ilícitos en Colombia va más allá del Negocio del narcotráfico. Estos representan la pobreza, falta de apoyo y recursos, inseguridad y vulnerabilidad en la que se ha encontrado el sector rural durante más de 50 años. Por esta razón, el gobierno debe trabajar tomando en cuenta diferentes perspectivas para terminar con la problemática.

La participación de la comunidad implicada es fundamental puesto que aun cuando la implementación agroecológica dependa de factores económicos y estructurales, son los beneficiarios del proyecto los encargados de que el éxito perdure en el tiempo; además la credibilidad y confianza de ellos en los planes propuestos garantizará una implementación más óptima.

Pocos proyectos en el país enfatizan en los procesos participativos; sin embargo, en el programa de desarrollo alternativo de la UNODC se destaca la creación y/o fortalecimiento de las organizaciones de productores; así como el intercambio de experiencias en el marco de los Encuentros Regionales. No obstante, el mismo

programa reconoce que falta involucramiento y articulación de los gobiernos departamentales y municipales y mayor participación del sector privado; además de apoyar la cadena productiva y la comercialización.

Adicionalmente, a nivel global, la humanidad tiene una deuda histórica con dos poblaciones que han afrontado discriminación, y que aun hoy en día se enfrentan a diferentes luchas por el respeto de sus derechos: los indígenas y afros. Colombia, no está muy alejada de este panorama, justo gran parte de los campesinos y agricultores pertenecen a esta población. Y son ellos quienes también viven las consecuencias de los desplazamientos forzados por grupos al margen de la ley y la competencia con grandes industrias que le apuntan al monocultivo.

La característica principal que debe cumplir el grupo de trabajo es el de ser multidisciplinario y multisectorial. Es indispensable que convoque a profesionales de todas las áreas en las que directa o indirectamente el proyecto impactará: agronomía, hidrología, biología, ciencias ambientales, antropología, ciencias políticas, etc. Así mismo, también debe ser multisectorial de acuerdo con los actores mencionados anteriormente.

Por otra parte, se hace necesario que se formen varios grupos de forma regional, de acuerdo con las áreas geográficas donde se encuentran los cultivos de coca, ya que estas a pesar de estar todas afectadas por la misma problemática, tendrán realidades diferentes que requieren ser asistidas de forma puntual. Lo que pone de manifiesto que aquí no se trata de un plan nacional único, sino de unos lineamientos de implementación agroecológica que servirán para el desarrollo de cada uno de los planes particulares.

Es importante mencionar que el Estado como ejecutor del proyecto tiene la responsabilidad de convocar a las partes, organizar el debido procedimiento y garantizar los recursos financieros, materiales y humanos en el transcurso del mismo. No obstante, durante el desarrollo del proceso se debe fomentar un empoderamiento del

proyecto por parte de los campesinos, indígenas y comunidades negras; para lo cual es indispensable que el desarrollo sea bajo un proceso de participación social activa, como ya se ha mencionado.

Durante todo el proceso (reconocimiento del área, recuperación del terreno, implementación y estabilización) no solo se debe trabajar en la parte técnica, sino que es preciso buscar el establecimiento de valores sociales – paz, respeto, solidaridad, igualdad, responsabilidad- que fomenten la cohesión social y nuevas formas de organización en una población que históricamente viene siendo marginada. De la formación de este grupo y del buen funcionamiento del proceso participativo se genera el establecimiento de las relaciones de cooperación necesarias para que el proyecto tenga éxito a largo plazo.

Lo anterior quiere decir que se necesita de un marco legal y de mecanismos democráticos que propicien las condiciones para que las comunidades organizadas sean escuchadas y sus aportes incidan en la toma de decisiones.

4. Reconocimiento del Área

Una vez formado el grupo de trabajo y convocados los actores es necesario que juntos hagan un reconocimiento del área.

Para esta fase, se haría una identificación del territorio teniendo en cuenta los ítems mencionados en el diagnóstico. Desde la parte logística se debe hacer un mapeo del área, identificar las características socioculturales de la población objetivo, reconocer las problemáticas y los principales desafíos, trazar las metas y determinar los retos.

En el campo, es necesario evaluar los principales recursos del sistema agrícola una vez terminada la erradicación: tamaño del predio, ubicación, acceso a vías de transporte, acceso a servicios, disponibilidad del agua, calidad del suelo (nivel de erosión, nivel

de contaminación, pH, cantidad de nutrientes), mano de obra, equipos y herramientas, presencia de ganado, y otros bienes, etc.

En este momento se inician las caminatas comunales para explorar el terreno y se procura la movilización de conciencia del proceso venidero. También se plantean los posibles cronogramas, protocolos para la participación de la comunidad, y algunas actividades extra (talleres de agricultores expertos, talleres de conocimiento tradicional y talleres de campo).

5. Cambio Climático

El cambio climático, es una de las problemáticas, a la que ningún sector de la economía es ajeno. Las variaciones de temperatura y precipitación que se vienen estudiando desde años atrás y proyectando a 100 años, demuestran que las fuertes inundaciones en algunas zonas, y temporadas de sequía en otras, afectarán notablemente la estabilidad de los cultivos y por ende la productividad. Esto sin contar los problemas que enfrentarán las poblaciones por escasez de agua potable e incremento en enfermedades vectoriales.

Por su posición geográfica, Colombia se ve especialmente afectada por los fenómenos de “El Niño” y “La Niña” y los Ciclones Tropicales. Los periodos de “La Niña” se caracterizan por el incremento de las lluvias, riesgo de inundaciones, deslizamientos y avalanchas. Por otro lado, el fenómeno “El Niño” se identifica por la ocurrencia de incendios forestales y sequías. (DNP, 2017)

En cuanto a los cambios esperados para Colombia, las principales tendencias son el aumento de temperaturas máximas y de episodios de fuertes lluvias en todos los pisos térmicos (menos páramos). Así como temporadas de sequías en meses donde es habitual las lluvias; sin embargo, dentro de los escenarios que plantea el IDEAM, se contempla que estos cambios serán diferentes por

regiones. Por otro lado, se estudia la posibilidad de disminución en la humedad relativa del suelo.

A escala agrícola el Cambio climático afectará primero el arroz, el trigo y la papa, con caída en la producción de un 6%. Suelos degradados provocarían una disminución del 3% en la producción de banano, caña de azúcar y cultivos de palma de aceite. (Restrepo Aristizábal, 2014)

Por otro lado, según el último inventario de GEI publicado en el 2016 por el IDEAM; el sector agropecuario y forestal representa el 26% y 36% de las emisiones del país respectivamente. Del sector agrícola 21% se debe a fermentación entérica y del sector forestal 69% se refiere a cambio de bosque natural a pastizales. (IDEAM, 2016)

Teniendo en cuenta que diversos estudios relacionan la frecuencia de aparición e intensidad de los fenómenos del Niño y de la Niña con el cambio climático; se hace ineludible que en el desarrollo de este proyecto se aborde el tema en cada una de las fases que aquí se proponen, teniendo en cuenta que en la implementación agroecológica debe haber elementos tanto de mitigación como de adaptación frente a los cambios que se saben están por venir y que corresponderán a las particularidades de cada región.

6. Técnicas y Tecnologías

Según la FAO, efectuar cambios hacia una agricultura más sostenible y eficiente darán respuesta a los compromisos internacionales para enfrentar la pobreza y mitigar los efectos del cambio climático. De acuerdo con esto, la investigación y la experiencia proporcionan un panorama de diversas técnicas y tecnologías cuyo objetivo además de buscar la productividad también es buscar la sostenibilidad.

El proceso participativo para determinar las técnicas y las tecnologías a implementar es trascendental en la medida en que este permita combinar la agricultura tradicional con la experticia del grupo de trabajo. Aquí es donde las fases anteriores de diagnóstico, revisión de problemáticas y reconocimiento del área proporcionan las bases para elegir o no un proyecto a seguir.

En este punto, también se debe tener en cuenta los estudios con respecto a las variaciones climáticas y cómo estas han venido afectando los cultivos en los últimos años. Caso en el cual es útil tanto la información que proporcione el IDEAM como las experiencias que tengan los campesinos. Por esta razón, dentro de los planes planteados, la selección de técnicas y tecnologías que favorezcan la adaptación a los diversos panoramas es fundamental.

En las siguientes tablas se esboza un pequeño resumen de las posibles tecnologías y técnicas como base para el proceso de implementación agroecológica. De allí se rescata de qué forma estas pueden contribuir con la adaptación de los fenómenos mencionados y si son o no pertinentes.

Tecnología	Función	Ventajas	Desventajas	En sequía	En precipitaciones
Energía de la Biomasa	Producción de combustibles (alcohol, metano, aceite, biogás) a partir de la transformación de la materia orgánica (desechos animales y vegetales)	Es una fuente de energía limpia, aprovechamiento de residuos, biodigestor de fabricación casera y fácil.	Su rendimiento es menor que el de los combustibles fósiles. Producción de energía eléctrica con alto costo.	Esta energía puede ser utilizada tanto en épocas de sequía como de precipitaciones debido a que depende de la disponibilidad de materi orgánica.	
Energía microhidráulica	Aprovechamiento de la energía cinética en los flujos de agua para producir energía eléctrica.	Explotación y mantenimiento accesibles, aprovechamiento de un recurso renovable, energía limpia.	Alta inversión inicial, depende de la disponibilidad de recurso hídrico.	Su rendimiento no será bueno debido a que se disminuye el caudal de los cuerpos hídricos.	Buen rendimiento
Energía Fotovoltaica	Producción de energía eléctrica a partir de una célula fotovoltaica que aprovecha la energía solar.	Funcionamiento simple, energía limpia, aprovechamiento de un recurso renovable.	Altos costos de inversión.	Buen rendimiento.	Se requieren buenos sistemas de drenaje para evitar inundaciones cecanas a la instalación. Menor rendimiento que en épocas de sequía.
Riego por goteo	Sistema de riego subterráneo donde se aplica el agua directamente en las raíces a través de tuberías y goteros.	Ahorro de agua y energía, mejor gestión de fertilizantes, reducción de malas hierbas, requiere menos laboreo.	No apto para cultivos que necesiten agua superficial, inversión inicial alta.	Este sistema es diseñado específicamente para zonas áridas donde se requiere eficiencia del uso del agua.	No será necesario y por el contrario debe haber medidas de prevención de inundación de los cultivos.
Agricultura de precisión	Gestión de parcelas agrícolas sobre la base de la observación, la medida y la actuación frente a la variabilidad inter e intra-cultivo.	Permite evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar la cantidad adecuada de fertilizantes y/o insumos y predecir con más exactitud el rendimiento.	Requiere una alta inversión debido a que requiere alto uso de tecnologías: Sistema global de navegación por satélite, sensores e imagen satelital, sistemas de información geográfica.		Debido a que esta tecnología hace uso de la geolocalización para la toma de decisiones, es optima para mejorar el rendimiento tanto en épocas de sequía como de precipitaciones.

Para el caso de las tecnologías, es claro que es necesario un estudio de viabilidad y su impacto, destacando de la tabla que en su mayoría todas requieren de una alta inversión inicial. Razón por la cual se mencionaba con anterioridad la importancia de la participación del sector privado y organismos internacionales en el desarrollo de este tipo de proyectos.

Técnica	Función	Mano de obra	Ventajas	Desventajas	En sequía	En precipitaciones
Cultivos de cobertura	Sembrar plantas herbáceas para proteger el suelo contra la erosión, aumentar la fertilidad y controlar plagas	Los cultivos no requieren alta demanda de mano de obra y una vez sembrados no requieren mayores cuidados.	Disminuye la necesidad de labranza, mejora la estructura del suelo, aumenta la diversidad biológica, reduce la necesidad de insumos externos, aumenta la productividad.	Competencia entre el cultivo de cobertura y el cultivo asociado. Puede atraer insectos como ratas o serpientes.	Reduce la refracción y los rayos del sol aumentando la humedad. Mejora la infiltración de agua.	Disminuye la erosión del suelo.
Mantillo	Capa de material que contribuye a la fertilización y el mantenimiento de la fertilidad del suelo.	Baja demanda de mano de obra debido a que se aplica al inicio del cultivo y no requiere mantenimiento.	Evita la germinación de malas hierbas reduciendo costos de temperatura del suelo.	Riesgo de incendio si el mantillo utilizado es viruta de madera.	Mantiene la humedad del suelo elevando el potencial de rendimiento.	Disminuye la erosión del suelo.
Agroforestería	Optimiza los efectos beneficios de las interacciones de los componentes boscosos con el componente animal o cultivo	De acuerdo con el tamaño del predio y los cultivos. Se requiere mayor mano de obra en épocas de cosecha.	Aumenta las propiedades físicas del suelo, aumenta la productividad por áreas sembradas, ciclo eficiente de nutrientes.	Requiere inversión inicial, mayor mantenimiento de la tierra y buen tamaño de predio.	Ayuda a la estabilidad del microclima y proporciona sombra a los cultivos.	Da mayor estabilidad al sistema ya que los árboles protegen el suelo de los efectos de la lluvia.
Labranza mínima	Cualquier sistema de labranza que reduce la pérdida de suelo y conserva su humedad al compararla con la labranza convencional	De acuerdo con el tamaño del predio y dependiendo si se usa o no maquinaria.	Disminuye la erosión del suelo, mantiene la humedad, mejoran el itinerario y planificación de las operaciones, menor inversión en maquinaria.	Sujeto a condiciones de clima y oportunidad.	Mantiene la humedad del suelo elevando el potencial de rendimiento.	No es la técnica indicada, debido a que la tierra descompactada sería llevada por la lluvia y el suelo perdería sus propiedades.
Rotación de cultivos	Se siembran determinados cultivos en una secuencia establecida con el propósito de mejorar las propiedades del suelo.	La demanda va de acuerdo con lo que demande el cultivo específico.	Contribuye con la productividad aumentando la fertilidad del suelo, control de malezas y plagas, menos insumos externos.	Patrón a seguir limitado. Otras desventajas dependen de la secuencia elegida.	Esta técnica no tiene a algún beneficio de acuerdo a la época. Sin embargo se puede mejorar la productividad definiendo un cultivo más apto para sequía o precipitaciones.	
Insumos orgánicos	Evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola	De acuerdo con el cultivo y el tamaño del predio requiere más trabajo.	Conservación de los recursos naturales, protección ambiental, menos gastos en insumos externos.	Baja la productividad, costo inicial, requiere más mantenimiento.	Diferentes experiencias demuestran que a largo plazo la agricultura orgánica proporciona más estabilidad al sistema, dándole mejor adaptación a épocas de sequía o de precipitaciones.	
Compostaje	Proceso de transformación de la materia orgánica para obtener compost (abono natural)	Relacionado con labores de recolección de la materia orgánica de desecho.	Aprovechamiento de los desechos naturales, instalación sencilla, fácil mantenimiento, reduce el consumo de abono químico.	Generación de lodos, olores y polvos en el proceso.	Esta técnica puede ser utilizada tanto en épocas de sequía como de precipitaciones debido a que depende es de la disponibilidad de materia orgánica.	

La información que allí se presenta solo es una base. De ahí debe haber un estudio más profundo que debe hacer el grupo de trabajo; así como tener en cuenta diferentes factores que aquí no se mencionan, como el análisis costo/beneficio, por ejemplo.

7. Sustitución

La sustitución de cultivos es otro punto trascendental a tratar en el proceso participativo, puesto que esta será la actividad económica a la que se dedicarán los campesinos y la que determinará qué recursos del sistema se demandarán, los cuidados que debe tener y los ingresos que generará.

En materia de sustitución hay muchas propuestas sobre la mesa, por esta razón una vez más es importante regresar al diagnóstico, el cual dará los limitantes del terreno para un determinado tipo de cultivo.

Hasta ahora, la sustitución se viene realizando por los programas de desarrollo alternativo, donde lo más común es regresar a los cultivos que se plantaban con anterioridad a la coca, o, a cultivos sembrados en zonas aledañas. Las principales actividades productivas impulsadas por el programa de Desarrollo Alternativo son: silvopastoril, café, cría de especies menores y cultivos de caña panelera y cacao. (UACT, 2014)

Por otro lado, dentro de las propuestas que destacan se encuentran: permitir cultivos de coca para la realización de tés medicinales (INFOBAE, 2016); cultivos de Stevia por ser de ciclo corto, de fácil producción, con mercado asegurado nacional e internacionalmente (Soto, 2016); café silvestre, como el caso ocurrido en La Sierra Nevada de Santa Marta donde se erradicaron 500 hectáreas de coca por 1.200 hectáreas de café silvestre (El Nuevo Siglo, 2015); o incluso cultivo del caucho como alternativa a la crisis del café, efecto de las épocas de precipitaciones (Ocampo, 2004).

Aquí nuevamente juega un papel importante los efectos derivados del cambio climático. Los cultivos sustitutos que se propongan deben ser pensados teniendo en cuenta las recientes experiencias, así como las previsiones de sequía y precipitaciones. Por ejemplo, en el municipio de Gallo- Córdoba se ha hecho común y exitoso el reemplazo de cultivos ilícitos por cultivos de cacao, sin embargo, en Tumaco-Nariño (otra zona cocalera) el cultivo de cacao no es rentable debido a que esta zona se ha visto mayormente afectada por las inundaciones producto de las extensas e intensas épocas de precipitación.

8. Áreas de Manejo Especial

Se consideran zonas de manejo especial: Resguardos Indígenas, Tierras de las Comunidades Negras y Parques Nacionales Naturales. En dichas zonas, también se ha presentado un leve crecimiento en las hectáreas sembradas de coca (UNDOC, 2018), lo cual demanda la presencia del estado por medio de mecanismos especiales como la consulta previa, los acuerdos con las comunidades y la conservación de los ecosistemas naturales.

Dentro del acuerdo de paz, se contempla este punto, donde se propone un Plan de zonificación ambiental que delimite la frontera agrícola y que permita actualizar y de ser necesario ampliar el inventario, y caracterizar el uso de las áreas que deben tener un manejo ambiental especial. (OACP, 2016).

Por otro lado, Colombia debe cumplir con términos legales internacionales como la figura del CLPI (Consentimiento libre previo e informado), y el Convenio de Pueblos Indígenas y Tribales (OIT 169) de 1989.

Finalmente, el Estado y el grupo de trabajo deben reconocer las diferencias entre los territorios de sustitución y reforestación. Destacando que algunas técnicas de reconversión agroecológica como el silvopastoreo y la agroforestería contribuyen al modelo de reforestación nacional.

9. Planes

Los planes que a continuación se describen, hacen referencia a las necesidades que tiene el modelo de reconversión agroecológica. Son proyectos que requieren ser profundizados y ejecutados paralelamente. Y hacen alusión a los ejes de trabajo del Plan Nacional de Desarrollo que lleva a cabo cada gobierno.

9.1 Plan de educación

El plan de educación es imprescindible si se tiene en cuenta que para el 2015 la cifra de analfabetismo en el campo reportada por el DANE era del 12%, que de acuerdo con lo que se ha comentado, uno de los mayores problemas del conflicto armado en Colombia ha sido el abandono al sector rural por parte del Estado, y que es un hecho la migración de las nuevas generaciones del campo a la ciudad por falta de garantías.

Además de la educación formal, talleres teórico-prácticos en temas como agroecología, sostenibilidad, cambio climático, servicios ecosistémicos, desarrollo alternativo, agricultura orgánica, uso del recurso hídrico, etc.; permitirán la adecuada implementación de las técnicas y tecnologías, así como el mejor cuidado del ecosistema desde la fase de adecuación del terreno hasta la de cultivo, cosecha y estabilización del sector. Sin contar con el hecho de que jóvenes campesinos enriquezcan y mantengan la fuerza laboral en el campo.

9.2 Plan de asistencia técnica y capacitación

Si bien la reconversión agroecológica tiene en cuenta muchas técnicas de la agricultura tradicional, también busca combinar el funcionamiento del sistema ecológico con las nuevas tecnologías. En este plano se hace necesario fomentar la investigación en el sector e impulsar programas de educación técnica y superior en las ciencias agrónomas como medida para evitar la migración a la ciudad y a su vez garantizar un sector con personas capacitadas para

afrontar los retos del cambio climático y los desafíos económicos y sociales que se avecinan.

Por otro lado, de acuerdo con el DANE y el censo más reciente del sector agropecuario, el país cuenta con 2,7 millones de productores agrícolas, de los cuales solo 3,7% tienen formación universitaria. Lo que pone de manifiesto la necesidad de aumentar las tasas de acceso y permanencia en la educación superior, así como incentivos para retener el talento en el país. Esto teniendo en cuenta que de los 725.000 residentes del campo, el 21% son menores de 35 años. (Revista DINERO, 2017).

9.3 Plan de infraestructura vial

Al comparar el desarrollo económico de países latinoamericanos con potencias mundiales, uno de los factores cruciales, determinantes de progreso, es la calidad y disponibilidad de la infraestructura vial. Esta permite que el sector agricultor tenga el acceso adecuado para la distribución y venta de los productos primarios. Una red terciaria en deterioro, como es el caso de Colombia, implica altos costos en consumo de combustibles, operación vehicular y largos tiempos de viaje; lo que reduce significativamente el rendimiento y el ingreso financiero para un agricultor.

Por otro lado, a largo plazo, para el estado, los costos por reconstrucción o reparación de vías terminan siendo mucho mayores que los de mantenimiento preventivo. Hecho que evidencia la falta de planificación gubernamental.

Según informes de observación, las actividades agropecuarias están dedicadas principalmente al autoconsumo, debido a los altos costos de transporte desde las veredas hasta los cascos urbanos. (UACT, 2014) Así mismo, muchos de los cultivadores de coca, afirman estar en el negocio, debido a que las vías de acceso para la comercialización de cultivos es un impedimento, y a cambio pueden caminar y vender determinados kilos de coca por un valor superior. (El Tiempo, 2017)

9.4 Plan de energía

El servicio de energía eléctrica es el de mayor cobertura en el país, con un 97,6%. Incluso a nivel regional, la zona rural presenta coberturas de más del 80%. (DNP, 2015) Esto sin duda es importante como servicio público básico para garantizar unas condiciones de vida digna.

Sin embargo, un plan de energía no solo se debe limitar a la cobertura de la red nacional de energía eléctrica. Desde la implementación agroecológica, una de las premisas debe ser la de incrementar la eficiencia energética en las prácticas convencionales y en todo el ecosistema.

Es necesario pensar qué insumos de uso diario del agricultor necesitan energía (tractores, cosechadores, esparcidores, riego, cocina...), cómo estos funcionarán y si son necesarios o mejores que prácticas manuales. Posteriormente, ¿cómo se va a suplir esa demanda de energía?, ¿Se va a hacer uso de nuevas tecnologías en energías renovables?, ¿Qué inversión necesitan estas tecnologías?, ¿cómo aumentar la eficiencia y disminuir el impacto? son preguntas que debe responder este plan.

9.5 Plan de conectividad

El acceso comunitario a internet y su infraestructura necesaria en las zonas rurales es un compromiso que el estado adquirió en la firma del acuerdo de paz (OACP, 2016) y que ciertamente mejorará las condiciones de vida de los campesinos y su acceso a la educación formal e informal.

Además, será un aporte para la productividad, si consideramos que con el desarrollo de las aplicaciones web se abre otro abanico de tecnologías a utilizar. Por ejemplo, el uso de Google Earth, MideMapas o Trimble para la planificación de parcelas (Agricultureros, 2016); la App Abukato que le permite al propietario y al administrador de la finca manejar el inventario y sus productos

(El Espectador, 2016); aplicaciones para conocimiento de las condiciones climáticas, entre otros.

9.6 Plan de agua

El plan de agua debe propender por la gestión integral del recurso hídrico. No solamente se debe garantizar su acceso sino su calidad y uso correcto.

Adicionalmente, debe haber un plan de ahorro y racionalización del recurso, y de prácticas que fomenten su buen uso: aprovechamiento de agua lluvia, sistemas de riego por goteo, uso de fertilizantes y herbicidas orgánicos que no la contaminen; evitar el derroche en el hogar, aprovechar el agua no potable para usos que no lo requieran, etc.

10. Otras Alternativas

Como en todo proyecto, es sustancial considerar otras alternativas, las cuales pueden o no llevarse a cabo paralelamente con la sustitución de cultivos y aportar en diferentes aspectos al desarrollo del territorio.

10.1 Ecoturismo o turismo agroecológico

El ecoturismo es una modalidad de turismo que se realiza en zonas rurales o entornos naturales, donde los visitantes pueden viajar, conocer la producción agrícola local, las tradiciones culturales y aportar al desarrollo económico; todo en un marco del cuidado por la naturaleza y la biodiversidad.

Esta actividad, ha venido cobrando interés en los últimos años, y Colombia como país de tradición campesina, puede aprovechar los beneficios del turismo para promover programas de conservación natural, apoyo a la biodiversidad e incluso reforestación.

10.2. Pago por servicios ambientales – PSA

Desde el 2016 funciona en el país el esquema BanCO₂, el cual trabaja por la protección del ambiente a través de la prestación económica a familias vinculadas por medio del pago por servicios ambientales. “Los guardianes de los ecosistemas”, reciben el dinero como una retribución voluntaria por parte de empresas o personas naturales. (BanCO₂, 2019)

Este es un instrumento económico que las compañías pueden utilizar como medio de compensación de su huella ecológica y en el que las personas interesadas en el ambiente pueden realizar su aporte al planeta. Por otro lado, se vincula a las familias del sector rural para que protejan ecosistemas estratégicos en vez de explotarlos y a cambio reciban un ingreso.

Termina siendo una estrategia muy útil en el desarrollo de este plan, si se tiene en cuenta que algunas de las zonas de cultivos de coca pueden quedar poco fértiles después de pasar por los procesos de erradicación y pueden ser más aptas entonces para procesos de reforestación y conservación ambiental.

10.3 Agricultura familiar

Como se mencionó en el punto anterior, puede suceder que una vez erradicado el cultivo de la coca, las condiciones del terreno no sean aptas para plantaciones de cultivos a alta escala. Para esto la estrategia del PSA supone una solución económica, sin embargo, sumado a esto se debe incentivar en los campesinos la construcción de huertas caseras como una forma para garantizar la soberanía alimentaria y darle empoderamiento al agricultor de no depender de un recurso externo, al menos en la satisfacción de un servicio básico como lo es la alimentación.

Conclusiones

- Pese al conflicto armado, el problema agrario en Colombia no dista mucho de las dificultades que presenta el sector rural en los demás países latinoamericanos. La corrupción en la asignación de tierras, el subempleo, la competencia desleal de las grandes industrias, las invasiones de territorio, y la destrucción de los recursos naturales, ponen al agricultor en una situación de pobreza y abandono; y al mundo de cara a un grave problema de soberanía alimentaria.
- En el país, el mayor problema del campesino es sentirse oprimido frente a los grupos armados y frente al Estado que entrega la tierra al capital financiero y agroindustrial. De ahí el gran desafío que emprende el gobierno, puesto que en un escenario posconflicto, enfrenta competidores y saboteadores (las bandas criminales y otros grupos armados); desafía su propio sistema capitalista, y lidia contra la desconfianza de comunidades que han estado en situación de deterioro durante más de 50 años.
- En países en desarrollo, la evidencia muestra que, los pequeños productores tienen un mejor rendimiento por hectárea y en tiempo. Esta es la perfecta oportunidad para que los campesinos salgan de la marginalidad; pero por otro lado también es la ocasión para apalancar un plan de desarrollo rural sostenible y de bosques que sea integral y coordinado y que incluya a las instituciones gubernamentales, el sector privado y el CLPI de las minorías y otros grupos de interés.
- Teniendo en cuenta que una vez terminada la erradicación, el desarrollo del territorio empezará desde cero; la importancia de la implementación agroecológica radica en que esta trae de nuevo la relevancia de las prácticas tradicionales y reconoce que cada sistema de producción promueve y contiene diferentes interacciones ecológicas, por lo que demanda unas prácticas de manejo específicas. Estas interacciones garantizarán que,

una vez estabilizado el sistema, el agricultor dependa menos de insumos externos y obtenga un mayor empoderamiento.

- En un escenario ideal, lo anterior irá acompañado de una alta inversión en educación, investigación, tecnología e infraestructura; con el propósito de impulsar el desarrollo del sector rural.
- Por otro lado, pese a que dentro de la agroecología se proponen diferentes técnicas de agroforestería para promover la combinación de plantaciones de árboles, con cultivos y cría de animales; es imprescindible que en pro del ambiente y de mitigar los efectos que se avecinan producto del cambio climático, el Estado delimite y asegure la protección de los bosques y las nuevas áreas reforestadas, teniendo en cuenta que incluso para ello podrá y contará con el apoyo de los campesinos, las comunidades negras y los indígenas.
- Además, para fomentar la sostenibilidad, el Estado debe tomar el ejemplo de la Unión Europea y comenzar a apoyar a los productores más que a la producción. En la UE por ejemplo, las ayudas a los agricultores no están estrechamente relacionadas con la producción, sino ligadas a factores de mercado, lo que fomenta la sostenibilidad. (Comisión Europea, 2013)
- Finalmente, esta hoja de ruta no solo brinda las bases para la recuperación ambiental del territorio, sino que se presenta como una propuesta que evidencia que la transformación y estabilidad del ecosistema garantizarán una mejor calidad de vida para el campesino, una economía más incluyente y una reparación histórica de las víctimas. La guía se presenta como plan nacional, pero busca que cada proyecto regional sume más iniciativas e involucre más actores, siempre teniendo como meta la sostenibilidad.

Bibliografía

- Agriculturers. (18 de marzo de 2016). *Cómo usar Google earth para agricultura y gratis*. Recuperado el 23 de febrero de 2017, de Red de especialistas en agricultura: <http://agriculturers.com/usar-google-earth-agricultura-gratis/>
- Alegrett, R. (2003). *Evolución y tendencias de las reformas agrarias en América Latina*. Recuperado el 16 de agosto de 2016, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO: <http://www.fao.org/docrep/006/j0415t/j0415tob.htm#TopOfPage>
- Altieri, M., Koohafkan, P., & Holt Giménez, E. (18 de julio de 2012). *Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos*. Recuperado el 25 de julio de 2016, de Revista Agroecología: <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/170961>
- Báez, J. (2016). *El medio ambiente: la víctima olvidada*. Recuperado el 25 de mayo de 2016, de Revista Semana: <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/multimedia/medio-ambiente-conflicto-colombia/33709>
- BanCO2. (2019). *Servicios ambientales comunitarios*. Recuperado el 25 de febrero de 2017, de: <http://www.banco2.com/contenido/historia>
- Colombia. (11 de noviembre de 2015). *Cinco lugares para vivir el turismo agroecológico en Colombia*. Recuperado el 25 de febrero de 2017, de: <http://www.colombia.co/visita-colombia/cinco-lugares-para-vivir-el-turismo-agroecologico-en-colombia/>
- Comisión Europea. (junio de 2013). *Una agricultura sostenible para el futuro que queremos*. Recuperado el 26 de febrero de 2017, de: <http://santic.rds.hn/wp-content/uploads/2013/06/Una-agricultura-sostenible-para-el-futuro-que-qieremos.pdf>

- De Leo, A. (05 de julio de 2016). *Los cultivos de coca en Bolivia se estabilizaron en 2015*. Recuperado el 18 de septiembre de 2016, de UNODC: <https://www.unodc.org/unodc/es/press/releases/2016/July/unodc-monitoring-survey-reports-stabilisation-of-coca-bush-cultivation-in-bolivia-during-2015.html>
- Díaz, A., & Sánchez, F. (marzo de 2004). *Geografía de los cultivos ilícitos y conflicto armado en Colombia*. Recuperado el 25 de mayo de 2016, de Economía, Universidad de los Andes: https://economia.uniandes.edu.co/assets/archivos/Documentos_CEDE/D2004-18.pdf
- DNP. (2015). *Misión para la transformación del campo*. Bogotá: Dirección de Desarrollo Rural Sostenible del DNP.
- DNP. (2016). *Dividendos ambientales de la paz*. Bogotá: Gobierno de Colombia.
- DNP. (2017). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Recuperado el 26 de febrero de 2017, de Departamento Nacional de Planeación: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC_ABC%20Adaptaci%C3%B3n%20Bases%20Conceptuales%20CD.pdf
- Ecoticias. (22 de junio de 2012). *Turismo agroecológico*. Recuperado el 25 de febrero de 2017, de <http://www.ecoticias.com/sostenibilidad/67339/Turismo-agroecologico-ageicultura>
- El Espectador. (09 de diciembre de 2016). *Estudiante de Universidad Nacional diseño aplicación para beneficio de los agricultores*. Recuperado el 23 de febrero de 2017, de Tecnología: <http://www.elespectador.com/tecnologia/estudiante-de-u-nacional-diseno-aplicacion-web-benefici-articulo-669756>
- El Nuevo Siglo. (03 de junio de 2015). *El mundo ve sustitución de cultivos ilícitos*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de Orden

Público: <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/6-2015-el-mundo-ve-sustitucion-de-cultivos-ilicitos>

El Tiempo. (enero de 2017). *La Coca y la Paz*. Recuperado el 17 de enero de 2017, de <http://www.eltiempo.com/multimedia/especiales/la-coca-y-la-paz/16764687/1>

FARC-EP. (2016). *Quiénes somos y por qué luchamos*. Recuperado el 21 de agosto de 2016, de: <http://www.farc-ep.co/nosotros.html>

Fundación Secretos para contar. (2017). *Ecosistemas Colombianos*. Recuperado el 27 de enero de 2017, de: <http://www.secretosparacontar.org/Lectores/Contenidosytemas.aspx?Level=3&ParentCategoryId=53?CurrentCatId=227>

Gobierno. (septiembre de 2015). *Gobierno lanza estrategia integral de sustitución de cultivos ilícitos*. Recuperado el 04 de junio de 2016, de Presidencia de la República: http://wp.presidencia.gov.co/Noticias/2015/Septiembre/Paginas/20150922_02-Gobierno-lanza-Estrategia-Integral-de-Sustitucion-de-Cultivos-Illicitos.aspx

Gobierno de Perú. (junio de 2016). *Perú: monitoreo de cultivos de coca 2015*. Recuperado el 18 de septiembre de 2016, de UNODC: https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Peru/Peru_monitoreo_coca_2016.pdf

IDEAM. (noviembre de 2016). *Inventario nacional y departamental de gases de efecto invernadero - Colombia*. Recuperado el 26 de febrero de 2017, de Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>

INFOBAE. (11 de julio de 2016). *Colombia inició la sustitución de cultivos de coca con el apoyo de las FARC*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de América Latina: <http://www.infobae.com>

com/america/america-latina/2016/07/11/colombia-inicio-la-sustitucion-de-cultivos-de-coca-con-el-apoyo-de-las-farc/

Jerez, C. (2016 de Julio de 2016). *Nueva institucionalidad, financiación e implementación de los acuerdos de paz*. Recuperado el 23 de febrero de 2017, de La silla vacía: <http://lasillavacia.com/silla-llena/red-de-la-paz/historia/nueva-institucionalidad-financiacion-e-implementacion-de-acuerdos>

Justicia. (2015 de septiembre de 2015). *Si erradican Coca, los pequeños cultivadores no irían a la cárcel*. Recuperado en octubre 15 de 2016, de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/politica/justicia/cultivos-ilicitos-en-colombia-pequenos-cultivadores/16347535>

Justicia. (09 de enero de 2017). *Gobierno pretende acabar con 100.000 hectáreas de coca en 2017*. Recuperado el 17 de enero de 2017, de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/politica/justicia/plan-para-erradicar-cultivos-de-coca-en-colombia-en-2017/16788688>

Melo Moreno, V. (2005). *Sociales 5*. Bogotá: Norma.

MinAmbiente. (15 de febrero de 2018). *La zonificación ambiental participativa es la manera de construir la paz en los territorios*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3585-la-zonificacion-ambiental-participativa-es-la-manera-de-construir-la-paz-en-los-territorios>

Nicholls, C., & Altieri, M. (enero de 2007). *Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción*. Recuperado el 04 de junio de 2016, de Revista Ecosistemas: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>

- OACP. (2016). *Proceso de paz*. Recuperado el 21 de agosto de 2016, de Oficina del alto comisionado para la paz: <http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/Paginas/inicio.aspx>
- Ocampo, J. J. (2004). *El caucho natural, alternativa viable para tierras marginales cafeteras y cultivo promisorio para la sustitución manual de cultivos ilícitos*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de Bdigital Universidad Nacional: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1035/1/johnjairoclavijooocampo.2004.pdf>
- Padilla Osorio, J. (2013). *Cultivos de Clima Cálido*. Recuperado el 27 de enero de 2017, de Universidad Nacional: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303021/MODULO%20CALIDO_2013.pdf
- Palomino, S. (05 de mayo de 2016). *Colombia autoriza la erradicación de cultivos ilícitos con Glifosato*. Recuperado el 16 de enero de 2017, de El País: http://internacional.elpais.com/internacional/2016/05/05/colombia/1462412622_636433.html
- Policía Nacional. (2014). *Coca: deforestación, contaminación y pobreza*. Recuperado el 18 de septiembre de 2016, de Observatorio de drogas de Colombia: <http://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES>
- Política. (14 de marzo de 2016). *Sacar a 64.500 familias de la coca valdría \$1,2 billones*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/politica/gobierno/cultivos-ilicitos-en-colombia/16536121>
- Restrepo Aristizábal, V. (2014). *Derecho Internacional de Cambio Climático y retos para Colombia*. Bogotá: Universidad del Externado.
- Rivera, C., & Sicard, T. (diciembre de 2013). *Anotaciones para una historia de la Agroecología en Colombia*. Recuperado el 13 de

agosto de 2016, de Revista gestión y ambiente: <http://www.bdigital.unal.edu.co/38305/1/40885-186771-1-PB.pdf>

Rocha García, R., & Martínez, H. (18 de junio de 2015). *Coca en Colombia: efecto balón, vulnerabilidad, e integralidad de políticas*. Recuperado el 15 de mayo de 2016, de Departamento Nacional de Planeación DNP: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/431.pdf>

Salazar Nieto, L. (2015). *Cultivos de Clima medio*. Recuperado el 27 de enero de 2017, de Universidad Nacional: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303022/Modulo_del_curso_en_exe/leccin_1_el_piso_trmico_medio.html

Secretaría del senado. (2016). *Leyes y actos legislativos*. Recuperado el 26 de enero de 2017, de Gobierno de Colombia: <http://www.secretariasenado.gov.co/index.php/leyes-y-antecedentes>

SOCLA. (2015). *Agroecology: key concepts, principles and practices*. Recuperado el 23 de enero de 2017, de Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología: <http://agroeco.org/>

Soto, U. O. (20 de septiembre de 2016). *La stevia: cultivo de sustitución, diversificación y postconflicto*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de El Espectador: <http://www.elespectador.com/opinion/stevia-cultivo-de-sustitucion-diversificacion-y-postcon>

UACT. (2014). *Informe ejecutivo, encuentro nacional de Desarrollo Alternativo*. Medellín: Dirección de programas contra cultivos ilícitos.

UACT. (2015). *Manual técnico operativo modelo de posterradicación y contención*. Bogotá: Dirección de programa contra cultivos ilícitos.

UNDOC. (2015). *Monitoreo de cultivos de coca 2014*. Bogotá: Gobierno de Colombia.

UNDOC. (2018). *Colombia. Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2017*. Bogotá: Gobierno de Colombia.

UNODC. (enero de 2017). *Desarrollo Alternativo*. Recuperado el 11 de enero de 2017, de Oficina de las naciones unidas contra las drogas y el crimen: <https://www.unodc.org/unodc/en/alternative-development/overview.html>

Villanueva Mejía, D. (28 de junio de 2018). *Análisis Sector Agrícola y Pecuário*. Obtenido de Universidad EAFIT: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Informe%202/ANEXO%201_An%C3%A1lisis%20sector%20agr%C3%ADcola.pdf

CAPÍTULO 3: Establecimiento de una Huerta Comunitaria de Permacultura como Estrategia para Mejorar la Seguridad Alimentaria Boyacense

*Erika Fhaisuly Sierra Cárdenas*⁵
*William Frend Osorio Zambrano*⁶
*Wilfred Edilberto Espinosa Manrique*⁷
*Jenny Tatiana Medina Moreno*⁸

Resumen

Las Naciones Unidas proponen eliminar el hambre para el año 2030, una meta ambiciosa que es urgente lograr en Colombia. La pobreza y desnutrición están presentes en un amplio sector de la población colombiana, algo especialmente preponderante en las zonas rurales del departamento de Boyacá. La causa de la desnutrición de los campesinos boyacenses depende de la combinación de múltiples factores, entre los que se cuentan las razones de tipo económico, cultural y técnico. Un entramado de problemas que conlleva a una dieta desbalanceada (rica en carbohidratos, proteínas y lácteos, y pobre en cereales, frutas y verduras) para las familias campesinas boyacenses. A una nutrición deficiente, se suman múltiples problemas medioambientales provocados por un manejo inapropiado de los recursos hídricos y ecosistémicos en la producción agropecuaria del departamento de Boyacá. Para generar procesos que mejoren la seguridad alimentaria de los campesinos boyacenses, tanto en cantidad, calidad y variedad, se realizaron una serie de actividades de tipo Investigación-Acción Participativa que apoyó a un grupo de madres cabeza de familia de la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá (Boyacá), en la apropiación

5 Magister em Recursos Hidricos e Ambientais. Docente investigadora Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Boyacá. efsierra@uniboyaca.edu.co

6 Doctorado Queen's University Pathology & Molecular Medicine. Docente Investigador Facultad de ciencias e Ingeniería. Universidad de Boyacá. wfosorioz@unal.edu.co

7 Magister en Química - UPTC. Docente investigador Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Boyacá. weespinosa@uniboyaca.edu.co

8 Máster en Gestión Ambiental y Energética de las Organizaciones. Docente investigador Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Boyacá. jtmedina@uniboyaca.edu.co

y aplicación de conceptos básicos de una producción agrícola sostenible (tipo permacultura), optimizando la utilización del recurso hídrico y la preservación de los ecosistemas. En los procesos participativos y comunitarios, se logró la apropiación y aplicación de los conceptos básicos de la naturaleza en procesos productivos sostenibles a través del diseño de jardines de permacultura.

Introducción

Un desafío mundial para el año 2050 es cubrir un aumento del 60% en la demanda de alimentos para sostener nueve mil millones de personas. Al ser la seguridad alimentaria una prioridad a nivel mundial, la organización de las Naciones Unidas ha fijado como meta eliminar el hambre para el año 2030 (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2019; World Economic Forum, 2019). La necesidad de garantizar la seguridad alimentaria en Colombia es especialmente relevante, debido a que la situación de pobreza y desnutrición está presente en un amplio sector de la población colombiana, lo que además es especialmente manifiesto en las zonas rurales de varios departamentos como es el caso de Boyacá. La desigualdad en Colombia es grande con un índice Gini calculado de 49,7% para el año de 2017 (Grupo Banco Mundial, 2019), y aunque, el país es considerado actualmente de ingresos medios, 21 millones de colombianos son pobres y seis millones viven por debajo del nivel de pobreza extrema.

El 25% de la población colombiana se localiza en las zonas rurales, áreas donde se concentra la pobreza, con un 64% de los habitantes clasificados como pobres y un 29% como extremadamente pobres. Altos niveles de pobreza, se observan especialmente en ciertas regiones del país como los departamentos de Boyacá, Cauca, Chocó, Córdoba, Huila, Nariño, Sucre y Tolima, donde un 60% de los habitantes son pobres. Aunque el índice global de hambre de Colombia es considerado de 8, lo que se ha considerado bajo, se debe aclarar que no está muy alejado del índice global de hambre medio que es 9.9 (Food Security Portal, 2017; The World Bank, 2019). En el caso específico de los hogares de las familias boyacenses en las zonas rurales, se ha detectado una dieta insuficiente y desbalanceada, y

la razón de esto, se atribuye a diferentes factores, entre los que se incluyen los económicos, culturales y técnicos.

Se observa que la dieta promedio de los campesinos boyacenses, se basa en los carbohidratos, proteínas y lácteos, dejando de lado los cereales, las frutas y las verduras (Burgos Ayala, 2017). Los productos alimenticios más vendidos y consumidos en Boyacá son la carne de pollo y de gallina, leche entera líquida, yogur, queso y refrescos, reflejando una dieta no equilibrada. Esta situación es especialmente preponderante entre los cultivadores de papa, cuya dieta es basada en carbohidratos, lácteos o proteínas (Burgos Ayala, 2017; Ospina, Manrique, & Ariza, 2008). A nivel mundial, se ha determinado que alrededor de una de cada tres personas padece de algún tipo de malnutrición, ya sea hambre, deficiencia de micronutrientes, sobrepeso u obesidad. En el caso de sobrepeso u obesidad, se sabe que este problema de salud está presente en más de la mitad de la población mundial. En el caso específico de Boyacá, se reporta que es el cuarto departamento con el índice más alto de obesidad entre adultos (18 a 69 años) (Bhunoo, 2018; Burgos Ayala, 2017).

Desde el punto de vista del medio ambiente, la producción de alimentos a nivel mundial presenta múltiples retos. De mantenerse mundialmente el mismo tipo de dieta, se proyecta que para el 2050 se necesitará un 120% más de agua y un 42% más de tierras de cultivo para alimentar a los seres humanos. Además, para ese tiempo los bosques se habrán reducido un 14% y la generación de gases de efecto invernadero habría aumentado un 77% (Bhunoo, 2018). Un 40% de los suelos en Colombia presentan algún grado de degradación por erosión. El departamento de Boyacá presenta una magnitud de erosión del 72,1% con un grado de erosión severa del 6,8% (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005). Dentro de las causas de la degradación de los suelos, se encuentra un desconocimiento de su compleja estructura e interacciones como fuente de servicios ecosistémicos, la falta de utilización de tecnologías apropiadas para su gestión, así como, la poca educación en prácticas de manejo sostenible de los mismos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005). El tipo predominante de erosión en Colombia (28.6%) presenta una pérdida del componente orgánico y de la

biodiversidad, los cuales son factores necesarios para mantener la resistencia y resiliencia de los suelos, cuando son afectados por los efectos adversos de la variabilidad climática y el cambio climático (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005).

Por lo mencionado anteriormente, un manejo inadecuado de los suelos en Colombia y Boyacá ha disminuido su productividad a través de los años, lo que está generando un impacto negativo en la seguridad económica y alimentaria de los campesinos boyacenses (Entre ojos, 2017). El mal manejo agronómico de los suelos, las precarias condiciones económicas y la cultura de los habitantes de las zonas rurales del departamento de Boyacá, propician que la nutrición de los campesinos boyacenses no sea adecuada. Estas situaciones no son ajenas a la población del municipio de Sotaquirá y las veredas de Bosigas, lo cual fue confirmado por sus habitantes, a través de múltiples visitas a la zona y la realización de talleres de investigación acción-participativa tipo “Plan Barrio” (Llop Torné, Herrero Canela, & Tapia Uriona, 2014), los cuales fueron realizados en conjunto con la maestría en Urbanismo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Boyacá, y dirigidos por el experto internacional Pedro Pablo Lorenzo Gálligo. En estos talleres de autodiagnóstico, la comunidad expresó su preocupación acerca de los problemas observados en el deterioro de la producción de los suelos, la disminución en la disponibilidad de agua para cultivos y la falta de posibilidades económicas y tecnológicas para el sector agropecuario. A raíz de ello se propone la investigación “Principios de permacultura como estrategia para la producción de alimentos sanos en la comunidad de la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá – Boyacá”, a continuación se presenta los resultados de la fases uno, llegando al alcance del diseño de jardines de permacultura para las familias participantes en el proceso investigativo, este estudio de caso aborda la problemática, estrategias metodológicas, resultados, conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron de un proceso con enfoque de investigación acción participación (Llop Torné, Herrero Canela, & Tapia Uriona, 2014) a través de una colectividad de madres cabeza de hogar de la vereda Bosigas Norte y los investigadores, con el fin de establecer prácticas agrícolas

sostenibles, aportando al logro de los objetivos uno, dos y tres del desarrollo sostenible.

1. Idea Básica del Texto

1.1 Problema

Las Naciones Unidas (2015), plantearon una serie de 17 objetivos de desarrollo sostenible a nivel mundial, con el fin de erradicar la pobreza, incentivar la prosperidad y bienestar para todos, al igual que proteger el medio ambiente y tomar medidas frente al cambio climático (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2019). La implementación de estrategias para lograr estos objetivos debe ser una prioridad en Colombia, para comenzar a corregir los problemas de pobreza, desnutrición e inequidad que sufre gran parte de la población, algo especialmente presente en las zonas rurales del país. En el departamento de Boyacá es necesario que se desarrollen procesos de agricultura sostenible, como la permacultura comunitaria, que permitan mejorar las condiciones de seguridad alimentaria de los campesinos, al tiempo que se generen alternativas económicas sostenibles en procesos asociativos. En la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá, se detectó la necesidad de apoyar la comunidad en aspectos agroalimentarios de tipo sostenible, ya que a través de una serie de talleres de autodiagnóstico comunitario, realizados por la Universidad de Boyacá en el año 2017, la comunidad mostró su preocupación por la cada vez menor disponibilidad de agua para sus cultivos, la falta de productividad de los suelos, los altos costos de los agroquímicos y los bajos precios de la venta de sus cosechas.

Por otra parte, muchos de los problemas de deterioro de los diferentes ecosistemas del departamento de Boyacá, se originan por las prácticas insostenibles aplicadas por los cultivadores en el manejo del recurso hídrico, los suelos, la elevada e inadecuada utilización de agroquímicos y la pérdida de la biodiversidad a todos los niveles de los ecosistemas. Fortalecer una adecuada educación en los temas de desarrollo sostenible es imperativo. Debido a

estos manejos insostenibles de los territorios, y con la intención de mejorar la educación de los colombianos para la sostenibilidad, se crearon los Comités Interinstitucionales de Educación Ambiental Municipales (CIDEA) con el propósito de diseñar, orientar, acompañar y evaluar los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y los Proyectos Comunitarios de Educación Ambiental (PROCEDA) en las diferentes regiones del país, lo que permite atender las diferentes problemáticas, perspectivas y necesidades ambientales de cada territorio (Parra, Ruíz, & Viasús, 2017). La educación en sostenibilidad es un área que tiene cada vez más relevancia en el desarrollo de una región y un país (Novo, 2009). De acuerdo a lo anterior, es necesario crear escenarios de aprendizaje e investigación en el que se involucren las comunidades para fortalecer el conocimiento y la apropiación de los diferentes temas que son necesarios para el desarrollo sostenible de una región. El desarrollo de proyectos de agricultura orgánica que propendan por un desarrollo sostenible de los territorios es prioritario, además, estos trabajos deben ser desarrollados con la comunidad, a partir de sus propias preocupaciones, necesidades y aspiraciones. Esto con el fin que, en el proceso de construcción e implementación de los proyectos, la comunidad se apropie de los conceptos de desarrollo sostenible y se empodere al lograr los beneficios de la aplicación de los mismos. Proyectos en permacultura comunitaria son necesarios para apoyar el PROCEDA del municipio de Sotaquirá, debido a que este tipo de agricultura orgánica propicia prácticas agrícolas sostenibles, que preservan y recuperan los ecosistemas y los múltiples servicios prestados por los mismos. En adición a las ventajas agroecológicas mencionadas, la permacultura comunitaria genera múltiples posibilidades para el trabajo asociativo y el fortalecimiento del tejido social de la comunidad.

1.2 Estrategias

Reflexión, diseño y aplicación colectiva de métodos de agricultura sostenible como estrategia para mejorar la seguridad alimentaria de los campesinos boyacenses.

En un proceso de varios años, un grupo interdisciplinario de profesores de la Universidad de Boyacá contactó y creó lazos con líderes de las diferentes veredas del municipio de Sotaquirá, con el fin de apoyarlos con temas de desarrollo sostenible. Una especial relación logró forjarse con los integrantes de la Junta de Acción Comunal (JAC) de la vereda Bosigas Norte. Un primer ejercicio de participación comunitaria y la Universidad de Boyacá, se realizó en el año 2017 con la realización de una serie de talleres de investigación acción-participativa tipo “Plan Barrio” (et. Al Llop Torné, Herrero Canela, & Tapia Uriona, 2014), dirigidos por el experto internacional Pedro Pablo Lorenzo Gállego, apoyado por profesores de diferentes disciplinas de la Universidad de Boyacá. En estos talleres de reflexión y autodiagnóstico, la comunidad expresó muchas preocupaciones acerca de variados temas de índole social, económico y ambiental. A partir de este primer ejercicio comunitario de reflexión, profesores de la Facultad de ciencias e ingeniería de la Universidad de Boyacá comenzaron a trabajar en conjunto con miembros de la JAC de la vereda Bosigas Norte para desarrollar proyectos en conjunto con el fin de apoyar el desarrollo sostenible de la región. En el año 2018, se dio la oportunidad de que la JAC de la vereda Bosigas Norte se presentará a la convocatoria “Fondo finca creemos en el campo de 2018” de la Secretaría de Fomento Agropecuario de la Gobernación de Boyacá, con la asesoría de un grupo interdisciplinario profesores de la Universidad de Boyacá. El trabajo mancomunado de las dos instituciones permitió que la vereda ganara la convocatoria con un proyecto dirigido a apoyar los habitantes de la vereda en la aplicación de agricultura de tipo sostenible. Veinticuatro mujeres cabeza de familia y un hombre cabeza de familia fueron beneficiarios para la construcción e implementación de un sistema de cosecha de aguas lluvias y riego por goteo con tanque tipo <zamorano> para huertas orgánicas tipo permacultura al ganar la convocatoria de la Gobernación de Boyacá. Con el fin de poder apoyar este proceso, se acordó que la preparación, apropiación e implementación del sistema de recolección de agua de lluvia y la huerta orgánica, sería asistido por los profesores de la Universidad de Boyacá, en el marco de dos convenios interinstitucionales realizados entre la Universidad de Boyacá y la JAC de la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá.

Para tal fin, se realizaron una serie de talleres de tipo participativo con los 25 beneficiarios en los que se generaron procesos de concientización, apropiación y aplicación de diferentes prácticas de tipo sostenible, tanto en los temas de la cosecha de agua de lluvia, almacenamiento y su uso óptimo en una huerta orgánica, como en los temas requeridos para establecer una huerta de permacultura (Bendt, Barthel, & Colding, 2013). En este proyecto el enfoque fue de tipo cualitativo, donde predominaron las subjetividades de los participantes, utilizando una metodología de cartografía social (Gurdián-Fernández, 2007; Velez Torres, Rátiva Gaona, & Varela Corredor, 2012). Lo que permitió la reflexión alrededor de un espacio físico y social específico, sobre los temas presentados, para que los talleristas crearán una interconexión entre los distintos valores sociales y ecológicos, y la importancia de aplicar prácticas de desarrollo sostenible en su territorio (Hamann, Biggs, & Reyers, 2015). En los talleres participativos se utilizaron múltiples técnicas, entre las que se incluyeron la aplicación de encuestas, la realización de entrevistas semiestructuradas y los grupos de discusión (Bendt et al., 2013). En este proceso, los participantes fueron preguntados sobre temas relevantes acerca del agua y las prácticas de agricultura tradicional, con el fin de hacerlos dialogar y reflexionar acerca de la sostenibilidad de dichas prácticas. Todo lo anterior, motivando a los talleristas a que después de llegar a acuerdos entre los grupos conformados en cada taller, presentarán sus respuestas de manera gráfica en carteleras elaboradas por cada grupo, lo que permitió la realización de mapeos colectivos, la reflexión grupal, la concientización y la apropiación de conocimientos relacionados con el manejo sostenible del agua y la agricultura en general.

1.3 Estudio de caso

La pobreza de las zonas rurales del departamento de Boyacá, los problemas de desnutrición crónica de la población y la reducida productividad de los suelos boyacenses requieren una intervención para mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales (Bhunoo, 2018; Burgos Ayala, 2017; Food Security Portal, 2017; Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005; Ospina, Manrique, &

Ariza, 2008; Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2019; The World Bank, 2019; World Economic Forum, 2019).

Esta intervención demanda procesos que tiendan a eliminar la pobreza en Boyacá, mejorar la nutrición de los boyacenses y recuperar los suelos degradados, a su vez, estos deben ser desarrollados en marco de la sostenibilidad con el fin de garantizar la subsistencia de las presentes y futuras generaciones en Boyacá (Allouche, 2011; Holden, Linnerud, & Banister, 2017; Hopwood, Mellor, & O'Brien, 2005). Las prácticas de agricultura moderna, si bien inicialmente lograron aumentar la producción agrícola, con el paso del tiempo generaron múltiples problemas como la erosión de los suelos, la compactación de los mismos, el aumento del uso de agroquímicos y el aumento de los costos de producción, entre otros (Dewitt, 2008; Horrigan, Lawrence, & Walker, 2002).

El concepto de agricultura sostenible tiene en cuenta los aspectos ambientales, sociales y económicos en la agricultura (Brodth et al. 2011), debido a que la sostenibilidad agrícola está basada en el principio de que se deben satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Además, un proceso de agricultura sostenible tiene en cuenta los aspectos sociales, tales como las condiciones de trabajo y de vida de los trabajadores rurales, al igual que las necesidades de las comunidades. En sí, este concepto busca la mejor administración de la tierra y los recursos naturales con el fin de mantener o mejorar la calidad de los mismos, y asegurar su regeneración futura (Brodth, Six, Feenstra, Ingels, & Campbell, 2011; Fenton, 2012; Padmavathy & Poyyamoli, 2011). En respuesta a los problemas generados por la agricultura moderna, se originó la permacultura, término que originalmente se refería a una agricultura permanente, y luego, se expandió a un concepto de cultura permanente. Los principios de la permacultura se basan en el diseño para lograr la máxima interacción y optimización de los diferentes componentes de un ecosistema en un tipo de jardín, aprovechando las grandes ventajas de la biodiversidad y los diferentes procesos naturales (Mollison, 1996). En los procesos de permacultura, la intervención en el suelo es mínima, protegiendo la estructura del suelo y su recuperación.

Además, en la permacultura no se utilizan agroquímicos de ningún tipo, lo que permite una agricultura completamente orgánica que aprovecha las ventajas del policultivo y los principios de resiliencia otorgados por la biodiversidad a todos los niveles (Ferguson & Lovell, 2014; Mollison, 1981). La permacultura se ha expandido en varios proyectos alrededor del mundo a un manejo comunitario, lo que es visto de una forma positiva por algunos antropólogos, ya que este sistema se presta para que las comunidades se integren, fortalezcan su tejido social y aprendan a implementar procesos de desarrollo sostenible (Veteto & Lockyer, 2008). En el departamento de Boyacá es necesario que se desarrollen procesos de agricultura sostenible como la permacultura comunitaria que permitan mejorar las condiciones de seguridad alimentaria de los campesinos, al tiempo que genera alternativas económicas sostenibles en procesos asociativos.

Adicional a las problemáticas de desnutrición, erosión de suelos y prácticas agronómicas no sostenibles, se requiere que las comunidades boyacenses mejoren el manejo del recurso hídrico para contribuir con el crecimiento sustentable de la región. Aparte de un manejo adecuado del recurso hídrico por parte de la comunidad, es necesaria la adaptación de los habitantes de la región a los efectos del cambio climático, reduciendo la dependencia de los campesinos boyacenses a un patrón regular de lluvias para poder producir alimentos. Una estrategia práctica y económica es estimular y apoyar a las comunidades para que realicen procesos de captación de agua de lluvia y su uso eficiente (Cais-uruza-uach, Torres, Calzada, Sandoval, & Trujillo, 2006; FAO, 2013; Gilberto Murillo Urrutia et al., 2018). Por tanto, se requiere el apoyo a las comunidades en los procesos de educación y apropiación acerca del manejo apropiado del agua, teniendo en cuenta todo su ciclo que va desde su captación a partir de agua de lluvia, su almacenamiento, y finalmente, su utilización óptima.

En este proyecto de permacultura comunitaria con madres cabeza de familia de la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá (Boyacá), se diseñaron una serie de talleres con el fin de que los participantes logran apropiarse de los conceptos básicos de la

captación de agua de lluvia y su utilización óptima en una huerta de agricultura orgánica sostenible tipo permacultura. Todo esto con el fin de que posteriormente, las madres y padres cabeza de familia aplicarán estas prácticas de agricultura sostenible en sus predios para una producción de alimentos sanos y variados.

A continuación, el manuscrito abordará la metodología, los resultados, las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron del ejercicio colectivo de aprender y apropiarse de los conceptos básicos del manejo sostenible del recurso hídrico y su utilización en una huerta orgánica de permacultura:

2. Metodología

Con una visión al paradigma de un “mejor futuro”, se utilizó la permacultura y sus principios como una herramienta para preparar un mundo menos mecanizado, menos globalizado económicamente y desurbanizado (Mollison, 1996).

Como se observa en la Figura 1, como primera medida a tal filosofía, se realizó un proceso de observación y análisis en la comunidad de la vereda Bosigas, reconociendo su entorno cultural y social. De esta manera, se dio inicio un proceso de diálogo y construcción de conocimiento con la comunidad, bajo comunidad, bajo los principios de la ética, del ciclo del agua y la permacultura, que continuó con un proceso de apropiación acerca de las estrategias de diseño de un jardín de permacultura, técnicas de establecimiento, aprovechando las diferentes experiencias y conocimientos ancestrales enmarcados en la agricultura sostenible, como se explicará a continuación:

El proceso de formación comenzó con talleres conversatorios y cuestionarios paralelos a cada uno de los encuentros de construcción colectiva del conocimiento, que en conjunto con conversaciones adicionales y personalizadas permitió la apropiación de los principios de diseño y funcionamiento de la permacultura, lo que resultó en la adopción por parte

de las familias participantes de esta forma de agricultura sostenible para sus huertas.

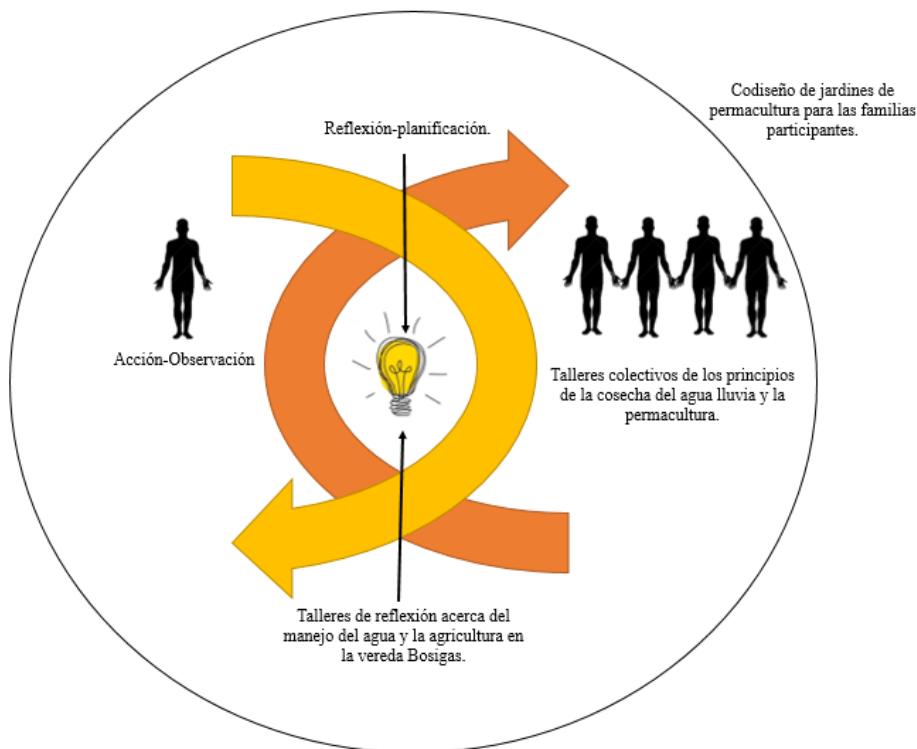


Figura 7. Metodología desarrollada para la población de estudio en la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá. Fuente. Autores.

Luego, se procedió a una visita al sitio para realizar observaciones, cuyo resultado final fue un diseño a escala para cada uno de los casos, en donde se representaron las ubicaciones de las casas, los tanques de captación de aguas lluvias, las áreas cultivables, el diseño del jardín de permacultura y el perfil hidráulico, conllevando así, a la futura fase de discusión e instalación del proyecto.

3. Resultados

En el transcurso de la investigación, los talleristas reflexionaron y plasmaron sus percepciones acerca de la agricultura y el manejo del agua. Esto permitió definir nuevas perspectivas de su territorio,

asociando sus acciones con las condiciones de vida, además la comunidad se hizo consciente de la importancia de tomar acción frente a las problemáticas de su actividad agrícola, a raíz de ello se apropiaron y comprendieron los principios básicos de la permacultura, a través del diseño de los jardines de permacultura en sus hogares.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los distintos encuentros y talleres participativos, la metodología aplicada parte de la reflexión para llegar a la acción (Llop Torné, Herrero Canela, & Tapia Uriona, 2014), por medio de un trabajo colectivo realizado entre los investigadores y la comunidad de la vereda Bosigas Norte, lo que aportó a la construcción del tejido social de la comunidad, gracias a la generación acuerdos y la construcción colectiva del conocimiento. Como evidencia de esto, tanto las madres cabeza de familia como sus hijos fueron los protagonistas del proceso investigativo, que contribuyó a la cimentación de las bases, para hacer realidad la aplicación de una agricultura sostenible en el territorio rural de Sotaquirá, al integrar las presentes y futuras generaciones.

3.1 Talleres de reflexión acerca del manejo del agua y la agricultura en la vereda Bosigas

En el transcurso de los talleres realizados, los talleristas reflexionaron y plasmaron sus percepciones acerca de los temas del ciclo del agua, la cosecha y almacenamiento de agua de lluvia y sus prácticas agrícolas. Esto al ser sumado a los videos y presentaciones técnicas sobre dichos temas, permitió una discusión más profunda acerca de estos conceptos fundamentales en un desarrollo sostenible, además de propiciar un proceso de reflexión en comunidad acerca de los conceptos básicos a tener en cuenta al momento de realizar permacultura y en general cualquier tipo de actividad agropecuaria sostenible.

A partir de los resultados de cada uno de los talleres, se puede identificar un proceso de sensibilización de la comunidad hacia

los temas del cuidado del agua y de la importancia de las prácticas agrícolas sostenibles para el futuro de la región.

En relación al manejo del agua, la comunidad identificó los cambios drásticos en los patrones de lluvia que se han venido presentando en los últimos años y sus efectos directos en la vida diaria de todos los habitantes, lo cual les ayudó a sensibilizarse con la importancia de entender el ciclo del agua, y comprometerse a aplicar las prácticas necesarias en el cuidado y uso eficiente de la misma, en su región como parte del proceso de adaptación al cambio climático (Figura 2). Asimismo, los encuentros permitieron a la comunidad una mayor concientización a cerca de la importancia vital del agua y su cuidado, ya que la comunidad reconoció que debido a la facilidad que brindan los sistemas modernos de acueducto y distribución del agua, existe una mayor accesibilidad y disponibilidad de la misma, pero debido a esto, hoy en día el agua no se valora y se cuida como lo hacían sus antepasados. Debido a este ejercicio de reflexión colectiva, los talleristas reconocieron la necesidad de la importancia de retomar las prácticas ancestrales de reciclaje y manejo del agua practicadas en el territorio por sus padres y abuelos.



Figura 8. Mapeo colectivo “Ciclo del agua”, fuente. Autores.

En cuanto a la agricultura, los talleristas concluyeron que las diferentes causas y efectos de las distintas problemáticas de la agricultura en la actualidad, están relacionadas con sus inadecuadas prácticas agrícolas, lo que se evidencia en la baja productividad de sus terrenos, la baja calidad de las cosechas y la poca ganancia en la venta de los mismos, lo que produce una reducción en la

calidad de vida de las familias campesinas en general (Figura 3). Tras un ejercicio de reflexión y análisis colectivo, las madres cabezas de familia concluyeron que la permacultura podía ser una alternativa sostenible y necesaria de realizar, al reconocerse la conexión que existe entre una adecuada productividad del suelo y la aplicación de prácticas agrícolas sostenibles.

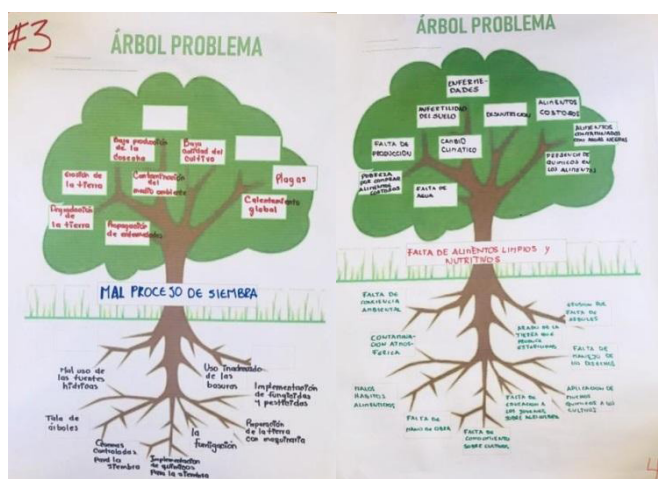


Figura 9. Árboles problema “las prácticas agrícolas actuales”, fuente. Autores.

3.2 Talleres participativos de los principios de la cosecha de agua lluvia y la permacultura

En esta fase, se realizó una construcción colectiva de saberes para el manejo sostenible del agua y la agricultura. Fue interesante observar que, en este proceso participativo, los talleristas llegaron a acuerdos, acerca de la importancia del cuidado, ahorro y uso eficiente del agua, al igual que la utilización de prácticas sostenibles en agricultura. Algo especialmente relevante fue que, en el proceso de reflexión y construcción colectiva de este conocimiento, la comunidad reconoció que este nuevo conocimiento era fundamental para la adaptación de la población a las cambiantes condiciones ambientales actuales de su territorio, y poder mejorar su calidad de vida.

Los participantes reflexionaron sobre las prácticas de cuidado de las fuentes de agua y su ahorro, al reconocer que es un recurso de alto valor para la vida. A partir de esto, los talleristas reconocieron la importancia de la cosecha, almacenamiento y uso eficiente del agua de lluvia, como proceso de mitigación al cambio del clima (Figura 4). Además, en un proceso de construcción colectiva, la comunidad acordó que un sistema de riego eficiente era el que alimentaba directamente la raíz de la planta, como es el caso del riego por goteo (Figura 5).

En cuanto a los principios de la permacultura en un proceso de participación activa, la comunidad reconoció que este sistema de agricultura sostenible responde a las problemáticas de su actividad agrícola, y, por ende, en el ejercicio de diseño colectivo de un jardín de permacultura, reconocieron que la siembra de distintas asociaciones de plantas y el manejo del agua lluvia, son ejes fundamentales de este tipo de agricultura orgánica (Figura 6).

Al finalizar el proceso de construcción colectiva, se observó el fortalecimiento del tejido social de la comunidad y la apropiación de los principios de la permacultura, al manifestar los talleristas su deseo de practicar la permacultura en sus casas. Por tal razón, como parte del ejercicio de construcción y apropiación de los principios de agricultura sostenible, se continuó con el codiseño de los jardines de permacultura de cada madre cabeza de familia, el cual también incluyó el apoyo en el diseño particular del sistema de manejo y cosecha del agua de lluvia para cada predio, todo esto con el fin de apoyar y diseminar la aplicación de la permacultura en el territorio como parte de las acciones que permitan un desarrollo sostenible de la vereda Bosigas Norte.



Figura 4. Mapeo colectivo “Cosecha y almacenamiento de agua de lluvia”, fuente. Autores.

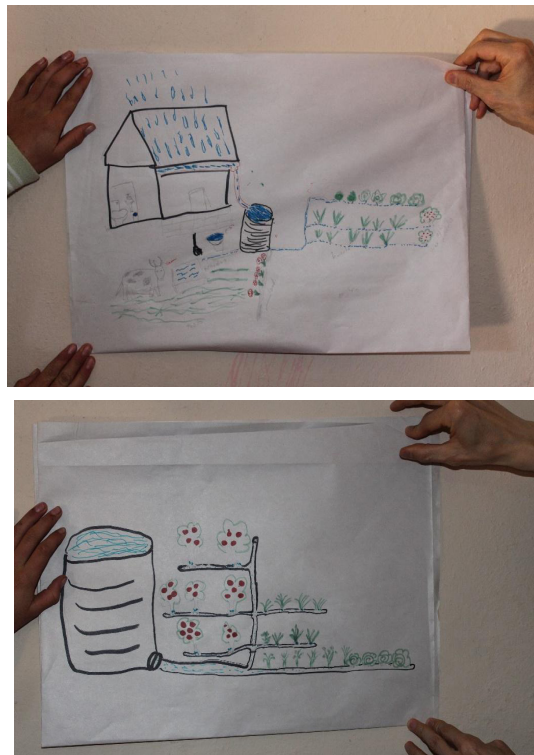


Figura 10. Mapeo colectivo “Sistemas de riego eficiente”, fuente. Autores.

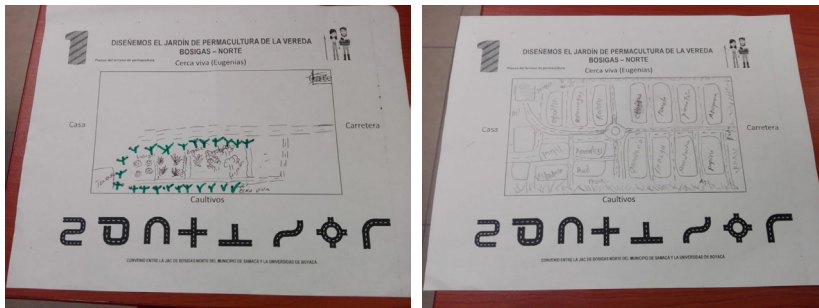


Figura 11. Diseño colectivo de un jardín de permacultura, fuente. Autores.

3.3 Codiseño de jardines de permacultura para las familias participantes

Una vez hecha la retroalimentación entre comunidad y orientadores, y habiendo obtenido el máximo posible de información, se procedió a hacer un plan de trabajo basado en los diseños de permacultura. Dichos diseños, prestaron atención a la estética y la belleza, pero también tuvieron la intención de lograr otros rendimientos como la producción de alimentos, plantas medicinales, recolección de agua, biodiversidad mejorada, una posible generación de ingresos y energía, además de fortalecer la mejor vida comunitaria. Lo anterior, se hizo en función de los deseos de cada una de las familias y las condiciones de su entorno, por lo cual, no se realizaron dos diseños de permacultura iguales, ya que el contexto y los rendimientos deseados para cada familia se reconocen como particulares, al igual que sus preferencias estéticas para su predio.

El agua como recurso esencial en la agricultura, es aprovechado eficientemente en la permacultura, ya que un buen diseño de permacultura mantiene los niveles ideales de humedad, canalizando hacia afuera el agua excedente y ayudándole a penetrar la superficie para llegar a la zona radicular de las plantas (Kruger, 2015). Por tanto, la apropiación de los principios de manejo del agua en permacultura permitió a las madres cabeza de familia conocer alternativas sostenibles en la utilización eficiente del agua de lluvia cosechada.

También como otro componente esencial de los principios de permacultura, las asociaciones entre plantas fueron consideradas dentro del diseño de cada uno de los jardines de permacultura, se buscó aumentar y diversificar el rendimiento en el sistema y agregar resiliencia a los productos alimenticios producidos, con el fin de así promover la seguridad alimentaria para cada una de las familias.

Por último, pero no menos importante, con las zonificaciones se buscó identificar la interacción humana requerida para mantener áreas específicas de un sitio. La herramienta de diseño por zonificación consideró la intensidad y la frecuencia de uso de diferentes partes y elementos de un sitio, es decir, que las áreas de más trabajo y uso se ubican más cerca de la zona central del terreno, mientras que las áreas de menos trabajo y utilización se localizan en la periferia (Bohler, 2015).

Este reconocimiento se realizó a 14 familias de la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá cuya ubicación se presenta en la siguiente imagen:



Figura 12. Ubicación de los jardines diseñados, fuente. Autores.

Para llevar a cabo dicha metodología, se hizo el levantamiento de cada uno de los predios, en donde se calcularon las áreas de interés con ayuda de la herramienta de Google Earth, tales como: el área del cultivo, área de los caminos, área de captación y ubicación del tanque de captación conforme se presenta en la siguiente figura:

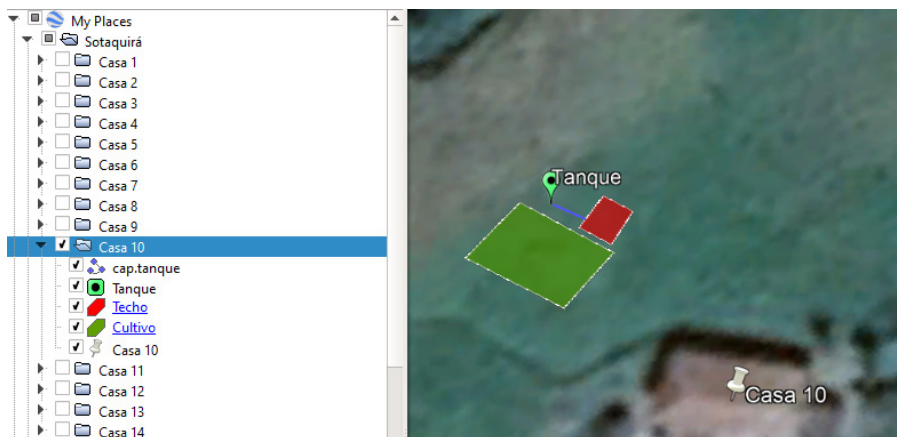


Figura 13. Levantamiento de los predios utilizando Google Earth, fuente. Autores.

Posteriormente, se identificó si la familia ya contaba o no con una huerta, y luego se determinaron las posibles asociaciones de plantas y las zonificaciones del jardín de permacultura, siguiendo la metodología de Bohler (2015). En el presente ejemplo, se puede identificar que el uso de suelo se refiere al pastoreo



Figura 14. Reconocimiento de cada uno de los predios, fuente. Autores.

De esta manera, junto con la familia, se identificaron las asociaciones de las plántulas, para conseguir una mayor estabilidad y resiliencia del agroecosistema, y así permitir una mejor adaptación a las variaciones ambientales o sociales. Las asociaciones propuestas fueron las siguientes: maíz con haba, repollo con cebolla, zanahoria con lechuga y cilantro con aromáticas.

De esta manera, y considerando el área de estudio, las plántulas requeridas fueron:

- ◇ Maíz: 75 plántulas
- ◇ Haba: 67 plántulas
- ◇ Repollo: 59 plántulas
- ◇ Cebolla: 51 plántulas
- ◇ Lechuga: 43 plántulas
- ◇ Zanahoria: 35 plántulas
- ◇ Cilantro: 27 plántulas
- ◇ Aromática: 10 plántulas

A continuación, se puede evidenciar de manera gráfica el área del cultivo, área de captación, tanque de almacenamiento junto con sus caminos y la zonificación correspondientes.

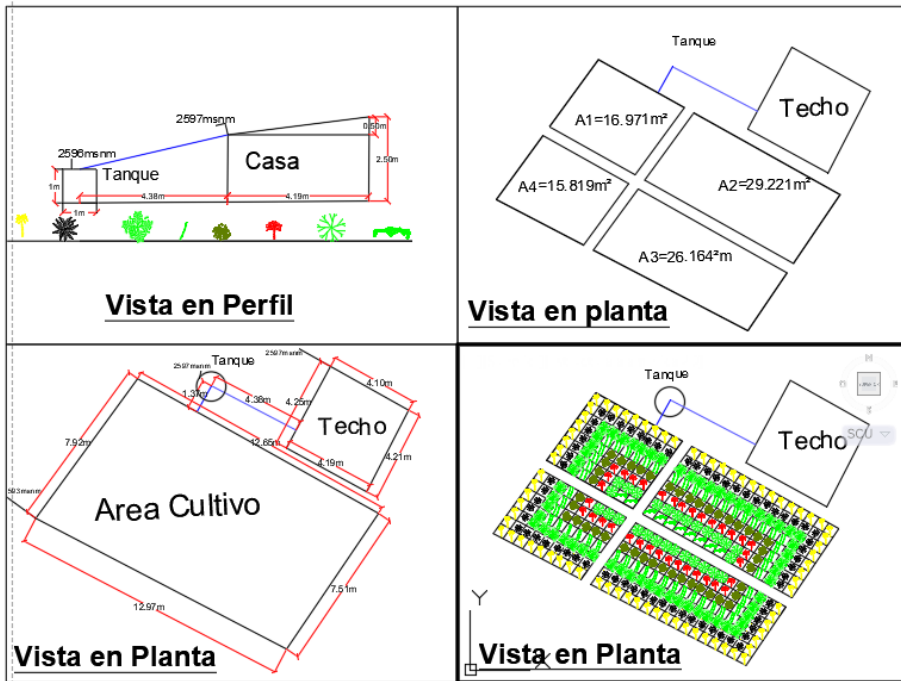


Figura 15. Diseño de los jardines de permacultura, fuente. Autores.

Una vez identificadas las plántulas, los caminos, las áreas y las zonificaciones, se determinó si era necesaria la implementación de un sistema de bombeo de agua para el jardín de permacultura. Dicho estudio se realizó para cada una de las familias.

Como ejemplo de uno de los predios (Figura 10), se identificaron dos puntos, el punto (a), hace referencia a la ubicación del área de captación y el punto (b) hace referencia a la cota más baja del cultivo, con lo anterior, podemos observar en el perfil, que el sistema podría operar por gravedad, es decir, que no se requiere de bombeo para su operación.

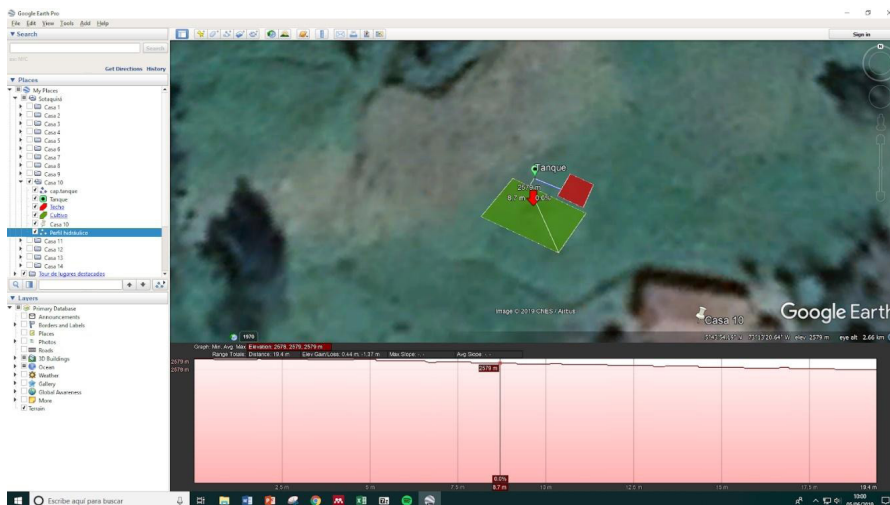


Figura 16. Perfil hidráulico, fuente. Autores.

Por último, para determinar el requerimiento hídrico de cada una de las áreas, en el presente ejemplo, se consideró un sistema de riego por goteo, cuya eficiencia es del 90%, consumo de agua de 0.12L/s. Ha (Universidad Pontificia Bolivariana & Ambiente, 2015), un riego diario de 15 minutos en la mañana y 15 minutos en la tarde, de esta manera, el consumo mensual corresponde a 6.3 L conforme se presenta a continuación:

$$0.012 \text{ L/s} * \text{ha} * 1800 \text{ s/d} * 1.1 * 0.008343 \text{ ha} = 0.21 \text{ L/d} * (30 \text{ días } 1 \text{ mes}) = 6.3 \text{ L/mes}$$

4. Análisis

Las áreas disponibles para los jardines de permacultura y las áreas de captación, se presentan en la siguiente imagen:

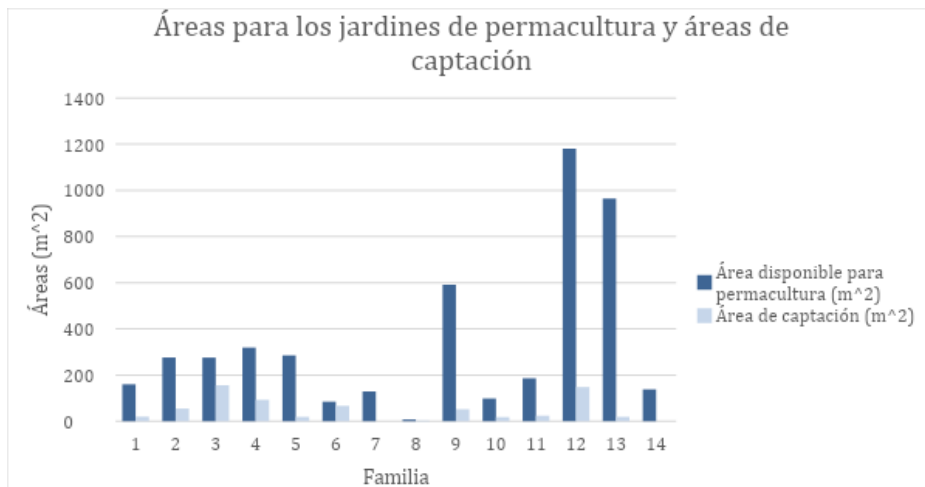


Figura 17. Área de jardines de permacultura y área de captación, fuente. Autores.

En dicha gráfica se evidencia la distribución y las áreas según la disponibilidad de cada una de las familias. Dichas distribuciones de las áreas cultivables van desde los 6.032 m² hasta los 1057 m². Por otro lado, las áreas de captación van desde los 3.25 m² hasta los 156 m².

La totalidad de la distribución se muestra en la siguiente gráfica:

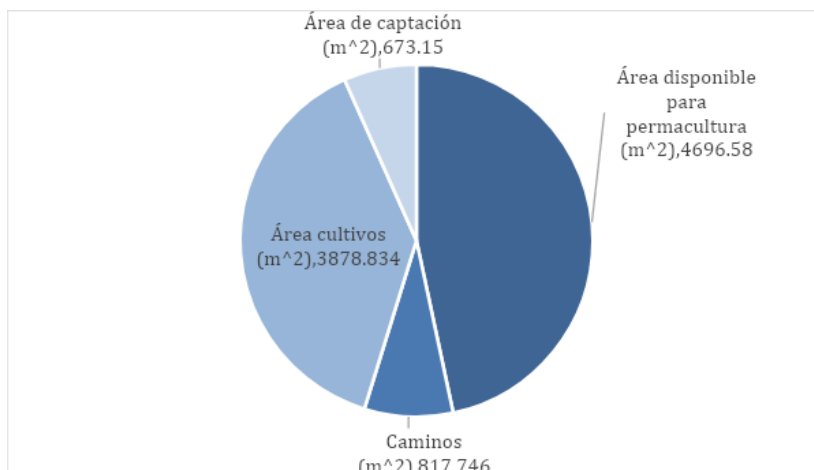


Figura 18. Distribución de áreas para toda el área de estudio, fuente. Autores

Consumo mensual en verano: Si la eficiencia del sistema de riego por goteo es de 90%, el consumo promedio es de 0.012L/s. Ha; y según las experiencias de la zona, en época de sequía, el consumo es de 15 minutos en la mañana y 15 minutos en la tarde, entonces:

$$0.012 \text{ L/s.ha} * 1800 \text{ s/d} * 1.1 * 0.3878 \text{ ha} * (30 \text{ dias} / \text{mes}) = 276.5 \text{ L/mes}$$

Total, de agua captada en verano: El mes con menores precipitaciones en el municipio de Sotaquirá, corresponde al mes de enero, cuya precipitación es de 40 mm/mes, es decir, 40 L/m².mes.

De esta manera y considerando el área total de captación (673 m²) en el área de estudio, el agua captada corresponde a 26926 L/mes. Si substraemos el agua captada menos el agua consumida, obtenemos que queda un remanente de 266495 L/mes, de esta manera, se puede concluir que el agua captada es capaz de suplir las necesidades del cultivo.

Conclusiones

- En el presente estudio, se analizaron las condiciones de vida de las familias de la vereda Bosigas Norte del municipio de Sotaquirá, en donde se alcanzó un hallazgo empírico insostenible en el paradigma de la sostenibilidad. Las causas de este estilo de vida no sostenible, se observaron por el empleo de las prácticas convencionales de agricultura con el uso de agroquímicos, consumo ineficiente energético y del recurso hídrico, la ausencia de educación ambiental, la falta de campañas o programas que fomenten estilos de vida sostenibles y la falta de implementación de políticas públicas para hacerse cargo de lo mencionado anteriormente.
- El paradigma del diseño de la permacultura y el movimiento social global sugieren que un mundo más sostenible puede ser logrado a través del diseño ecológicamente sensible y el uso de recursos y tecnologías renovables. El estudio de caso anterior sobre diseño de permacultura aplicado a nivel de hogar en una

zona rural del municipio de Sotaquirá-Boyacá. muestra cómo dichos métodos y herramientas conceptuales pueden usarse para diseñar hogares que sean más eficientes energéticamente y ecológicamente sostenibles, garantizando así, la seguridad alimentaria de los habitantes de las áreas rurales.

- Se obtuvieron aportes teóricos y prácticos, proporcionando una base de datos validada y reproducible para ampliar la posibilidad de ser aplicada en otras comunidades con características socio-económicas y ambientales similares.
- Al analizar todo el proceso de construcción colectiva, se observó en el transcurso de los talleres el fortalecimiento del tejido social de la comunidad, lo cual se confirmó con el deseo manifiesto de los participantes de seguir trabajando en actividades de tipo asociativo.
- El diseño e implementación de metodologías participativas, basados en los resultados de un trabajo colaborativo con la comunidad de la vereda Bosigas Norte, evidencia que métodos y técnicas como la cartografía social, las encuestas, las entrevistas semiestructuradas, los grupos de discusión y el mapeo colectivo, fortalecen el trabajo asociativo, la construcción de un conocimiento colectivo y la recuperación de los saberes ancestrales y populares. Lo cual conlleva a un empoderamiento de la comunidad, que se refleja en su deseo de tomar acciones, para lograr cambios en su realidad diaria y el desarrollo sostenible de su territorio. Además de los múltiples beneficios mencionados, se observa un fortalecimiento de los lazos comunitarios, generando las condiciones necesarias para la construcción y fortalecimiento del tejido social, que es esencial en una comunidad resiliente.

Bibliografía

Allouche, J. (2011). The sustainability and resilience of global water and food systems: Political analysis of the interplay between

- security, resource scarcity, political systems and global trade. *Food Policy*, 36(SUPPL. 1), S3–S8. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.013>
- Bhunnoo, R. (2018). Feeding the world: a global challenge.
- Brodthorn, S., Six, J., Feenstra, G., Ingels, C., & Campbell, D. (2011). Sustainable Agriculture.
- Burgos Ayala, A. (2017). Agrobiodiversity and Nutrition in Boyacá, Colombia: A Historic Relationship of Imbalance. *Cultura Científica*, (15), 52–65.
- Cais-uruza-uach, L. E. N. E. L., Torres, J. R., Calzada, R. T., Sandoval, a P., & Trujillo, a V. (2006). Análisis del beneficio-costo en la captación agua de lluvia en el cais-uruza-uach, México. *Universidad Autónoma Chapingo México, V* (2005), 173–178.
- Dewitt, C. B. (2008). Unsustainable Agriculture and Land Use: Restoring stewardship for Biospheric Sustainability. *Creation in Crisis: Christian Perspectives on Sustainability*, (November), 137–156.
- Entre ojos. (2017). 42,5 % del suelo de Boyacá está sobreutilizado. Retrieved June 16, 2019, from <http://entreojos.co/agro/agricultura/48-3-del-suelo-de-boyaca-esta-sobreutilizado>
- FAO. (2013). CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA- Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. In *Santiago de Chile*. <https://doi.org/10.1111/jce.13019>
- Fenton, I. (2012). Five Holistic Alternative Farming Methods: Agroecology at its Best.

- Ferguson, R. S., & Lovell, S. T. (2014). Permaculture for agroecology: design, movement, practice, and worldview. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 251–274. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0181-6>
- Food Security Portal. (2017). Índice Global de Hambre de Colombia de 2017. Retrieved June 16, 2019, from <http://www.foodsecurityportal.org/colombia>
- Gilberto Murillo Urrutia, L., Guevara Hurtado, W., Diez Díaz, J., Liliana Buitrago Aguirre Juan Sebastián Hernández Suárez Juan Diego González Parra, C., Patricia Pineda González, C., & Andrés Salazar Galán Grupo Jurídico Claudia Fernanda Carvajal Miranda Héctor Abel Castellanos Pérez, S. (2018). *Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico Para Aguas Superficiales Continentales Bogotá, D.C. 2018* Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible Viceministro de Políticas y Normalización Ambiental Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Retrieved from http://www.andi.com.co/Uploads/Guía_modelación_Final_aguasuperficialcontinental.pdf
- Grupo Banco Mundial. (2019). Índice de Gini. Retrieved June 14, 2019, from <https://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI?view=map>
- Gurdián_Fernández, A. (2007). *El Paradigma Cualitativo en la Investigación Socio-Educativa*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.infimg.2016.1.a14>
- Hamann, M., Biggs, R., & Reyers, B. (2015). Mapping social-ecological systems: Identifying “green-loop” and “red-loop” dynamics based on characteristic bundles of ecosystem service use. *Global Environmental Change*, 34, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.07.008>

- Holden, E., Linnerud, K., & Banister, D. (2017). The Imperatives of Sustainable Development. *Sustainable Development*, 25(3), 213–226. <https://doi.org/10.1002/sd.1647>
- Hopwood, B., Mellor, M., & O'Brien, G. (2005). Sustainable development: mapping different approaches. *Sustainable Development*, 13(1), 38–52. <https://doi.org/10.1002/sd.244>
- Horrigan, L., Lawrence, R. S., & Walker, P. (2002). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives*, 110(5), 445–456. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110445>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2005). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá* (p. 252). p. 252. Retrieved from ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/users/apantoja/london/Colombia/Suelos/oo_shape_suelos/PROYECTO_DNP/MEMORIAS_SUELOS_OFICIALES/BOYACA/94864-Suelos Tomo I.pdf
- Llop Torné, C. J., Herrero Canela, M., & Tapia Uriona, R. (2014). *GESTIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LAS CIUDADES EN PAÍSES EN DESARROLLO. EL PROYECTO DE CIUDAD Y TERRITORIO* (Milenio). Retrieved from https://desarrollourbanoyterritorial.duot.upc.edu/sites/default/files/Gestion_y_transformacion_o.pdf
- Mollison, B. (1981). Introduction to Permaculture: Pamphlets I to XIV in the Permaculture Design Course Series. *B*, 155. <https://doi.org/10.1007/BF00124227>
- Mollison, B. (1996). What is Permaculture? *Proceedings of the Sixth International Permaculture Conference*, (September-October).
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible Environmental Education, a

- genuine education for sustainable development. *Revista de Educación*, (número extraordinario 2009), 195–217.
- Ospina, J. M., Manrique, F. G., & Ariza, N. E. (2008). Salud, ambiente y trabajo en poblaciones vulnerables: los cultivadores de papa en el centro de Boyacá. *Rev Fac NAc Salud Pública*, 26(2 Jul-Dic), 143–152. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12012738005>
- Padmavathy, K., & Poyyamoli, G. (2011). *Alternative Farming Techniques for Sustainable Food Production* (E. Lichtfouse, Ed.). In (pp. 367–424). https://doi.org/10.1007/978-94-007-1521-9_13
- Parra, J. E., Ruíz, M. A., & Viasús, D. C. (2017). *Guía metodológica para la conformación de CIDEA y Formulaciön de PRAE y PROCEDA* (p. 72). p. 72. Tunja: CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango.
- Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. (2019). Objetivos de Desarrollo. Retrieved June 16, 2019, from <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- The World Bank. (2019). Colombia GINI index 2015 (World Bank estimate). Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI>
- Velez Torres, I., Rátiva Gaona, S., & Varela Corredor, D. (2012). Cartografía social como metodología participativa y colaborativa de investigación en el territorio afrodescendiente de la cuenca alta del río Cauca. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(2), 59–73. <https://doi.org/2256-5442>



PARTE II

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.

ODS 14: Acción por el clima.

ODS 3: Salud y bienestar.

ODS 14: Vida Submarina.

Veteto, J. R., & Lockyer, J. (2008). Environmental Anthropology Engaging Permaculture: Moving Theory and Practice Toward Sustainability. *Agriculture*, 30(1-2), 47-58. <https://doi.org/10.1111/j.1556-486X.2008.00007.x>

World Economic Forum. (2019). Food security and why it matters. Retrieved June 16, 2019, from <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/food-security-and-why-it-matters/>

CAPÍTULO 4: La Gestión del Agua en Clave del Pensamiento Ambiental Complejo-Sur. Estudio de Caso Lago Sochagota

*Natalia Sánchez Gómez¹
Olga Lucía Usaquén Perilla²*

Resumen

En este trabajo la Gestión del Agua se problematiza como eje articulador de una crisis ambiental que desafía las formas tradicionales de comprender la realidad. Es resultado de los aprendizajes obtenidos a través de la experiencia de participación ciudadana vivida durante el periodo 2016-2018, en el Marco del Proyecto de Investigación “Modelo integrado de gestión del lago Sochagota y las aguas termales del municipio de Paipa en el área de influencia del distrito de riego de Usochicamocha”. Busca discutir los encuentros y desencuentros que se suscitan alrededor del Agua como elemento común indispensable para la vida, partiendo de las propias voces de los actores del territorio. Se comparten aquí, las vivencias obtenidas durante los primeros pasos de un andar investigativo que tiene puesta su mirada en la construcción colectiva de herramientas y mecanismos de Gestión del Agua que respondan a la complejidad de la vida como cuerpo simbólico-biótico (Noguera, 2004). El camino investigativo se construye con

-
- 1 Docente Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de Boyacá. nsanchezg@uniboyaca.edu.co
 - 2 Docente Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de Boyacá. olusaquen@uniboyaca.edu.co

fundamentos críticos, haciendo uso de metodologías participativas en el marco de la sustentabilidad (Villasante, 2013). Como resultado se obtiene un mapeo de pensares y sentires que se abren a un diálogo de saberes interdisciplinario e intercultural en clave de un pensamiento ambiental complejo-sur.

Introducción

La escritura de este trabajo es el fruto de diversos momentos y escenarios en los que las autoras han discutido la importancia de encontrar caminos alternativos para la toma de decisiones asociadas a la Gestión del Agua. El trabajo discute y reflexiona los aprendizajes obtenidos a través de la experiencia de participación ciudadana vivida durante el periodo 2016-2018, en el Marco del Proyecto de Investigación “Modelo Integrado de Gestión del lago Sochagota y las Aguas Termales del municipio de Paipa en el área de influencia del Distrito de Riego de Usochicamocha”.

El desarrollo del escrito inicia con la descripción del problema desde dos perspectivas: El problema del agua como recurso y el problema del agua como bien común. Seguido a esto, intenta justificar teóricamente la necesidad de nuevas miradas a los procesos de gestión y de toma de decisiones en lo relacionado con el agua como elemento común indispensable para la vida, buscando poner en diálogo dicha teoría con las voces de los actores del territorio.

Para terminar, se propone discutir los encuentros y desencuentros que se suscitan alrededor de la gestión del Agua desde la voz de los actores involucrados, con el fin de construir puentes entre los diferentes conocimientos y de esta manera encontrar caminos hacia la sustentabilidad del Sistema Lago Sochagota.

El diálogo de saberes entre las ciencias sociales y las ciencias naturales, forma parte de esta necesidad dialógica de comprender y proponer caminos de sustentabilidad alternativos. La evaluación de los sistemas, desde diferentes aproximaciones científicas, ha contribuido con la comprensión de fenómenos complejos; sin

embargo, son escasos los ejemplos de modelos que integren más de una problemática con fines de gestión. Por lo anterior, existe la necesidad de encontrar puentes entre los productos científicos complejos, las particularidades de cada caso de estudio y las necesidades de las comunidades involucradas en la gestión (Yli-Viikari et al., 2007; Grygoruk & Rannow, 2017).

Para esto, se acogen referentes teóricos de tres categorías, la primera se refiere a lo que se comprende como gestión del agua, en donde se recurrirá a la teoría de sistemas socio-ecológicos de Gallopin (2003) y los Bienes comunes de Ostrom (2008), la segunda, el Pensamiento Ambiental que se acoge desde el trabajo de la Escuela de Pensamiento Ambiental de Augusto Ángel Maya, y por último, el pensamiento complejo-sur que se retoma desde Morín (2002), principalmente en los principios de auto-eco-organización y dialogicidad. Como referente metodológico se adopta la experiencia de la Red CIMAS (2015), haciendo uso de la Sociopraxis y sus metodologías participativas. Así mismo, se acude a los conceptos de tensiones, indicadores y servicios socio-ecológicos como una apuesta para la integración y visibilización del diálogo de saberes.

Como resultado se logra una aproximación a una gestión ambiental desde una visión compleja, que requiere de otras lógicas menos administrativas y gerenciales, llegando a la conclusión de que para la construcción de esas lógicas-otras es necesario llevar a cabo una praxis pedagógica que a través de un diálogo de saberes entre el conocimiento científico y el conocimiento popular permita generar alternativas de dicha Gestión del Agua en clave del pensamiento ambiental complejo-sur.

1. Tejiendo la Gestión del Agua como Recurso y como Bien Común

El entretejido problemático de este trabajo se plantea desde dos perspectivas: La primera se dirige a describir el problema del agua como una crisis de recursos naturales (UNEP, 2016) y la segunda lo plantea como resultado de una crisis civilizatoria (Maya, 1996),

que ha buscado incesantemente lo que diferencia al ser humano de las demás especies, y ha olvidado lo que tienen en común. Tejer el problema desde estos dos hilos, permite religar el conocimiento que alrededor de la gestión del agua, se ha producido tanto en las ciencias naturales como en las sociales, para de esta manera, lograr una mirada compleja del problema que se aborda en este trabajo.

1.1 La gestión del Agua como recurso

El problema del agua como una crisis de recursos naturales, se encuentra ampliamente documentado en múltiples evaluaciones científicas, que han logrado evidenciar en términos de degradación ambiental, las consecuencias que las actividades humanas, han generado a los cuerpos de agua. Según la evaluación mundial de calidad del agua, realizada por las Naciones Unidas, alrededor de una cuarta parte de ríos en América Latina y el Caribe están en la clase de contaminación severa (UNEP, 2016a), este problema se ha venido complejizando a medida que avanza la creciente presión generada por el crecimiento poblacional, económico y la influencia del clima, generándose múltiples desafíos en cuanto a lo que a la Gestión del agua se refiere. (UNEP, 2016b)

Los estudios reiteran que el problema del agua constituye una de las principales preocupaciones, considerándose el pilar fundamental del desarrollo de un territorio y de los procesos productivos que allí se dinamizan (Chanya, Wanpen, & Tang Keow, 2015). Los sectores industrial, turístico, agrícola, pecuario, piscícola, de generación eléctrica, entre otros, comparten este recurso en contextos locales y regionales, presentándose un alto número de actores involucrados, impactos, interdependencias e incertidumbres en los procesos de gestión y toma de decisiones (Thompson, Owen, Lindsay, Leonard, & Cronin 2017), desde esta perspectiva la problemática relacionada con la Gestión del Agua se describe en términos de eficiencia, productividad, escasez, contaminación, cantidad, disponibilidad, conservación y, se abordan desde propuestas técnico-científicas y tecnológicas en el marco principalmente de las ciencias naturales.

En el contexto de los sistemas socioecológicos, ambos subsistemas, el social (humano) y el ecológico (biofísico), comparten el mismo recurso (el agua), siendo este, fuente de insumos para desarrollar actividades productivas, como elemento para la gestión de residuos o subproductos de intercambio o un recurso base para el soporte de las funciones, los procesos y los servicios ecosistémicos de regulación, provisión, soporte y culturales (Usaquén, 2017).

La actividad humana es integral y puede ser positiva para el medio ambiente. En este sentido, es importante reconocer que algunos servicios ecosistémicos son servicios socio-ecológicos, en los que la producción de servicios no es únicamente una función del ecosistema natural, lo cual pone de manifiesto el papel del pasado y presente humano y, sus efectos en la estructura y función de los ecosistemas contemporáneos (Huntsinger, L. & J. L. Oviedo, 2014)

1.2 La gestión del Agua como Bien común

Otra forma de comprender la problemática alrededor del agua es desde la cultura y su relación con los bienes comunes, desde esta visión, el problema de contaminación y de escases del agua, es tan solo una consecuencia de una crisis de conocimiento (Leff, 2003) o como ya se mencionó anteriormente de una crisis civilizatoria (Maya, 1996), en donde han imperado los modos de conocer, con intereses de dominación y explotación de la naturaleza (Leff, 2003; Noguera, 2004; Escobar, 2005).

Según esta forma de ver, sentir y comprender el problema del agua, las soluciones no se encuentran en las lógicas técnico-científicas lineales y mecanicistas que aún predominan en la ciencia y la educación, y, por lo tanto, es necesario de un nuevo saber ambiental, que siguiendo a Leff (2003) “rompa la dicotomía sujeto y objeto del conocimiento para reconocer las potencialidades de lo real y para incorporar valores e identidades en el saber” (p. 28). Es así, como se problematiza los estudios donde se desarticula la relación del agua con la totalidad de un sistema socio-ecológico (Gallopín, 2003),

convirtiendo este elemento vital en un objeto que se analiza con fines meramente instrumentales y mercantiles.

Para romper la dicotomía y lo lineal de las lógicas técnico-científicas, se reconoce en primera instancia, la complejidad de los sistemas socio-ecológicos; sin embargo, los indicadores, las herramientas y las metodologías de gestión, deben permitir abordar problemas complejos, estableciendo caminos diáfanos de participación, que contribuyan con la solución de los problemas que reconocen las comunidades en sistemas locales o regionales. Se debe entonces, encontrar elementos y dinámicas que permitan conectar a la ciencia con la sociedad, desde el reconocimiento de los contextos culturales y las realidades sociales particulares, a través de un diálogo conjunto que responda apuestas comunitarias concertadas.

Como se puede ver, se trata de dos visiones de un mismo problema, que aunque tengan diferentes discursos, convergen en la urgencia de generar alternativas de gestión que articulen la amplia tecnología e información alrededor de la calidad y cantidad del agua, con los conocimientos populares y las dinámicas sociales del territorio y es en esta apuesta que se busca la construcción de un Modelo Integrado de Gestión del lago Sochagota y las Aguas Termales del municipio de Paipa en el área de influencia del Distrito de Riego de Usochicamocho.

En el marco de este proceso investigativo se ha intentado una aproximación a posibles caminos para abordar la Gestión del Agua desde un enfoque complejo y como resultado de este andar, se han suscitado los siguientes interrogantes provocadores: ¿Cómo lograr una gestión del agua que abarque la complejidad de los sistemas socio-ecológicos y sus múltiples interacciones e interdependencias? ¿Cómo construir puentes de encuentro entre los diferentes intereses (académicos, productivos, institucionales, políticos) que se suscitan en la toma de decisiones y Gestión del Agua?, ¿Cómo superar las limitaciones epistemológicas, disciplinares e institucionales, a favor de generar transformaciones reales que

coadyuven al cuidado del agua?, ¿Cómo aproximarse a una gestión del agua en clave del pensamiento ambiental complejo-sur?

2. La trama de la gestión del Agua en el Sistema Lago Sochagota

En el apartado anterior, se presenta una descripción de carácter general de la problemática de la Gestión del Agua desde dos perspectivas, con el fin de conciliar las lógicas desde las cuales se escribe este trabajo, aspecto que se evidencia en el trabajo interdisciplinario que ha hecho posible el alcance de los resultados que se comparten en este escrito. Una vez, presentadas dichas posturas, se describe a continuación el problema en el área de estudio de la investigación.

El Lago Sochagota y su interdependencia entre las dinámicas locales en el municipio de Paipa (Boyacá, Colombia) y las del orden regional en la cuenca alta del río Chicamocha, ha sido documentada no solo a través de estudios técnico-científicos adelantados por la academia y por la Autoridad Ambiental, sino en los diferentes medios de comunicación regional, en donde se evidencia que la problemática ambiental que se está generando dentro del Lago y en sus alrededores, involucra diferentes causas y consecuencias, que pueden comprometer la sostenibilidad de diversos sectores entre ellos, el turístico, el de abastecimiento y el agrícola, más aún, dicha problemática puede comprometer los servicios ambientales que son reconocidos local y regionalmente.

Antes de continuar, se hace necesario detallar a qué se hace referencia cuando se habla del Sistema Lago Sochagota y delimitar la zona piloto en la que se ha adelantado este trabajo investigativo (ver Figura 1). El Lago Sochagota [1] forma parte del sistema asociado a la cuenca alta del río Chicamocha [2]. Esta cuenca recibe en el municipio de Paipa el aporte del lago a través de una compuerta [3], el efluente de los tanques de regulación del recurso hidrotermal [4] (denominadas localmente “dársenas”), del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio [5], de las

piscinas de enfriamiento de Termo paipa [6], entre otros aportes y detracciones en el área de riego del Distrito de Riego y Drenaje de gran escala del Alto Chicamocha y Firavitoba (Usochicamocha) [7].

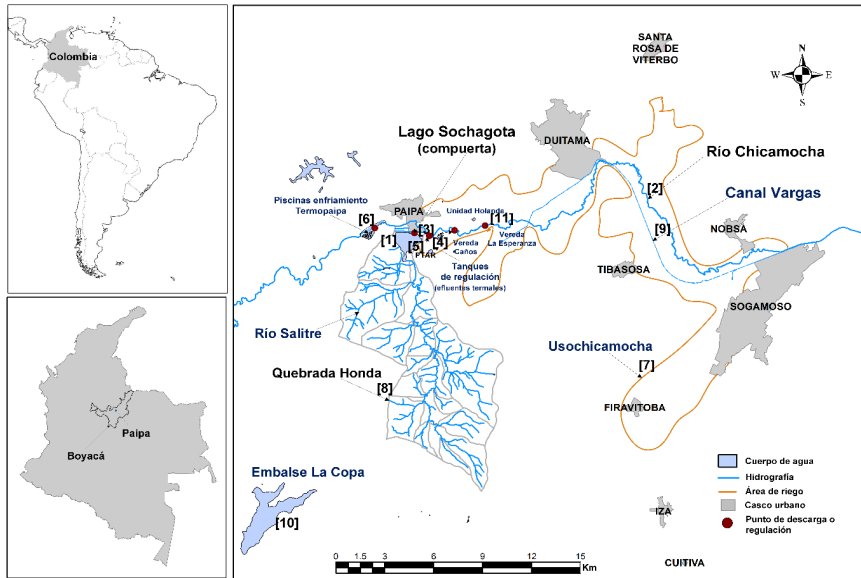


Figura 1. Área de estudio: Sistema regional y zona piloto. Fuente: El estudio.

El lago Sochagota constituye un enclave de importancia social y ecosistémica regional construido con fines de regulación agrícola, en el año 1956, sobre el área de drenaje de su afluente principal el río Salitre o quebrada Honda [8]. La quebrada Honda está influenciada por actividades agrícolas, pecuarias, recreativas, mineras y, en general, del aprovechamiento del recurso en la zona. El Lago Sochagota recibe aportes provenientes de aguas termales, termominerales y similares, que se emplean con fines recreativos en la quebrada Honda (Balnearios la Playa, los Delfines, etc.), además afloran en el área cercana al lago o en su interior.

Las “dársenas” [4], si bien no realizan aportes directos al Lago, forman parte del sistema de forma integral, pues reciben las aguas termales, termominerales y similares que son utilizadas en varios centros turísticos, hoteles y piscinas municipales, entre otros, y luego de su uso son almacenadas temporalmente en dos

tanques en tierra que facilitan su regulación y vertimiento al río Chicamocha [2] y al Canal Vargas [9]. De forma sincrónica con los vertidos termominerales, se realizan descargas desde el embalse La Copa [10], con el propósito de reducir la concentración de sales en el río Chicamocha mediante dilución. Estos subsistemas son administrados por Usochicamocha, sin embargo, la decisión de apertura de las compuertas se realiza, en la actualidad, de forma coordinada entre las Alcaldías Municipales de Paipa, Duitama, Nobsa, Tibasosa, Sogamoso, Usochicamocha, la Oficina de Prevención y Atención de Desastres de Boyacá y Corpoboyacá.

La zona piloto del presente estudio corresponde al área de influencia directa del Lago Sochagota y de sus sistemas conexos (río Chicamocha, tanques de regulación de aguas termominerales, unidad Holanda del distrito de riego) en el municipio de Paipa. En la estación de bombeo de la unidad Holanda [11], la primera de las 13 unidades que constituyen el área total del distrito, se capta el agua del río Chicamocha con fines de riego y para consumo humano en las veredas Caños y la Esperanza del municipio de Paipa, previo tratamiento.

Una vez, detallada el área de estudio, es posible describir a grandes rasgos, por el alcance de este trabajo, los principales problemas que se suscitan en la gestión del agua del sistema Lago Sochagota, los cuales desde la visión del agua como recurso, están relacionados con los procesos de sedimentación, la naturaleza de las aguas termales, termominerales y similares que ingresan al lago, entre otros aportes asociados el uso del agua en la cuenca para actividades domésticas, agropecuarias, mineras, turísticas y de la infraestructura para el manejo de aguas residuales en el perímetro del lago. Se suma, la regulación de la compuerta del lago que incide en la renovación y, en general, en la calidad del lago; las condiciones ambientales e hidro climáticas en la cuenca de la quebrada Honda, principal afluente al lago, y en su área de influencia.

Por otro lado, desde la visión del agua como un bien común, se identifican problemas relacionados con la incredulidad ante los

ejercicios investigativos y de institucionalidad, lo cual promueve conflictos y desarticulación en la toma de decisiones.

Por esta razón, se hace necesario reconocer estas dificultades como propias de un sistema socio ecológico complejo y abordarlo desde un enfoque holístico y sinérgico, que permita conectar las diferentes perspectivas y nociones que se tienen de la problemática presente en el área de estudio, en función de establecer vínculos entre los componentes sociales y técnico-científicos para la gestión integral de este sistema complejo.

3. Entramado Investigativo en Busca de un Diálogo de Saberes

El enfoque de la gestión en el Lago Sochagota, como sistema socio-ecológico, no se centra en los componentes del sistema sino en sus relaciones, interacciones y retroalimentaciones (Farhad, S. (2012). Como se menciona en el apartado anterior, el equipo interdisciplinario que hace parte del proyecto, reconociendo las limitaciones de información con respecto al componente social, se da a la tarea de adelantar un trabajo bajo un enfoque cualitativo (Gurdián-Fernández, 2007), buscando nutrir los resultados de un primer acercamiento, en estudios previos realizados con la Fundación Profesional para el manejo del agua (PROAGUA) durante el año 2015, con un ejercicio complementario de participación con los diferentes actores que hacen parte del sistema, en el presente estudio. El alcance propuesto permite dar cuenta de las dificultades y problemáticas de la gestión del agua con respecto a la toma de decisiones, para esto hace uso de metodologías participativas en el marco de la sustentabilidad (Villasante, 2013).

Las técnicas e instrumentos utilizados incluyen la aplicación de una encuesta, la realización de tres entrevistas semiestructurada y tres encuentros con grupos de discusión en donde se utilizaron mapas para la identificación de actores y problemática en el territorio. Con la información obtenida se construyó un multilema (Villasante, 2017) de la problemática asociada a la toma de decisiones y Gestión

del Lago Sochagota. El diseño metodológico responde a una estrategia de carácter cíclico desde un enfoque complejo que exige una constante observación-planeación-reflexión-acción hacia la comprensión sistémica y holística del problema abordado.

La información obtenida en campo, se registra con equipos de grabación de voz, cámara fotográfica, material cartográfico y libreta de notas. Se sistematiza con el uso de drive y documentos de Excel. La discusión de los resultados se realiza bajo el reconocimiento previo de las subjetividades e intereses del equipo investigador, con el fin de buscar hacer una devolución de los resultados a los actores, lo más fiel posible a sus propias voces.

En cuando al entramado teórico que soporta este trabajo, está constituido por una parte con los fundamentos teóricos y conceptuales relacionados en la gestión del agua y la participación ciudadana desde el enfoque de sistemas socio-ecológicos y por otra en el Pensamiento Ambiental Latinoamericano que para este caso ha sido alimentado de las nociones del Pensamiento Complejo.

Dada la complejidad de los sistemas socioecológicos, entendiendo un sistema ecológico como “un sistema formado por un componente (subsistema) societal (o humano) en interacción con un componente ecológico (o biofísico)” (Gallopín, 2003), el presente trabajo asume una postura epistemológica crítica con enfoque complejo, la cual permite reconocer y valorar la diversidad de saberes y las relaciones de coproducción a través de las cuales el conocimiento y la toma de decisiones se moldean en sistemas socioambientales. (Clark, Lorrae van Kerkhoff & Gallopín, 2016), no solo como medio para la investigación sino como parte de un proceso social y político (Casas et al., 2017). Coincidiendo con Clark, Lorrae van Kerkhoff & Gallopín (2016), en que la participación de diversos actores y la integración de los conocimientos locales son claves en la construcción de un entendimiento de los sistemas y de sus posibles respuestas a los cambios.

Reconociendo que el empoderamiento y la mayor participación de los actores con base en el conocimiento, así como, el fortalecimiento de sus capacidades y el fomento de la conciencia sobre el manejo de los recursos naturales, y su uso beneficioso a corto y largo plazo, constituyen medios imperativos para la toma de decisiones y la resolución de conflictos (Apipalakul, Wirojangud & Ngang 2015), el proceso investigativo desarrollado, acoge la idea de que la evaluación de los cuerpos de agua locales, para el conocimiento de variables e indicadores de su estado debe ser favorecido con la participación de ciudadanos (Scott & Frost, 2017), de esta manera, los esfuerzos para la gestión sostenible del Agua se han enfatizado en la participación de las partes interesadas (Starkey et al., 2017; Halbe, Pahl-Wostl, & Adamowski, 2018), a través del desarrollo de una metodología para la gestión ambiental de humedales costeros y continentales sometidos a presiones agrícolas (Usaquén et al., 2012; Usaquén, 2017) generando alternativas que vinculan a las comunidades con las investigaciones científicas (Bonney et al., (2009)).

La metodología propuesta plantea un enfoque integrador, complementario y alternativo frente a la concepción del agua únicamente como recurso y como bien común, reconociendo dichos enfoques como parte del conocimiento requerido para comprender la complejidad e integralidad de los sistemas socio-ecológicos. Involucra a través del concepto de tensión socio-ecológica, el uso del agua para el desarrollo de las diferentes actividades, la necesidad de compartir un recurso que se conecta, las dinámicas y procesos que ocurren o se suscitan en dicha interacción y el aporte de la ciencia desde el enfoque de la modelación multidimensional, como parte de diálogos de saberes, requeridos en la gestión del sistema. El concepto de tensión socio-ecológica, incluye el conjunto de características intrínsecas y las presiones naturales y antropogénicas a las cuales está expuesto el sistema socio-ecológico, que le confieren un estado y una condición de susceptibilidad que dinamiza la capacidad de respuesta y resiliencia del sistema y su gestión (Usaquén, 2017).

La metodología busca hacer medible lo complejo, para conectar los saberes comunitarios con los saberes científicos, de manera que, en el marco del desarrollo de dinámicas de gestión, se resignifique el papel y las voces de los actores, y brinde oportunidades para plantear escenarios de gestión, en los que la toma de decisiones sea permeada por una evaluación, de los posibles efectos de los cambios propuestos, tanto en la dimensión social como biofísica o ecosistémica.

En cuanto al Pensamiento Ambiental que se propone como apuesta de otras formas de conocer la realidad y por lo tanto de transformarla, se acepta la invitación de la Escuela de Pensamiento Ambiental de Augusto Ángel Maya, en cabeza de Ana Patricia Noguera quien plantea la urgencia de un pensamiento vivo y de la vida, un pensamiento que las culturas de la América – Abya-Yala, cuidan en clave de un habitar poético, de un habitar-sur. (Noguera, 2013) En esta dirección, la construcción de Pensamiento Ambiental se convierte en una propuesta sur que abre surcos de esperanza para el alcance de maneras-otras de habitar el territorio, donde se recupere o construyan formas de cuidado de lo común.

En el escrito, *la Resignificación de la Sostenibilidad del territorio, una apuesta por el desarrollo postconflicto*, que resulta de las reflexiones del Seminario-Taller internacional en sostenibilidad de sistemas territoriales, naturales, rurales y urbanos (Usaquén, 2017a), se plantean retos en las dinámicas de gestión, que reconozcan y potencialicen la capacidad de organización de las comunidades, involucrando las dimensiones culturales, naturales, climáticas, sociales, cosmovisiones y el reconocimiento de la memoria colectiva, en los procesos de acompañamiento que son propios de la academia y de la ciencia, y que deben promover el buen vivir, principio heredado de nuestros nativos de Abya-Yala (sangre pura en lenguaje Muisca-Chibcha). Estos principios, invitan a visibilizar la dimensión espiritual, lo sagrado, dentro de los principios y límites que deben permitirse los sistemas como un todo, en relaciones de interdependencia y unidad, para resignificar las apuestas comunitarias socio-ecológicas y los caminos que conducen a su sostenibilidad.

Sin el ánimo de reducir los planteamientos del pensamiento ambiental a simples ideas, las limitaciones de espacio de este trabajo obligan a mencionar algunos aspectos claves que identifican esta propuesta, como lo son: la disolución de la dicotomía sujeto-objeto, la recuperación de lo sagrado, la valoración de lo diverso, la reivindicación de lo ético y lo estético dentro de las formas de conocer, la resistencia a todo pensamiento totalitario, entre otras argumentaciones fundamentadas desde la filosofía ambiental y desarrolladas en teorías éticas, políticas y pedagógicas principalmente. Desde esta corriente del pensamiento ambiental se acoge las propuestas de Ana Patricia Noguera, con quien se comparte la comprensión de lo ambiental como: “una trama de relaciones, como una forma ética de ser, como una manera de comprender nuestra propia vida” (Noguera, 2004, p. 17) y de Carrizosa (2001) quien afirma que para trabajar física y culturalmente lo ambiental es necesario “un trabajo transdisciplinario en el que filósofos, historiadores, epistemólogos, literatos y artistas tienen mucho que agregar”. (p. 21)

Aclarada las posturas teóricas sobre las cuales se aborda lo ambiental en este trabajo, se hace necesario aclarar que la alusión a lo complejo-sur se realiza aquí tomando como punto de referencia el pensamiento complejo de Edgar Morín, quien, con sus propuestas de pensamiento sur, y los principios de auto-eco-organización y principio dialógico (Morin, 2002), permite el abordaje de la noción del diálogo de saberes, que se propone en el presente estudio.

4. Urdimbre de Sentipensares Alrededor de la Toma de Decisiones en el Sistema Lago Sochagota

Dada la complejidad del sistema de estudio, se analizan los resultados a través de “Multilemas” (Villasante, 2017), los cuales permiten situar las ideas resultado de la sistematización de la información, en un campo de fuerzas que se mueven con distintas direcciones y sentidos, buscando vencer las visiones dicotómicas y reduccionistas y así, responder al enfoque complejo propuesto para este trabajo. En la Figura 2 se presenta el multilema asociado con la toma de decisiones y la gestión del Lago Sochagota, en el cual

del Agua, en cuanto implica que se desconocen las relaciones de interdependencia entre los diferentes actores del territorio. Este desconocimiento se refuerza con la cultura individualista del capitalismo, en donde la búsqueda de beneficios particulares termina anulando al “otro” y al “nosotros”, este panorama ha generado desconfianzas y conflictos que hacen de la Gestión de los “bienes comunes”, una lucha de poderes donde las fuerzas dominantes terminan por someter a otras, quitándoles autonomía. En este sentido la Gestión del Agua en clave del Pensamiento Ambiental Complejo-sur, se fundamenta en el principio de autonomía/dependencia y se incorpora la idea de eco-auto-organización. Desde este principio se busca el reconocimiento de que no existe autonomía sin múltiples dependencias (Morín, 2002). La necesidad del reconocimiento de interdependencia, no solo es clave para lograr un diálogo respetuoso, sino para vencer la indiferencia y el ocultamiento del otro y de lo otro generada por discursos geopolíticos y biopolíticos que han generado un “modelo único” de habitar la tierra (Noguera, 2018).

En la gestión del agua, las múltiples dependencias se reconocen desde la conexión biofísica o social que dinamiza las decisiones. La autonomía puede asociarse a la autodeterminación de los sistemas socio-ecológicos para definir el uso y reconocimiento de los servicios ambientales, además de los servicios socio-ecológicos y la priorización de los mismos. Es así como, el lago Sochagota, concebido como un sistema de regulación de las aguas salinas que por naturaleza afloran en la cuenca, se transforma en un sistema que ofrece servicios de provisión y culturales, que comparten un sistema hídrico común, con necesidades y objetivos diversos, y que generan tensiones socio ecológicas que activan a los actores, una vez se superan los límites de la resiliencia local comprometida, activando así, los servicios socio-ecológicos que brindan los actores del sistema.

En cuanto a la expresión relacionada con la incertidumbre de quiénes son los responsables en la toma de decisiones, permite problematizar en resonancia con la voz de Ostrom (2008) las cegueras aún presentes en la Gestión de los “Bienes Comunes”.

Las voces de los actores sugieren sentidos de propiedad (El lago pertenece a...) y responsabilidad (eso es responsabilidad de...), las cuales dan cuenta de una lógica mercantilista de propietarios, administradores y usuarios. La Gestión del Agua que se propone en este trabajo, intenta superar esta visión dicotómica entre lo público y lo privado, desde el principio dialógico del pensamiento complejo, buscando religar en un mismo espacio mental lógicas que se complementan y que se excluyen (Morín, 2002). La Gestión del Agua en clave del pensamiento Ambiental Complejo, debe reconocer los puntos de encuentro y desencuentro de las lógicas de los diferentes actores involucrados para desde allí poder construir un proceso de religación dialógica que propicie la complementariedad de los saberes a favor de compromisos colectivos hacia la sustentabilidad.

En este sentido, se entiende religar el tejer puentes entre los diferentes saberes, incluyendo el científico. No se trata de restar objetividad a la ciencia, se trata de reconocer esa interdependencia desde los saberes y sentires comunitarios para marcar los verdaderos límites locales de la gestión compartida del agua. En donde todos los actores se reconozcan en un mismo espacio y en donde el compromiso no sea sectorial sino socio-ecológico.

Otras ideas que representan puntos de encuentro se dan alrededor de la importancia de la variabilidad climática en la toma de decisiones y gestión del sistema, las cuales ponen de manifiesto la presencia de los altos niveles de incertidumbre sobre el cual se desarrollan las prácticas cotidianas alrededor del agua. De esta manera, se considera que la gestión del agua debe repensarse bajo una visión prospectiva estratégica que no solo dé cuenta de los escenarios posibles sino de aquellos imposibles que permitan imaginar y crear utopías.

La incertidumbre en las dinámicas naturales, tales como la variabilidad climática, debe ser reconocida, como una condición propia de los límites del conocimiento en la dimensión humana. En estas dinámicas naturales se encuentran los saberes ancestrales con los saberes contemporáneos para fortalecer la capacidad de auto-eco-gestión y de respuesta de los sistemas, desde una puesta

en común de las variables que contribuyen con reducir dicha incertidumbre.

Estas variables orientan la toma de decisiones individuales, sectoriales y comunitarias, pero pueden no ser suficientes para evaluar la gestión del agua en sistemas socio-ecológicos complejos.

Es precisamente la incertidumbre, la que promueve un diálogo de saberes, la que permite reconocer los alcances y las limitaciones de los saberes individuales y aún colectivos humanos. Es esta incertidumbre la que promueve una comunicación efectiva, para reducirla a límites aceptables dentro de un ciclo de gestión. En ese esfuerzo por reducirla, es que se logra un acercamiento e identificación de las preocupaciones comunitarias y un diálogo de saberes real.

Los desencuentros que se identifican están relacionados con las expresiones donde cada actor presenta diferentes posiciones sobre las responsabilidades en la toma de decisiones siendo para algunos la autoridad ambiental y para otros el municipio, algunas voces que reclaman control y vigilancia, y otras canales de comunicación, pero en general todos estos desencuentros se enmarcan en las ideas compartidas sobre el desconocimiento de responsabilidades y funcionamiento del sistema.

Para superar estas limitaciones epistemológicas que dificultan el diálogo entre los diferentes intereses (Institucionales, académicos, comunitarios) presentes en la toma de decisiones y en la Gestión del Agua, se propone un proceso de praxis pedagógica (Freire, 2006), con fundamentos desde la pedagogía crítica como una práctica de la libertad, en la cual se resalta el carácter político y ético (Sánchez, Sandoval, Goyeneche, Gallego y Aristizábal, 2017), orientada hacia la construcción de un pensamiento ambiental complejo que propicie otros modos de conocer, desde los cuales se coadyuve a la generación de prácticas en la vida cotidiana hacia la sustentabilidad. Dicha praxis pedagógica se construye a través de un diálogo de saberes interdisciplinario e intercultural, en el cual se

logre deconstruir las dicotomías entre sujeto y objeto y transgredir todo pensamiento totalizador que pretenda anular la diversidad y la alteridad como hilos que constituyen la trama de la vida. La praxis pedagógica que se plantea se concibe como una metodología imprescindible dentro y para las luchas sociales (Walsh, 2017) en defensa de la vida. Una praxis pedagógica que siguiendo con Walsh (2017) apuesta a las esperanzas pequeñas. Una praxis que posibilita otros modos de habitar (Noguera, 2018), otros modos que se construyen desde un proceso dialógico donde los actores y movimientos sociales que comparten un territorio y logran rescatar su memoria colectiva y hacer uso de su creatividad social. La Gestión del agua en clave del pensamiento ambiental complejo-sur, exige una praxis político-pedagógica aferrada a la esperanza de otros mundos posibles.

Esos otros mundos posibles involucran esos escenarios creados desde la complejidad de lo diverso, desde una deconstrucción de lo pasado y una visión prospectiva, que religa desde un conector cultural la identidad de un territorio y las apuestas de sostenibilidad local y regional.

5. Reflexiones Finales

La crisis ambiental ya sea comprendida desde una u otras perspectivas, abre la puerta a un desafío que invita a una transformación política, ética y epistemológica que genere grietas en el muro construido por las ideas hegemónicas del capitalismo, la modernidad, el patriarcado y el colonialismo (Walsh, 2017). Generar estas grietas implica un pensar y actuar desde sus afueras (afuera del muro de las ideas dominantes y hegemónicas), un ejercicio de resistencia desde donde broten otros modos de ser, pensar, hacer, sentir, que dan esperanza a otros futuros posibles.

La apuesta de una Gestión del Agua en clave de un pensamiento ambiental complejo-sur, exige un esfuerzo dialógico de saberes y prácticas que, en reconocimiento de las desigualdades entre el conocimiento popular y el conocimiento académico, propicie

espacios de construcción colectiva a través de metodologías participativas que propendan hacia la democratización del conocimiento. Las dificultades que esta empresa produce van desde las diferencias de lenguajes, hasta las mutuas desconfianzas que impiden establecer un diálogo que permita complementar las ideas contrarias o sinérgicas del otro, en un contexto comunitario y ecosistémico integral.

El ejercicio investigativo adelantado hasta el momento logra dar cuenta de que el rol de las universidades en la transformación de las prácticas cotidianas de la sociedad, ha dejado de ser el llevar las soluciones pensadas desde los laboratorios y aulas hacia las comunidades, para convertirse en instituciones que acompañan la palabra de los actores que viven el problema en un andar de doble sentido, es decir, que de la misma forma en que el saber académico llega a las comunidades, el saber popular llegue a las universidades en un movimiento de fuera hacia dentro (Vitarelli, M. F. 2016). Este devenir acompañado de una praxis pedagógica en clave del pensamiento ambiental complejo sur, logrará dinamizar los procesos dialógicos de co-construcción social de las prácticas hacia un futuro sustentable.

Agradecimientos

Las autoras expresan sus agradecimientos a las instituciones (Corpoboyacá, Fundación PROAGUA) que han contribuido históricamente con establecer vínculos entre la Universidad de Boyacá y los actores comunitarios de la región, a través de proyectos de carácter técnico-social y de participación, que han dinamizado espacios para el intercambio de experiencias y saberes en torno a la gestión del agua en el sistema socio-ecológico del Lago Sochagota. A la Universidad de Boyacá por la financiación de esta fase de la investigación y a los investigadores de los componentes técnico y social, que forman parte del macro proyecto: Modelo Integrado de Gestión del lago Sochagota y las Aguas Termales del municipio de Paipa en el área de influencia del Distrito de Riego de Usochicamochoa.

Bibliografía

- Apipalakul, C., Wirojangud, W., & Ngang, T. K. (2015). Development of community participation on water resource conflict management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (186), 325-330.
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. C. (2009). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report. *Online Submission*.
- Carrizosa, J. (2001). ¿Qué es ambientalismo?: *la visión ambiental compleja* (No. 1). Pnuma.
- Clark, W. C., van Kerkhoff, L., Lebel, L., & Gallopin, G. C. (2016). Crafting usable knowledge for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(17), 4570-4578.
- Gallopin, G. C. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Cepal.
- Escobar, A. (2005). Más allá del tercer mundo: globalización y diferencia. Bogotá, Colombia.
- Farhad, S. (2012). *Los sistemas socio-ecológicos: Una aproximación conceptual y metodológica*. XIII Jornadas de Economía Crítica. Los costes de la crisis y alternativas en construcción. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/304115271>.
- Freire, P. (2006). *Pedagogía de la autonomía: saberes necesarios para la práctica educativa*. Siglo XXI.
- Grygoruk, M., & Rannow, S. (2017). Mind the gap! Lessons from science-based stakeholder dialogue in climate-adapted management of wetlands. *Journal of Environmental*

- Management*, 186, 108–119. Recuperado de: doi: 10.1016/j.jenvman.2016.10.066.
- Gurdián-Fernández, A. (2007). *El paradigma cualitativo en la investigación socio-educativa*.
- Huntsinger, L., & J. L. Oviedo. (2014). Ecosystem services are social–ecological services in a traditional pastoral system: the case of California’s Mediterranean rangelands. *Ecology and Society* 19(1):8. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06143-190108>
- Leff, E. (2003). *Complejidad Ambiental*. Siglo XXI editores.
- Maya, A. A. (1996). *El Reto de la Vida. Ecosistema y Cultura, Una Introducción al Estudio del Medio Ambiente*. Bogotá: Ecofondo.
- Morín, E., Ciurana, E. R., & Motta, R. D. (2002). *Educación en la era planetaria: el pensamiento complejo como método de aprendizaje en el error y la incertidumbre humana*. Salamanca: Universidad de Valladolid.
- Noguera A. (2000). *Educación estética y complejidad ambiental*.
- Noguera, A. (2004). *El Reencantamiento del Mundo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Noguera A. P. (2013). Cuerpo-Tierra. Ethos ambiental en clave de la lengua de la Tierra. *Sustentabilidad (es)*, (2).
- Ostrom, E. (2008). El Gobierno de los Bienes Comunes desde el Punto de Vista de la Ciudadanía [Governing a Commons from a Citizen’s Perspective]. *Genes, Bytes y Emissions: Bienes Comunes y Ciudadanía [Genes, Bytes and Emissions: Commons and Citizenship]*, Ed. Silke Helfrich, 268-278.
- Red CIMAS (2015). *Metodologías participativas. Sociopraxis para la creatividad social*. Edit. Dextra. España, 220 pp.

- Sánchez, N., Sandoval, E.M., Goyeneche, R.L., Gallego, D.E., Aristizábal, L.Y. (2017). La pedagogía crítica desde la perspectiva de Freire, Giroux, y McLaren: su pertinencia en el contexto de Colombia y América Latina. *Revista Espacios*, 39 (10), 42
- Scott, A. B., & Frost, P. C. (2017). Monitoring water quality in Toronto's urban stormwater ponds: Assessing participation rates and data quality of water sampling by citizen scientists in the FreshWater Watch. *Science of the Total Environment*, 738-744.
- Starkey, E., Parkin, G., Birkinshaw, S., Large, A., Quinn, P., & Gibson, C. (2017). Demonstrating the value of community-based ('citizen science') observations for catchment modelling and characterization. *Journal of hydrology*, 548, 801-817.
- Thompson, M. A., Owen, S., Lindsay, J. M., Leonard, G. S., & Cronin, S. J. (2017). Scientist and stakeholder perspectives of transdisciplinary research: Early attitudes, expectations, and tensions. *Environmental Science & Policy*, 74, 30-39.
- UNEP (2016a). A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 162pp
- UNEP (2016b). GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Usaquén, O. L., Gómez, A. G., García, A., Álvarez, C., & Revilla, J. A. (2012). Methodology to assess sustainable management of water resources in coastal lagoons with agricultural uses: An application to the Albufera lagoon of Valencia (Eastern Spain). *Ecological Indicators*, 13(1), 129-143. doi: 10.1016/j.ecolind.2011.05.019.
- Usaquén, P. O. (2017). Desarrollo de una metodología para la gestión ambiental de humedales costeros y continentales sometidos a

presiones agrícolas. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. Santander.España.URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=176384> <http://hdl.handle.net/10902/11538>

Usaquén, O. (2017a). La Resignificación de la sostenibilidad del territorio, una apuesta por el desarrollo postconflicto. *Antena Universitaria*, Agosto, 5.

Villasante, T. R. (2013). Medidas para la sustentabilidad, con metodologías participativas. *Configurações. Revista de sociología*, (11), 203-223.

Villasante, T.R.V. (2017). Democraciadeiniciativas, conplanificación social y presupuestos participativos. En *Ciudadanía y servicios públicos locales: Un estudio en las comunidades autónomas de Madrid y Castilla y León* (pp. 173-188). Instituto Nacional de Administración Pública (INAP).

Vitarelli, M. F. (2016) Comunidad y universidad desde las epistemologías del Sur Prácticas pedagógicas y socio-comunitarias en San Luis, Argentina. *Revista de Estudos AntiUtilitaristas e PosColoniais-ISSN: 2179-7501*, 6(2), 147-169.

Walsh, C. (2017). Lo Pedagógico y lo decolonial: Luchas, Caminos y Siembras de Reflexión-Acción para Resistir, (Re)Existir y (Re) Vivir.

Yli-Viikari, A., Hietala-Koivu, R., Huusela-Veistola, E., Hyvönen, T., Perälä, P., & Turtola, E. (2007). Evaluating agri-environmental indicators (AEIs)-Use and limitations of international indicators at national level. *Ecological Indicators*, 7(1), 150-163. Recuperado de: doi: 10.1016/j.ecolind.2005.11.005

CAPÍTULO 5: Compostaje de Biosólidos y Biotransformación con Larvas de Escarabajo, Una Alternativa de Sostenibilidad

*Brigid Hiomara Pacheco García*³
*Pedro Mauricio Acosta Castellanos*⁴
*Luz Ángela Cuéllar Rodríguez*⁵

Resumen

Los biosólidos también conocidos como lodos cloacales o lodos residuales, corresponden a residuos que se derivan a partir del tratamiento de aguas residuales. Por sus características, constituyen un riesgo en el ambiente, debido a su gran contenido de patógenos. El constante aumento en los sistemas de tratamiento a nivel mundial ha desencadenado una elevada producción de este tipo de residuos, lo cual, genera la necesidad buscar opciones para garantizar una adecuada disposición final. El compostaje se presenta como una de estas alternativas, ya que, gracias a sus etapas internas, brinda un aporte significativo en la estabilización de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. El uso de larvas de escarabajo por su parte, contribuye con la eliminación parcial

3 Docente Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. brigid.pacheco@usantoto.edu.co

4 Decano Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. pedro.acosta@usantoto.edu.co

5 Docente Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. luz.cuellar@usantoto.edu.co

de los microorganismos que contiene el biosólido, optimizando sus propiedades. La medición de las variables físicas, químicas y microbiológicas en los dos procesos mencionados, permite determinar las condiciones adecuadas para la ejecución del compostaje y la biotransformación del residuo, consiguiendo un material clasificable entre los rangos permisibles señalados por la normatividad nacional e internacional, facilitando la ejecución de una disposición adecuada del subproducto.

Introducción

Los biosólidos, también denominados lodos de aguas residuales, constituyen residuos biológicos de carácter orgánico, con propiedades no solubles, producto de diversos procesos de tratamiento de aguas residuales (Bhavisha, Abhijit, Pooja, & Rajeev Pratap, 2017). Estudios afirman, que, al ser obtenidos como residuos de alcantarillados municipales, presentan una gran variedad de patógenos, que al entrar en contacto con el suelo se desplazan gracias a la escorrentía, ocasionando distintos tipos de riesgo en el hombre y el ambiente (Clarke, Peyton, Healy, Fenton, & Cummins, 2017). Por otra parte, María Julia Mazzarino, en su documento "Lodos Cloacales en Bariloche: de Residuos peligrosos a Recurso Agronómico" hace énfasis en el riesgo de este tipo de material por su contenido de metales pesados, agentes patógenos y tendencia a la atracción de vectores (Mazzarino M. J., y otros, 1997).

En este sentido, se genera una fuerte preocupación frente a su disposición, originada en un alto volumen de producción del biosólido, asociada al constante incremento de habitantes que a nivel mundial disponen de sistemas para tratar el agua residual (Antunes, Schumann, Brodie, Jacob, & Schneider, 2017). Lo anterior resalta la importancia de llevar a cabo una disposición adecuada mediante alternativas seguras para el ambiente y la salud humana, diferentes a los métodos convencionales (Agrafioti, Bouras, kalderis, & Diamadopoulos, 2013).

Dentro de las alternativas propuestas para la gestión de biosólidos, el compostaje se ha posicionado en un lugar con importancia, ya permite estabilizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Torres, Madera, & Silva, 2009), como respuesta a la necesidad de disminuir el riesgo que presume este tipo de material para los diferentes ecosistemas. Técnicas como esta, aportan beneficios adicionales en temas relacionados al suelo, teniendo como premisa que algunos antecedentes señalan que los biosólidos poseen un gran valor fertilizante y pueden estar inmersos en el mejoramiento de algunas propiedades del suelo gracias a que contiene cantidades importantes de materia orgánica, incluyendo nitrógeno y fósforo.

Resultado de ello, es el incremento notable que puede llegar a tener un biosólido debidamente tratado, en la productividad de los suelos ligado al las bondades que le proporciona la materia orgánica a partir de la adición del biosólido en el suelo (Paz, Henríquez, & Freres, 2007). Por otra parte, el biosólido al ser compostado y aplicado al suelo favorece la producción agrícola debido que la materia orgánica ejerce mayor influencia en las variables físicas del suelo como proporción en la distribución del tamaño de sus partículas. Dentro de las propiedades del suelo que pueden llegar a ser beneficiadas por la utilización de biosólidos compostados como fertilizante, se habla de la textura del suelo y la habilidad de retención hídrica, que ofrecen condiciones propicias para el fortalecimiento de raíces y el incremento de la tolerancia de las plantas a la sequía (Peñarete Murcia, 2012).

Este tipo de técnicas para la estabilización de biosólidos, además de proporcionar alternativas seguras de disposición, también plantea beneficios económicos, puesto que, a pesar que el porcentaje de lodos que se produce por tratar aguas residuales, representa fracciones pequeñas, en relación al volumen de aguas residuales procesadas; su manejo equivale hasta un 50% de los costos totales de operación de una planta (Spinosa, y otros, 2011).

Es reciente el conocimiento sobre las habilidades de las larvas de escarabajo en la biotransformación de residuos de carácter orgánico para la producción de bioabonos con propiedades ideales para la

recuperación de suelos. De acuerdo a esto, se considera que uno de los principales procesos de biotransformación que puede ser empleado en el manejo de biosólidos es el uso larvas de escarabajo. Teniendo en cuenta que, el aparato bucal masticador de estos organismos y su alimentación polífaga, facilita la transformación del residuo a bioabono (Arango Gutiérrez & Vásquez Villegas, 2004). Los escarabajos desde el estado de larva, realizan el trabajo de biotransformación de la materia orgánica, aportando coloides orgánicos y suministrando nutrientes esenciales para las plantas. En Colombia, se conocen alrededor de 109 géneros y 595 especies de escarabajos degradadores (García Atencia, Martínez Hernández, & Pardo Locarno, 2015).

Aunque el proceso de estabilización del sustrato disminuye microorganismos patógenos, es indispensable generar un material acorde a la normatividad nacional e internacional vigentes, por lo que la biotransformación mediante larvas de escarabajo apunta a la composición de un bioabono cuyas características sean apropiadas para la recuperación de suelos.

El abono orgánico como acondicionador de suelos favorece la disponibilidad de componentes estables y la captura de nutrientes por medio del ciclo de carbono, nitrógeno y fosforo. Se han realizado varias investigaciones respecto a la biotransformación de materia orgánica a partir de escarabajos, dentro de los cuales se destaca la eficiencia de estos organismos en la degradación de madera y la descomposición de lignina (Stechauner Rohringer, 2010).

Acorde a lo expuesto anteriormente, el presente capítulo contiene una breve reseña sobre algunos antecedentes en materia de compostaje y biotransformación, algunas cifras que permiten observar la problemática actual en el país, así como una conceptualización de los procesos y variables involucradas, además de una pequeña introducción a la normatividad vigente.

1. Antecedentes

A continuación, se proporciona un contexto sobre los trabajos que se vienen adelantando en los últimos años, en relación al manejo de biosólidos que se derivan del tratamiento de agua residual.

Un estudio realizado en Argentina, demostró la viabilidad de transformar lodos residuales considerados peligrosos, en recursos agronómicos, realizando una estabilización de los residuos mediante la aplicación de cal en combinación con compostaje. El estudio defiende el proceso de compostaje como una alternativa eficiente en el tratamiento de lodos (Mazzarino M. J., y otros, 1997).

La hidrólisis térmica Cambi, es una propuesta que se adelanta en Estados Unidos para potencializar el tratamiento de lodos residuales de forma previa a la digestión anaerobia, con el propósito de optimizar la biodegradabilidad de los lodos, controlando la presencia de patógenos y otorgándoles propiedades aptas para usos posteriores. Otros estudios desarrollados en el mismo país, en el sector del Atlántico Medio enfatizan en el impacto de los contaminantes presentes en los biosólidos, por lo cual, plantean una investigación que analiza el contenido de 12 sustancias contaminantes, detectando que luego de 8 años, 7 de las sustancias permanecen en el material sin cambios en su concentración (Armstrong, Rice, Torrents, & Ramírez, 2017).

En relación a la disposición final de residuos provenientes de plantas de tratamiento de agua residual, algunos estudios se enfocan en la elevada concentración de metales pesados que impide su uso como material para la fertilización de suelos.

Por este motivo se proponen alternativas de tratamiento de biosólidos como la biolixiviación de forma amigable con el ambiente que disminuye concentraciones de metales pesados en diversos modos de uso (Pathak, Dastilar, & Sreekrishnan, 2009). Esto, en relación con la legislación que en la actualidad se ha destinado para controlar la aplicación de biosólidos en suelos

con vocación agrícola, definiendo los límites de permisibilidad de metales pesados en el material (Lester, Sterritt, & Kirk, 1983).

Los principales estudios se han enfocado en el tratamiento de los lodos generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de impedir que sean aplicados al suelo de forma inapropiada, contaminando cultivos y fuentes hídricas por acción de la escorrentía, por este motivo el enfoque se ha destinado a la presencia de genes resistentes a antibióticos mediante la aplicación de cierto tipo de tratamientos, con el fin de aplicar el producto final al suelo, analizando la tasa de carga de genes, estimando su comportamiento en cada tratamiento (Lau, y otros, 2017). En Irlanda, se empleó un modelo para evaluar cuantitativamente el riesgo por aplicación de biosólidos en el suelo, en tres escenarios de tratamiento previo del material: digerido anaeróbicamente, estabilizado con Cal y secado térmicamente. Este lodo se aplicó en pequeñas porciones de terreno, donde se experimentó con distintas precipitaciones para conocer el desplazamiento de patógenos por escorrentía, determinando ambientalmente el destino final en relación a la dilución y la exposición humana. (Clarke, Peyton, Healy, Fenton, & Cummins, 2017).

En Colombia, la Universidad Javeriana ha investigado gestión de lodos provenientes de aguas residuales a partir de la falta de planeación en plantas de tratamiento, respecto a la disposición adecuada de los mismos, generando una acumulación del material sin proporcionar alternativas de disposición desconociendo además su adecuado manejo. Por este motivo el estudio propone el compostaje de biosólidos realizando un seguimiento mediante la caracterización de sus parámetros principales, en distintos momentos del proceso con el objetivo de comparar sus resultados con los rangos permitidos por la EPA para el uso y disposición final de ese tipo de material (Donado H. 2013).

Actualmente se estudia la aplicación de biosólidos en suelos como alternativa, tanto para la eliminación del residuo como para la recuperación de suelos degradados (Teixeira, Melo, & Silva, 2005).

Teniendo como referente que en el presente capítulo pretende brindar un enfoque en el empleo de larvas de escarabajo como agente biotransformador de condiciones físicas, químicas y microbiológicas de biosólidos y partiendo del concepto que han sido una alternativa innovadora para la generación de abonos como producto de residuos orgánicos, se lleva a cabo el análisis de los estudios existentes.

Un artículo publicado con el título “Los Coleópteros y el Compost” es un claro abre bocas sobre la importancia de estudiar el papel que juegan los escarabajos en la descomposición de desechos orgánicos sólidos. Este artículo da a conocer que en los procesos de compostaje de residuos de origen orgánico en los cuales se involucran los coleópteros son notables las mejoras en la calidad del producto final “compost orgánico”; atribuyendo los resultados al comportamiento y los efectos que ejercen los escarabajos en el material (Arango Gutiérrez & Vásquez Villegas, 2004).

En búsqueda de encontrar una solución al actual crecimiento en la disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios en la actualidad, la Universidad Industrial de Santander desarrolló una investigación, en la cual se implementa un mecanismo para el aprovechamiento de residuos orgánicos, cuya metodología se basó principalmente en la identificación de la fuente de generación de residuos orgánicos. En este caso la investigación determinó que el casino y restaurante de la industria petrolera eran las fuentes principales de generación de los residuos, por lo que se realizó un montaje mediante camas o lechos de fermentación y maduración en las cuales se trataron los residuos con acción de larvas de escarabajo. Durante el proceso, se adicionan cerca de 425 larvas por tonelada de desechos, llevando detallado de las temperaturas v/s el comportamiento del material; además se realiza un seguimiento a la humedad y aireación del material; posteriormente. Luego del proceso, se obtiene un abono orgánico el cual fue verificado aplicándolo a un terreno en malas condiciones, el cual luego de un tiempo fue evaluado observando la mejora en sus condiciones (Rosas Fonseca, 2012).

Un estudio desarrollado en la Universidad Militar Nueva Granada en el año 2015 y titulado “Proceso de transformación de biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con vermicompostaje y su aplicación en germinación, caso Colombia altitudes mayores a 1800 m.s.n.m,” contiene un claro análisis sobre las ventajas de la transformación que realizan las lombrices a materiales como los biosólidos, gracias a su aparato digestivo que convierte el material en humus, proporcionando un aporte significativo en la germinación suelos mediante la aplicación del material en forma de abono orgánico (González Romero, 2015). Por otra parte, en el año 2018 la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, presentó una investigación titulada “Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción de abono orgánico usando larvas de escarabajos para la transformación de los residuos orgánicos generados en el centro de acopio de la ciudad de Chiquinquirá, Boyacá”. En este estudio se analizó la actividad de una empresa conocida como Tierra Viva del municipio de Tunja, que se dedica al uso de larvas de escarabajo para la descomposición de residuos sólidos urbanos, denotando el proceso que se lleva a cabo al interior de la planta de producción de abono creada por la empresa. De esta forma se resalta el proceso que se lleva a cabo con la recepción de desechos orgánicos, su trituración, composición de camas de compostaje, adición de larvas de escarabajo y obtención de abono comercializado. Se destaca de esta investigación la pertinencia del proceso usado para la generación de bioabono mediante el uso de larvas de escarabajo, bajo resultados satisfactorios (López Veloza, Páez Monroy, & Roncancio, 2018).

En 2017 la Universidad de El Salvador, llevó a cabo un estudio titulado “Comunidades de macroinvertebrados edáficos indicadores de la calidad del suelo, para evaluar el modelo agroecológico en un sistema de hortalizas, los planes, Chalatenango, el Salvador” en el cual, realizó un análisis de las bondades que proporcionan las comunidades de macroinvertebrados en el suelo incluyendo escarabajos, lombrices y larvas entre otros; allí, se observa la importancia de los coleópteros como degradadores de los restos orgánicos de la materia vegetal, proporcionando condiciones que mejoran la calidad de los suelos. Para su evaluación, el estudio midió

la actividad microbiológica que presenta el suelo en relación a la presencia de distintos tipos de macroinvertebrados denotando su importancia en la valorización de los nutrientes en el suelo (Santos Ortiz, 2017). Otros estudios consideran que la cría de insectos y larvas como agentes recicladores de residuos es una alternativa de sostenibilidad para la gestión de desechos orgánicos; en este sentido, el estudio titulado “Conversión de desechos orgánicos en biomasa de larvas de mosca: cuellos de botella y desafíos”, demuestra las propiedades que poseen las especies de insectos de dípteros saprófagos para reciclar residuos orgánicos (Pastor, Velásquez, Gobbi, & Rojo, 2015). En 2016 un trabajo titulado “Tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico a partir de coleópteros Scarabaeidae” proporciona una idea clara de las fortalezas de los coleópteros en la degradación de la materia en todas sus formas y estados, pues evalúa la remoción de cargas contaminantes en aguas residuales domésticas utilizando escarabajos de la orden coleóptera, los cuales, descomponen y consumen la materia orgánica, contribuyendo al tratamiento del agua (Briceño Pinzón & Torres Medina, 2016). Lo anterior fortalece el conocimiento de las propiedades que contienen las diferentes especies de escarabajos en la optimización de materiales orgánicos, fácilmente degradables como los biosólidos.

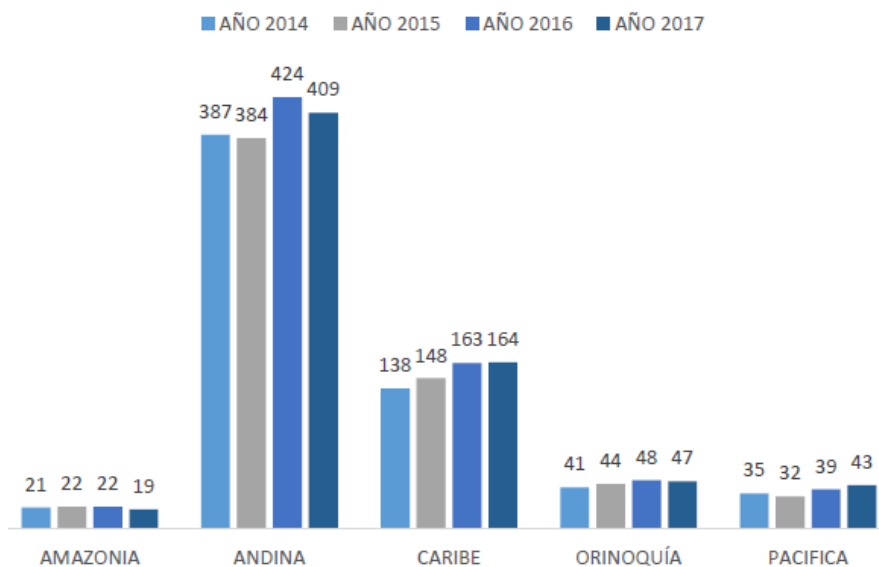
2. Problematicación Mediante la Situación en el País

2.1 Tratamiento de aguas residuales

El agua residual es el resultado de la acción humana alterando la calidad del recurso en función de sus propiedades físicas y químicas, impidiendo su aprovechamiento directo e indirecto (Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA), 2008); su tratamiento se distingue por procesos físicos, químicos y biológicos para la eliminación de agentes contaminantes, previo a su vertimiento en fuente hídricas (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). El tratamiento de estas aguas se divide comúnmente en un pretratamiento en el que se separa el material grueso como arenas y grasas; tratamiento primario con un proceso físico y químico que suprime la materia sedimentable y flotante;

tratamiento secundario cuyo proceso es de carácter biológico en el cual se elimina materia orgánica y coloidal; finalmente tratamiento terciario que involucra procesos físicos, químicos y biológicos. Como resultado de los tratamientos secundario y terciario se generan lodos que por sus características físicas y químicas requieren de un seguimiento detallado para una disposición adecuada (Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA), 2008). En Colombia la cantidad de suscriptores con acceso al sistema de alcantarillado pasó de 2014 con 8,35 millones de suscriptores a 2017 con 9,40 millones suscriptores en condiciones normales; así mismo se registran 622 plantas para el tratamiento de aguas residuales en 2014 mientras que en 2017 se registraron 682. El incremento de los caudales de agua tratada se denota con 25.8 m³/s en 2015, 26,7 m³/s en 2016 y 27,7 m³/s en 2017. Los registros históricos demuestran que una de las regiones que cuenta con una mayor cantidad de sistemas de tratamiento es la región andina como se observa en la gráfica 1. El incremento en la cantidad de sistemas en la región es de 387 sistemas en 2014 a 409 sistemas en 2017 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018).

Figura 3. Sistemas de tratamiento de agua residual por región 2014-2017



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018

2.2 Biosólidos

Los biosólidos corresponden esencialmente a materia orgánica resultante del tratamiento de aguas residuales; según sus características pueden llegar a poseer diversos usos, uno de ellos es la aplicación al suelo ya que contiene nutrientes que renuevan la materia orgánica en el terreno (United States Environmental Protection Agency (EPA), 2000). Para poder llevar a cabo un propósito como este, es necesaria su clasificación teniendo en cuenta que, poseen características nocivas para el ser humano y para los ecosistemas (Clarke, Peyton, Healy, Fenton, & Cummins, 2017). Son pocos los casos en la actualidad nacional en que los biosólidos son tratados para su aplicación adecuada en el suelo, motivo por el cual viene siendo considerados como residuos sólidos que requieren disposición en celdas de seguridad o rellenos sanitarios; estos últimos actualmente no son la mejor opción puesto que su vida útil es específica y no es el lugar más apto para la recepción de éste tipo de materiales (Paz, Henríquez, & Freres, 2007). Siendo un material derivado del tratamiento de aguas residuales, muestran una alta viabilidad para ser usados en la agricultura. En Colombia, el estudio de estos materiales se ha enfocado a su aplicación en suelos degradados y en cultivos a escalas muy limitadas. Su empleo depende principalmente de su sometimiento a procesos de estabilización anaerobia o aerobia; sin embargo, a pesar de ofrecer grandes beneficios por su alto contenido de componentes fertilizantes de gran valor agronómico, su alto contenido de microorganismos representa peligros en el ser humano, por lo que el monitoreo de esta variable durante la estabilización del material, es crucial para la obtención de un material en condiciones aptas para recuperación de suelos. El estudio de biosólidos como alternativa para el mejoramiento de suelos en la agricultura ha tenido un mayor impacto en países en desarrollo, siendo empleado como material de enmienda o de fertilización que mejora las características físicas, químicas y de estabilidad estructural del suelo gracias a la materia orgánica.

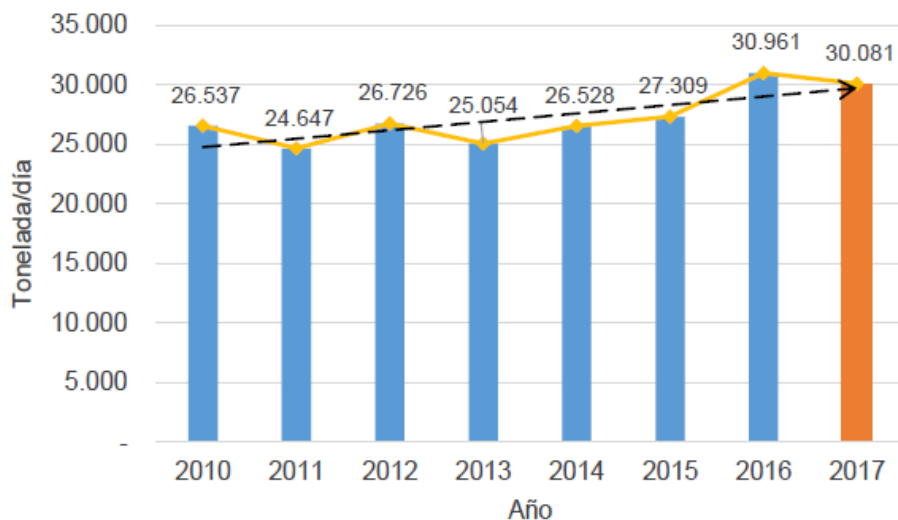
La materia orgánica que le puede aportar el biosólido al suelo tiene la propiedad de reducir su densidad y grado de compatibilidad, además

de incrementar tanto la porosidad como el contenido de aire en el mismo posterior a la compactación. El uso de este tipo de materiales en el suelo desencadena un aumento en el carbono orgánico, un descenso en la densidad aparente del suelo, un aumento en su porosidad total, un incremento en la estabilidad de sus agregados y una mejora en las propiedades hidrodinámicas como la infiltración. Gracias a que el biosólido posee una baja densidad en relación al suelo y su fracción mineral, este atribuye mejoras en la estructura del suelo proporcionando a las plantas, medios adecuados para la extracción de agua y nutrientes (Peñarete Murcia, 2012).

2.3 Disposición de residuos

En Colombia el seguimiento que realiza la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios evidencia el constante incremento en la disposición de residuos sólidos, ya que como se evidencia en la siguiente gráfica, se tuvo un aumento de 3544 toneladas/día de residuos dispuestos en rellenos sanitarios entre los años 2010 y 2017 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018)

Figura 4. Histórico toneladas promedio diarias dispuestas 2010-2017.



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018

Esto demuestra la importancia de ejercer un control minucioso en el volumen y la clase de residuos que son destinados a disponer en rellenos sanitarios, haciendo aún más importante la necesidad de obtener alternativas diferentes a la disposición de biosólidos en estos espacios, como por ejemplo la aplicación de este tipo de residuos al suelo como abonos orgánicos.

3. Conceptualización del Proceso de Compostaje y Biotransformación

3.1 Estabilización del sustrato

El tamaño de las partículas del material a compostar es indispensable en el proceso puesto que entre mayor es la superficie expuesta a la acción de los microorganismos, más rápida y completa es la reacción. La velocidad del proceso se maximiza en un material molido, sin embargo, debido al tamaño de las partículas, se restringiría el espacio entre las mismas, incrementando la fuerza de fricción y limitando la circulación de oxígeno hacia la parte interna de las pilas dando paso a un colapso de microorganismos aerobios al imposibilitar la aireación por convección natural. Así mismo un material con partículas muy finas, es propenso a generar compactación por su propio peso (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

Generalmente la mayoría de residuos como los biosólidos, por su naturaleza, muestran un alto contenido de humedad, por lo que la mezcla de estos con otro tipo de residuos contribuye a la consecución de un material con textura y humedad adecuadas que, conjuntamente reducen la probabilidad de compactación a lo largo del proceso. Estos residuos con los cuales pueden ser mezclados, se conocen comúnmente como estructurantes o material de soporte y pueden ser residuos como restos de poda y jardinería, restos de la industria maderera como viruta o aserrín, entre otras. Así, este tipo de mezcla además de proveer la porosidad adecuada, también absorben la humedad en exceso (Barrena Gómez, 2006).

Ya que el biosólido que se obtienen de la PTAR se caracteriza por procesos de colmatación, que dificultan el crecimiento microbiológico de organismos aerobios y teniendo en consideración que previo a la biotransformación se requiere de un proceso de compostaje, en el cual, los microorganismos más importantes son aerobios, se hace necesario adicionar al biosólido un material estructurante o de soporte, que en este caso consiste en caña de azúcar de forma que permita incrementar la porosidad y aireación del material a tratar (Torres Lozada, y otros, 2005).

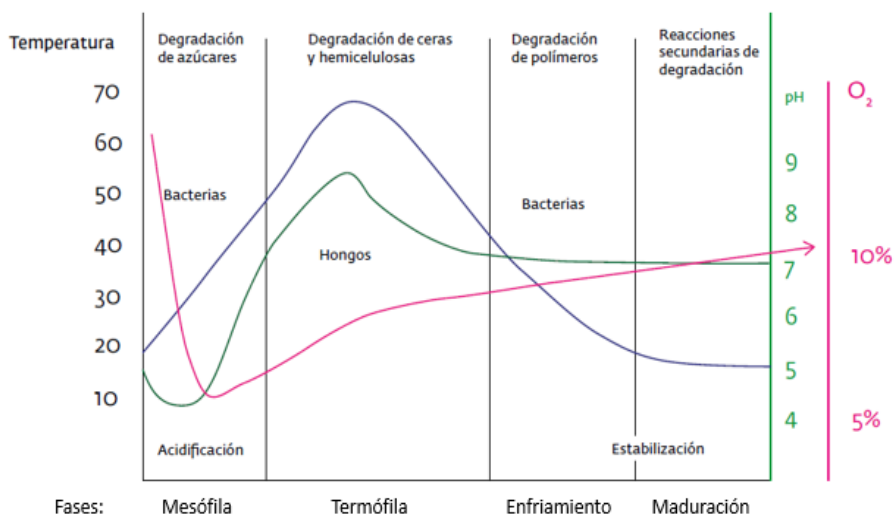
3.2 Compostaje

El compostaje se refiere a un proceso biooxidativo en condiciones controladas que incluye la adición de un material de sustrato con características orgánicas heterogéneas en estado sólido. Comparado con distintos procesos, la biooxidación controlada garantiza una mejor eficiencia puesto que es bastante efectivo para la disminución de patógenos, suprimiendo malos olores y reduciendo el periodo requerido para estabilizar el material (Mazzarino M. J., y otros, 2000). El compostaje utiliza la degradación mediante un proceso aerobio para estabilizar la materia orgánica haciendo uso de un incremento intencional de la temperatura. El proceso tiene lugar en un espacio de degradación continuo a un tiempo de maduración que se distingue en cuatro fases: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (Secretaría Distrital de Hábitat, Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). La fase mesófila en el proceso de compostaje se caracteriza por alcanzar temperaturas de hasta 45°C, inicia con la formación de microorganismos denominados mesófilos que dan paso a la descomposición de las moléculas que poseen mayor facilidad para la degradación. En esta fase del proceso se libera energía que desencadena en el aumento de las temperaturas del material tratado, así como en el decrecimiento del pH. Durante la fase termófila el pH tiende a la alcalinidad, la cantidad de microorganismos mesófilos decrece dando lugar a la formación de microorganismos termófilos, continuando además con el incremento paulatino de las temperaturas. Gracias a las altas temperaturas se consigue la eliminación de microorganismos patógenos además de sustancias fácilmente degradables como azúcares, grasas, almidones y proteínas. La fase termófila asegura la higienización o esterilización del material pues al eliminar patógenos también se asegura que estos

no vuelvan a proliferar en la fase de maduración. El tiempo necesario para que se lleven a cabo estas dos fases puede ser de días o meses, según la cantidad y tipo de material a tratar además de condiciones climáticas del lugar, entre otros; de igual modo deben ser realizadas en las condiciones adecuadas para no comprometer la fase de maduración y mejorar la calidad del producto final (Barrena Gómez, 2006).

En la fase de enfriamiento las temperaturas descienden nuevamente hasta los 40 - 45°C continuando la degradación de polímeros como la celulosa con la aparición de hongos, reaparecen algunos microorganismos mesófilos y el pH desciende, aunque tiende sutilmente a la alcalinidad; requiere de tiempo por cuanto tiende a confundirse con la fase de maduración. La fase de maduración es la última fase del proceso de compostaje cuya duración requiere de semanas hasta meses a temperatura ambiente, en esta se llevan a cabo reacciones secundarias que dan lugar a ácidos húmicos y fúlvicos, se reduce la actividad microbiana y el pH continúa ligeramente alcalino (Secretaría Distrital de Hábitat Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

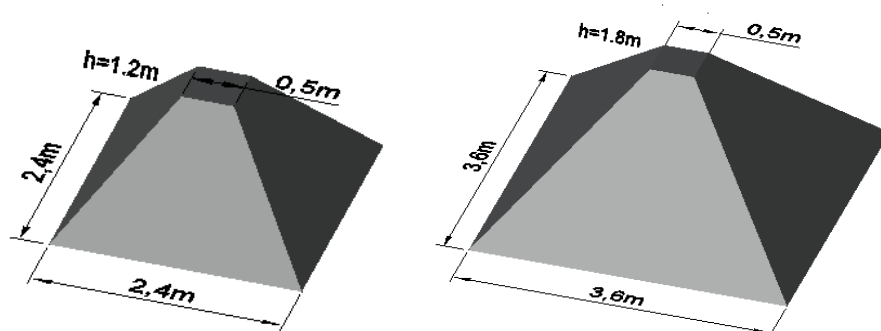
Figura 5. Comportamiento de variables en el proceso de compostaje



Fuente: Adaptado de Secretaría Distrital de Hábitat Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014

El proceso de compostaje se adelanta generalmente en pilas con forma piramidal cuyos volteos son constantes con el fin de garantizar que el proceso sea aerobio; el tamaño de las pilas y la frecuencia de volteos se encuentra en función del tipo de material, sin embargo, una limitante es la altura de la pila puesto que a mayor altura mayor será la probabilidad de compactación del material, reduciendo la porosidad en el mismo dificultando la oxigenación; por lo tanto, estudios sugieren alturas entre 1,2 y 1,8 metros y anchos entre 2,4 y 3,6 metros. El contenido de humedad en el material es vital para los microorganismos puesto que estos únicamente pueden usar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua, de igual modo es un medio para la migración y colonización microbiana (Barrena Gómez, 2006)

Figura 6. Estructura de pilas de compostaje de acuerdo a la literatura



3.3 Biotransformación mediante escarabajos, coleópteros y larvas

Al interior de los ecosistemas, existen esencialmente tres tipos de organismos conocidos como productores, consumidores y descomponedores y de su correcta relación depende el adecuado funcionamiento del ecosistema. Los organismos productores son conocidos en su mayoría como aquellos aptos para captar energía y sintetizar materia orgánica a través de compuestos inorgánicos, la mayor parte de este conjunto la constituyen organismos fotosintetizadores como las plantas. Los consumidores por su

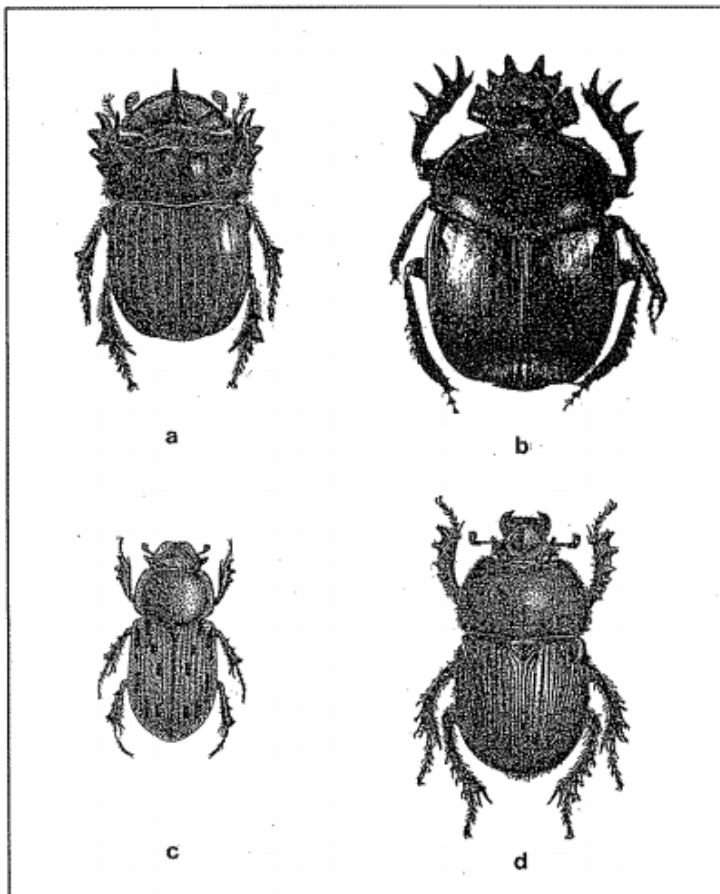
parte, están compuestos por organismos heterótrofos capaces de obtener alimento de productores o consumidores. Por último, los descomponedores conocidos como organismos saprófagos con la característica de alimentarse de materia muerta compuesta por desechos de productores o consumidores, de esta forma mediante las cadenas tróficas, la materia orgánica sintetizada por estos organismos. Estos organismos se clasifican de acuerdo al tipo de materia orgánica que procesan, es decir, los organismos pueden ser detritívoros, necrófagos y coprófagos.

Se calcula que un 95% de la materia orgánica que sintetizan las plantas no es consumida, por lo que es absorbida por los descomponedores como materia vegetal del suelo. Los artrópodos son un elemento esencial en la degradación de residuos de origen vegetal mediante su relación intrínseca con microorganismos al contener algunas bacterias o protozoos en su tracto intestinal.

Algunos descomponedores como los miriápodos diplópodos se caracterizan por la asimilación de materia orgánica en descomposición con la propiedad de vivir en el suelo y presentar niveles elevados de población. Las heces son consideradas una fuente rica de energía que permiten la obtención de alimento para algunos coprófagos y necrófagos, por lo que los coleópteros adultos y algunas larvas de dípteros se especializan en permitir la actuación de microorganismos aerobios al interior de excrementos llevando a cabo un proceso de descomposición que recicla materia orgánica.

Si bien, en los ecosistemas se dificulta determinar los límites de poblaciones de artrópodos, cuando se analiza la degradación de excremento se hallan unidades claramente definidas. Algunas familias de coleópteros que participan comúnmente en la degradación de excremento son: hydrophilidae, staphilinidae, histeriade, scarabaeidae, aphodiidae y geotrupidae, siendo las tres últimas principalmente coprófagas (Galante & Marcos García, 1997)

Gráfica 5. Coleópteros coprófagos scarabeoidea: a) *Copris lunaris* (Linnaeus) (Scarabaeidae), b) *Scarabaeus sacer* Linnaeus hydrophilidae (Scarabaeidae), c) *Aphodius conspurcatus* (Linnaeus) (Aphodiidae) y d) *Geotrupes mutator* Marsham (Geotrupidae)



Fuente: Galante & Marcos García, 1997

Los escarabajos como actores principales en el intercambio de nutrientes con el suelo, elevan sus propiedades fértiles por acción de la incorporación de materia orgánica (Basto Estrella, Rodríguez Vivas, Delfín González, & Reyes Novelo, 2012). Las larvas y los adultos de los escarabajos suelen tener incluida en su dieta la ingesta de residuos orgánicos para convertirlo en abono orgánico. Por esta razón, para obtener un abono con condiciones óptimas

para ser aplicado al suelo, se introducen en los biosólidos las larvas de escarabajo. El humus que secretan estas larvas se considera el máximo nivel de descomposición de materia. (Rosas Fonseca, 2012). El papel de las larvas de escarabajo en la generación de bioabono a partir de la degradación de la materia orgánica, se viene estudiando en la actualidad como un factor generador de nutrientes que, al ser aplicados en suelos, resultan de gran beneficio para su recuperación o bien para la mejora en la producción agrícola (García, 1996).

4. Control de Variables al Interior del Proceso

Teniendo en cuenta que el proceso compostaje y biotransformación de biosólidos debe llevarse a cabo bajo escenarios controlados, de modo que se garanticen las condiciones óptimas para la acción de los microorganismos que dan lugar a las diferentes fases del proceso y a la obtención de un producto final con características propias de un abono orgánico, se requiere del seguimiento de las variables responsables del proceso.

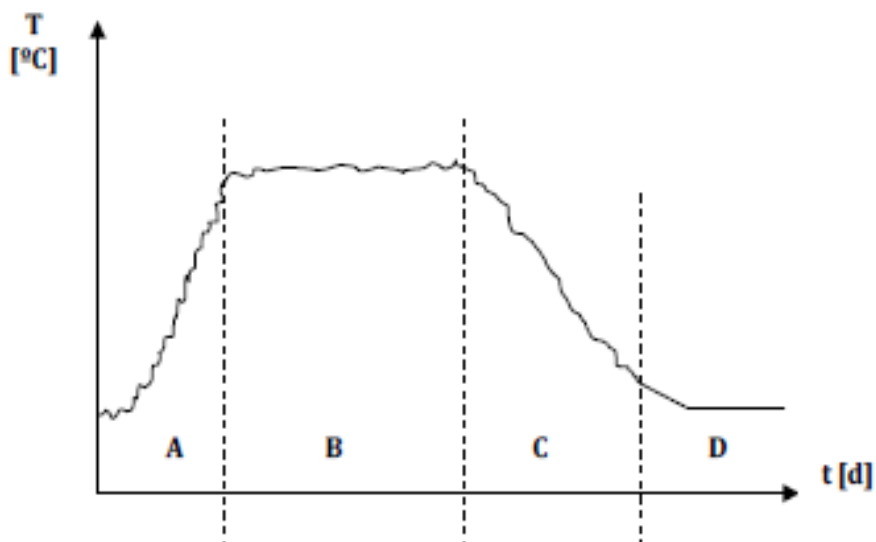
4.1 Temperatura

La variación de la temperatura en el material es el principal indicador de funcionamiento del proceso de biotransformación siendo uno de los principales factores importantes en el desarrollo del mismo como resultado del tipo de proceso. Cada fase del proceso se caracteriza por poseer diversos rangos de temperatura. La actividad biológica que se lleva a cabo al interior de las pilas genera calor, el cual, es retenido por el material desencadenando un aumento de la temperatura en la primera fase del compostaje, indicando la presencia de materiales muy degradables revelando índices de un desarrollo adecuado del proceso (Barrena Gómez, 2006). Las altas temperaturas garantizan en el material su esterilización pues inhiben la acción de organismos como virus y patógenos. Lo ideal es hallar un equilibrio en la temperatura de modo que se garantice la higienización en su fase termófila teniendo como consideración que la mayor diversidad microbiana se lleva a cabo de 35 a 40°C, la

máxima biodegradación de 45 a 55°C y la higienización al superar los 55°C (Soliva Torrento, 2001).

La gráfica 6 representa la variación de la temperatura durante el proceso de compostaje, permitiendo identificar el inicio del aumento de las temperaturas en una fase mesófila (A), seguida por una fase termófila (B) en la que se obtienen los mayores rangos de temperatura, dando paso a la fase de enfriamiento y maduración, en las cuales se presenta la disminución de la variable conforme se estabiliza el material.

Figura 7. Evolución típica de la temperatura en el proceso de compostaje



Fuente: Barrena Gómez, 2006

4.2 PH

La presencia de microorganismos en el proceso de compostaje está estrechamente ligada al pH, pues se considera que valores extremos de este parámetro son nocivos para determinados grupos, sin

embargo, no es obstáculo para el proceso, aunque sí lo es para su cinética ya que dificulta el desarrollo adecuado del proceso (Barrena Gómez, 2006). Apartir de los múltiples microorganismos implicados en el compostaje, el proceso acepta un rango relativamente amplio de pH, teniendo valores aceptables de 5,5 a 9 con rangos sugeridos entre 6 y 8 unidades de pH. Se dice que esta variable es un indicador del progreso del proceso de compostaje pues el perfil de pH varía conforme sucede la descomposición del sustrato con el tiempo. El descenso temporal del pH está relacionado principalmente a la liberación de ácidos orgánicos al inicio del proceso de compostaje, de igual modo este se eleva por la producción de amoniaco gracias a compuestos nitrogenados en el material (Prono, 2016).

4.3 Humedad

En el proceso de degradación del material los principales responsables son los microorganismos y el agua es fundamental para sus funciones metabólicas, por lo que se dice que una humedad recomendable para una eficiencia óptima en el proceso de degradación está entre 45 y 60 %.

Cuando la humedad se encuentra por debajo del 45% el proceso de degradación reduce su velocidad y puede llegar a detenerse por lo que debe agregarse agua a la mezcla, se sugiere que sea de agua lluvia puesto que el agua potable contiene cloro y este puede afectar el proceso. En el caso de presentar humedades superiores a 60% el material puede presentar malos olores con presencia de moscas y generación de lixiviados, por lo que se sugiere la adición de sustrato seco.

A pesar que en la actualidad se cuenta con instrumentos de medida como higrómetros o sensores de humedad en suelo, la prueba de puño es una técnica empleada en trabajo de campo válida que consiste en tomar una porción de material con la mano y oprimirla. Si el material permite que la caída de más de tres gotas se considera muy húmedo y requiere de la adición de material de soporte seco; por el contrario, si el material se desmorona se considera muy seco,

lo que quiere decir que requiere agua, en este caso se sugiere la adición de agua (Secretaría Distrital de Hábitat, Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Figura 8. Prueba de puño para contenido de humedad



Fuente: Secretaría Distrital de Habitat Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014

4.4 Aireación

Para asegurar un adecuado compostaje se requiere garantizar la acción del oxígeno, pues al ser un proceso aerobio, los microorganismos que en él actúan son aerobios (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008). Estas condiciones proporcionan beneficios en el caso de la generación de gases de efecto invernadero y malos olores (Rosas Fonseca, 2012). El compostaje mediante pilas estáticas presenta porcentajes variables de oxígeno en los espacios vacíos de la mezcla.

El exterior de la pila presenta un porcentaje de oxígeno similar al del aire (18-20%), mientras que en la parte interna de la pila el oxígeno es reducido; a 60 cm de profundidad, el contenido de oxígeno oscila entre 0,5 y 2% (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008). La porosidad en el material es un factor importante ya que, si este carece de volumen de vacíos respecto del volumen total de la mezcla se impedirá el paso de aire y agua al interior de la misma. En estos casos se debe acondicionar la mezcla

con material estructurante de forma que se dé lugar a la presencia de poros al interior de la mezcla (Barrena Gómez, 2006).

4.5 Volteo

En pilas estáticas los volteos tienen varias funciones, una de ellas es garantizar la aireación en la mezcla, lo recomendable es realizar los volteos una o dos veces por semana, desplazando las pilas de un sitio a otro mezclando y disminuyendo la compactación de su contenido. Otra función es controlar el contenido de humedad del material, pues si está muy húmeda la frecuencia del volteo debe incrementar. De igual modo regula las temperaturas para evitar pérdidas excesivas de nitrógeno debido a que el consumo de oxígeno es mayor, en proporción al incremento de la temperatura en la pila (Secretaría Distrital de Hábitat, Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). De este modo, al efectuar el mezclado del material de forma manual o mecánica, además de oxigenar el material, se restringe la compactación y se mejora la relación de vacíos en todo el material, garantizando propiedades que homogenizan la descomposición del sustrato.

4.6 Caracterización del Material

La caracterización del material es determinante para la evaluación del proceso que se lleva a cabo durante el compostaje y la biotransformación. De esta forma es importante realizar un muestreo para análisis de laboratorio del biosólido antes de la realización del montaje, otro al finalizar el proceso de compostaje y otro al finalizar el proceso de biotransformación.

5. Análisis fisicoquímicos

La periodicidad del seguimiento a los parámetros físicos y químicos en el proceso de compostaje y biotransformación están sujetas a las características propias de cada variable, además de su papel en la evolución de las diferentes fases en las que se desarrolla el proceso. Así se tiene que variables como la temperatura, el pH y

el contenido de humedad requieren de un seguimiento detallado y periódico mientras que parámetros químicos como el carbono orgánico oxidable, nitrógeno total, fósforo total contenido de sales solubles y materia orgánica se pueden llevar a cabo en el material crudo, compostado y biotransformado.

5.1 Temperatura, pH, contenido de humedad

Durante el tiempo de desarrollo de la estabilización del sustrato se requiere llevar a cabo un registro diario de parámetros como el pH y la temperatura durante el primer mes y dos veces a la semana durante los meses posteriores, a fin de ejercer un control del proceso de compostaje en cada una de sus fases mesófila, termófila, enfriamiento y de maduración. El porcentaje de humedad de las pilas debe ser medido en sitio con una periodicidad máxima de una vez a la semana, lo que determina la necesidad de humedecer o realizar volteos al material, manteniendo los parámetros iniciales de diseño de las pilas (principalmente la altura).

5.2 Conductividad Eléctrica

Es una propiedad que mide la capacidad de un material para transportar corriente eléctrica; es considerada una manera no directa para calcular las sales en fragmentos de suelo. A partir de los resultados de ciertas variables se clasifican los suelos en tres categorías: suelos salinos, suelos sódicos y suelos salino-sódicos.

5.3 Carbono orgánico oxidable (C)

Es un elemento significativo para el ciclo del carbono pues ocupa en la biosfera un 69,8 % del carbono orgánico. Este, está presente en el suelo en forma orgánica o inorgánica. La mayoría de las propiedades de los suelos se ven afectadas por el carbono orgánico, en términos de calidad, sustentabilidad y capacidad productiva, razón por la cual en un manejo sustentable el COS debe tender a conservarse o aumentarse. Se halla normalmente en forma de residuos orgánicos con bajas proporciones de alteración

de vegetales, animales y microorganismos, también es hallado en forma de humus y en formas muy específicas de composición próxima al carbono elemental. En circunstancias naturales, el COS se deriva del balance entre el material orgánico fresco que es incorporado al suelo y el CO₂ que es liberado del suelo a la atmósfera (Martínez H. Fuentes E. & Acevedon H. 2008). Entre los elementos que constituyen el sustrato se destaca el carbono para la síntesis celular. El carbono se requiere en proporciones adecuadas durante el proceso de compostaje, ya que en las células de los microorganismos compone el 50% y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

5.4 Nitrógeno total (N)

Es un elemento necesario para la vida, constituyendo un 78% de la atmósfera en su estado gaseoso. A pesar de esto, el nitrógeno presente en el suelo es escaso por su dinámica y su ciclo biogeoquímico; este puede alcanzar el suelo a través de materia orgánica, también a través del aire por fijación bacteriana. Una vez en el suelo las plantas, microorganismos y animales lo incorporan a sus tejidos haciendo de este un elemento aprovechable. Cuando estos organismos desaparecen, el nitrógeno completa el ciclo regresando al suelo. Bajos niveles de nitrógeno son perjudiciales para los microorganismos afectando su crecimiento e impidiendo su desarrollo óptimo, por el contrario, en cantidades abundantes coadyuva al crecimiento microbiano acelerando la descomposición, sin embargo, trae consigo complicaciones como malos olores en el material (suelo o compost) en condiciones anaerobias, además, mientras que el nitrógeno escapa en forma de gas puede ser liberado como amoníaco (Instituto Mexicano del Petróleo; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología, 2006). Se estima que es el nutriente más significativo para la producción vegetal a causa de la cantidad demandada en cultivos, además, de la periodicidad con que se presentan insuficiencias en suelos con vocación agrícolas, de esta forma la agricultura que depende de altos rendimientos requiere del uso de fertilizantes nitrogenados (García, 1996).

El nitrógeno es un mecanismo de proteínas ligado a la reproducción de los microorganismos en el compostaje, de este modo entre mayor sea la cantidad de microorganismos, más rápido será la degradación (Secretaría Distrital de Hábitat Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

5.5 Fósforo total (P)

No es común encontrar fósforo en estado libre en la naturaleza teniendo en cuenta que este se oxida con facilidad, por el contrario, es usual que los compuestos orgánicos como minerales contengan fósforo. De esta forma, el fósforo se clasifica de acuerdo a las propiedades de los compuestos que conforma. Cuando se clasifica como orgánico, es posible encontrarlo en el humus y la materia orgánica en el suelo, con valores entre 0 y 0,2%. En su clasificación inorgánica regularmente es más abundante que la orgánica y se constituye por hierro, aluminio, flúor y calcio entre otros. El fósforo es considerado como el macronutriente principal para las plantas y los microorganismos, seguido del nitrógeno. Al componerse de ácidos nucleicos y fosfolípidos puede ser un nutriente limitante. Analizar el contenido de fósforo normalmente funciona para ejercer control en su dosificación para ser aplicado como tratamiento de suelos (Instituto Mexicano del Petróleo; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología, 2006).

Así mismo, es el nutriente más significativo, después del carbono y el nitrógeno en el compostaje, por lo cual también debe actuar en cantidades proporcionales (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

5.6 Materia orgánica

La materia orgánica se compone de todas aquellas sustancias orgánicas vivas o muertas, frescas o descompuestas del suelo. En ella están incluidos hongos, bacterias y microorganismos vivos imposibles de ser separados, además de animales, residuos de

plantas y raíces en descomposición, microorganismos, humus y compuestos orgánicos (Peñarete Murcia, 2012). En el proceso de compostaje de residuos en condiciones controladas, la biomasa microbiana degrada una porción de la materia orgánica presente, al consumir oxígeno originan nueva biomasa. (Prono, 2016).

Conocer el contenido de materia orgánica dentro del compost es esencial para establecer su calidad agronómica. Al interior del compostaje se presenta un declive en la materia orgánica por pérdida de carbono junto a su mineralización, lo que puede constituir un 20% del peso de la masa compostada. Se conocen dos etapas que se desarrollan durante el descenso de la materia orgánica, en primer lugar, se producen compuestos simples con la transformación de las cadenas carbonadas por el acelerado decrecimiento de carbohidratos, formando moléculas complejas que dan origen a los compuestos húmicos; en segundo lugar, materiales como las ligninas se degradan paulatinamente transformándose en compuestos húmicos lo cual no culmina durante el compostaje. Las propiedades de los materiales originados desde el compostaje difieren de las propiedades de los materiales iniciales, otorgando características físicas y químicas distintas a la masa. (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

5.7 Relación C/N y C/P

Una apropiada relación entre los principales nutrientes involucrados en el compostaje es primordial para la proliferación de microorganismos, garantizando cantidades óptimas para la síntesis microbiana (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

La relación C/N debe ser correcta para un adecuado compostaje en el que se aproveche y mantenga la mayor parte del C y del N. Los microorganismos presentes en el proceso de compostaje requieren nutrientes para su crecimiento; si bien los residuos ya contribuyen nutrientes y oligoelementos, es necesario garantizar la participación de aquellos que se requieren en mayor proporción

como el carbono y el nitrógeno. Se estima que el rango óptimo para la relación C/N en el compostaje es de 25-35. La relación C/N es ajustable en el material si este es mezclado con un material de características complementarias (Barrena Gómez, 2006). La importancia de esta relación se basa en la velocidad que proporciona al proceso de compostaje. Una relación C/N superior a 40 sugiere una actividad de microorganismos baja por lo que estos se ven en la obligación de oxidar el carbono en exceso reduciendo la velocidad en el compostaje a causa de la insuficiencia de nitrógeno que se requiere para que los microorganismos sinteticen las proteínas. La eliminación del carbono excesivo requiere de la presencia de distintos microorganismos, las cuales, al cumplir su ciclo, reciclan el nitrógeno de su biomasa disminuyendo la relación C/N. Cuando el material presenta una alta relación C/N, los microorganismos disponen de una relación C/N inferior permitiendo una evolución rápida del proceso, aunque lo anterior influirá solo en una proporción de la masa total. Si por el contrario es muy baja la relación C/N, el proceso de compostaje tendrá una velocidad alta, sin embargo, se ocasiona una autorregulación por exceso de nitrógeno. En un compost maduro la relación C/N ideal es similar a la del humus, es decir, cercana a 10. La relación C/P es considerada adecuada en un rango de 75 a 150, mientras que la relación N/P debe estar entre 5 y 20 (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, 2008)

6. Análisis Microbiológicos

Las propiedades fértiles del suelo junto a los ciclos biogeoquímicos de los elementos, están directamente relacionados con la población microbiana presente en el suelo y su relación con la fertilidad del mismo. Por este motivo se observa la necesidad de conocer las comunidades microbianas principales y secundarias de la población microbiana en suelos (Instituto Mexicano del Petróleo; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología, 2006). Los microorganismos que se desarrollan al interior de los biosólidos están determinados por las aguas tratadas. Durante el proceso de elaboración de compost biotransformado, se requiere de un seguimiento microbiológico con el propósito de

evaluar que el posterior uso del material, no genere amenazas a la salud y al ambiente (Peñarete Murcia, 2012).

6.1 Coliformes fecales

La presencia de coliformes totales es frecuente en el ambiente, sin embargo, suelen presentarse en el suelo y en el agua. Se diferencian a partir de su capacidad para fermentar lactosa. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2007). La contaminación fecal sugiere uno de los principales riesgos sanitarios, caracterizada por la incorporación de microorganismos patógenos causantes de enfermedades en el ser humano, por lo que su control es importante como medida sanitaria que garantice la salud de la población (Ramos Ortega, Vidal, Vilarity Q. & Saavedra Díaz, 2008).

Los coliformes fecales, y especialmente el *E. coli* son considerados indicadores de contaminación fecal a partir de la alta concentración que presentan en muestras de agua residual. Si bien, los coliformes fecales hacen parte de un subgrupo de los coliformes totales, estos se encuentran frecuentemente en la materia fecal de animales de sangre caliente y su reproducción fuera de estos animales, se ve favorecido por la presencia de condiciones apropiadas de materia orgánica, pH y humedad; razón por la cual es una variable que requiere seguimiento en el compostaje y que además debe mantenerse dentro de los rangos estimados por la normatividad vigente (Díaz Delgado, Carlos; Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2003).

6.2 Huevos de Helminto

Su importancia en la salud pública está relacionada a su presencia en el ambiente por motivo de su dosis mínima infectiva además de su resistencia a la desinfección con cloro como a condiciones ambientales variables como temperatura, humedad y pH. Son empleados como indicadores de contaminación fecal por presencia de parásitos en aguas residuales tratadas, así como en biosólidos.

Las concentraciones permisibles de huevos de helminto según la OMS para el 2006 en aguas residuales que han sido depuradas para riego de cultivos no pueden superar uno por litro. Así mismo la Agencia de Protección Ambiental define rangos permisibles de concentración de huevos de helminto en biosólidos empleados en agricultura considerando un límite de un huevo por cada 4 g de sólidos totales. No obstante, los países en desarrollo al caracterizarse por tener alta presencia de huevos de helminto al interior de la población, requieren de mayor esfuerzo para el cumplimiento de la normatividad (Campos, Beltrán, Fuentes, & Moreno, 2018).

6.3 Salmonella sp

La salmonella es una enterobacteria asociada frecuentemente a enfermedades diarreicas. Normalmente los microorganismos pertenecientes al género de Salmonella son bacilos Gram negativos, con propiedades anaerobias facultativas, que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. El tamaño de esta bacteria fluctúa entre 0,3 a 1 um x 1,0 a 6,0 um. Su movilidad es posible gracias a que poseen flagelos peritricos, exceptuando la *S. gallinarum* y *S. pullorum*. Las altas temperaturas tienden a reducir la disposición a la colonización de la salmonella por cuanto durante el proceso de compostaje las temperaturas elevadas favorecen la erradicación de la bacteria (Parra, Durango, & Máttar, 2002). A partir de la importancia de esta bacteria y de su impacto en la salud humana la normatividad que rige el uso de biosólidos, contempla un nivel de permisibilidad de este parámetro para la aplicación de biosólidos al suelo.

6.4 Algas

Las algas son catalogadas como organismos eucariotas principalmente autótrofos de carácter fotoautótrofo o quimioautótrofo con la fotosíntesis como su mecanismo de nutrición esencial. Algunos grupos presentan condiciones heterótrofas de carácter osmotrófico, fagotrófico o saprobiótica. Así mismo, existen algunos microorganismos denominados mixótrofos con una forma de nutrición combinada entre autotrofia y heterotrofia denominada

mixotrofia. Acostumbran habitar espacios acuáticos donde se conocen como algas planctónicas que se hallan suspendidas en la columna de agua, aunque también las hay bentónicas las cuales están presentes en sustratos. No obstante, se encuentran con poca frecuencia en el aire, suelo o hielo considerándose cosmopolitas. Algunas clases de algas como las verdes azules, son consideradas bacterias a partir de su organización celular procariota y además están presentes en mares, ríos, lagos, lagunas, suelos o aguas termales. Pertenecen al grupo de las bacterias Gram-positivas presentando variedades en sus niveles de organización, con formas unicelulares poco comunes y reproducción mediante fisión binaria, múltiple, exocitos u hormogomios (Dreckmann, Senties, & Núñez, 2013)

6.5 Metales Pesados

Se conocen los metales pesados como elementos naturales de la tierra, con un rol trascendente en los organismos siendo pieza esencial de sus funciones bioquímicas y fisiológicas como oligoelementos. Pese a esto, también tienen la propiedad de actuar como agentes tóxicos en seres humanos y ecosistemas según diferentes factores de exposición, dosificación y naturaleza.

Al no poderlos degradar o destruir, los metales son acumulativos y permanentes con la particularidad de ser tóxicos y cancerígenos. Como consecuencia de la extensión que ocupa el ser humano en el ambiente, su exposición a este tipo de elementos tiende a ser alta, considerando diferentes vías de incorporación como ingestión por el consumo de alimentos agrícolas o agua; inhalación por partículas suspendidas en el aire; contacto dérmico por mala manipulación de químicos o suelos contaminados, entre muchas otras posibilidades (Ferré Huguet, Schuhmacher, Llobet, & Domingo, 2007). Algunos metales conocidos son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, selenio, zinc. Teniendo en cuenta que los biosólidos como subproducto del tratamiento de aguas residuales contiene metales pesados, este parámetro es ineludible en la caracterización del material (Mazzarino M. J., y otros, 1997).

7. Evaluación del Producto Final

La evaluación del producto final puede llevarse a cabo mediante la normatividad internacional con el código de regulaciones federales para el uso o eliminación de lodos de aguas residuales 40 CFR 503 desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) que reglamenta el uso y disposición de biosólidos a partir de aspectos como el límite de contaminantes, las prácticas de gestión y las normas operativas. Esta normatividad incluye estándares relacionados a la aplicabilidad de biosólidos a la tierra, disposición final de los mismos y su incineración (United States Environmental Protection Agency, 2018); además de la normatividad nacional con el decreto 1287 de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El código de regulaciones federales para el uso o eliminación de lodos de aguas residuales 40 CFR 503 desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), reglamenta el uso y disposición de biosólidos a partir de aspectos como el límite de contaminantes, las prácticas de gestión y las normas operativas. Además, incluye estándares asociados a la aplicabilidad de biosólidos a la tierra y su disposición final.

La clasificación de biosólidos según esta norma, se define en dos clases: «Clase A» o «Clase B» y sus parámetros están dados en la tabla 1 (United States Environmental Protection Agency, 2018). Para dar cumplimiento a la clasificación antes mencionada, la EPA considera cuatro opciones para el cumplimiento de biosólidos en cuanto a reducción de patógenos, contaminantes y vectores así: Calidad excepcional (EQ), concentración de Contaminante (PC), tasa de carga acumulativa de contaminantes (CPLR) y tasa de carga de contaminantes anual (APLR) (United States Environmental Protection Agency, 1994).

Tabla 8. Clasificación de biosólidos según su contenido de patógenos y contaminantes

Opción de biosólido	Clase	Límite de Patógenos (base en peso seco)		Límite de contaminantes (base en peso seco)	Opción de reducción de atracción de vectores	Usos según el tipo de suelo	Otras restricciones
EQ	A	Coliformes fecales (UFC por gramo de sólidos totales)	< 1,0+03	(Miligramo por kilogramo) Arsénico - 41 Cadmio - 39 Cromo - 1200 Cobre - 1500 Plomo - 300 Mercurio - 17 Molibdeno -- Níquel - 420 Selenio - 36 Zinc - 2800	1 a 8	Todos	Ninguna
		Salmonella sp (NMP por 4 gramos de sólidos totales)	< 3				
		Virus Entéricos (PFU por 4 gramos de sólidos totales)	<1				
		Huevos de Helminto (HHV por 4 gramos de sólidos totales)	<1				
PC	A	Coliformes fecales (UFC por gramo de sólidos totales)	< 1,0+03	Arsénico - 41 Cadmio - 39 Cromo - 1200 Cobre - 1500 Plomo - 300 Mercurio - 17 Molibdeno - n/a Níquel - 420 Selenio - 36 Zinc - 2800	9 o 10	Todos excepto césped y huertos domésticos	Planes de gestión
		Salmonella sp (NMP por 4 gramos de sólidos totales)	< 3				
		Virus Entéricos (PFU por 4 gramos de sólidos totales)	<1				
		Huevos de Helminto (HHV por 4 gramos de sólidos totales)	<1				
	B	Coliformes fecales (UFC por gramo de sólidos totales)	< 2,0+06	Arsénico - 75 Cadmio - 85 Cromo - 300 Cobre - 4300 Plomo - 840 Mercurio - 57 Molibdeno 75 Níquel - 420 Selenio - 100 Zinc - 7500	1 a 10	Todos excepto césped y huertos doméstico	Planes de gestión y restricción de sitios

Fuente: Adaptado de United States Environmental Protection Agency, 1994

CPLR	A	Coliformes fecales (UFC por gramo de sólidos totales)	< 1,0+03	(kilogramo por hectárea)	1 a 10	Todos excepto césped y huertos domésticos	Planes de gestión
		Salmonella sp (NMP por 4 gramos de sólidos totales)	< 3	Arsénico - 41 Cadmio - 39 Cromo - 3000 Cobre - 1500 Plomo - 300 Mercurio - 17 Molibdeno -- Níquel - 420 Selenio - 100 Zinc - 2800			
	Virus entéricos (PFU por 4 gramos de sólidos totales)	<1					
	Huevos de Helmintho (HHV por 4 gramos de sólidos totales)	<1					
B	Coliformes fecales (UFC por gramo de sólidos totales)	< 2,0+06	Arsénico - 75 Cadmio - 85 Cromo - 300 Cobre - 4300 Plomo - 840 Mercurio - 57 Molibdeno 75 Níquel - 420 Selenio - 100 Zinc - 7500	1 a 10	Todos excepto césped y huertos doméstico	Planes de gestión	
APLR	A	Coliformes fecales (UFC por gramo de sólidos totales)	< 1,0+03	(Kilogramo por hectárea por año)	1 a 8	Todos con más probabilidad de césped y huertos domésticos	Planes de gestión de etiqueta
		Salmonella sp (NMP por 4 gramos de sólidos totales)	< 3	Arsénico - 2 Cadmio - 1.9 Cromo - 150 Cobre - 75 Plomo - 15 Mercurio - 0.85 Molibdeno -- Níquel - 21 Selenio - 5 Zinc - 140			
		Virus Entéricos (PFU por 4 gramos de sólidos totales)	<1				
		Huevos de Helmintho (HHV por 4 gramos de sólidos totales)	<1				

La normativa colombiana en materia de Biosólidos está definida en el decreto 1287 de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, “por el cual se establecen discreciones para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. De este modo se enmarca el biosólido en categoría A o categoría B de acuerdo a lo dispuesto en la tabla 2 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014).

Tabla 9. Valores máximos permisibles de categorización de biosólidos para su uso.

Criterio	Variable	Unidad de Medida	Categoría biosólido (valores máximos permisibles)	
			A	B
Químicos Metales Concentraciones máximas	Arsénico	mg / Kg de biosólido (base seca)	20	40
	Cadmio		8	40
	Cobre		1000	1750
	Cromo		1000	1500
	Mercurio		10	20
	Molibdeno		18	75
	Níquel		80	420
	Plomo		300	400
	Selenio		36	100
	Zinc	2000	2800	
Microbiológicos	Coliformes Fecales	Unidades formadoras de colonias UFC / g de biosólido (base seca)	<1,0 E (+3)	<2,0 E (+6)
	Huevos de Helmintos Viables	Huevos de helmintos viables / 4 g de biosólidos 8base seca)	<1	<10
	Salmonella sp	Unidades formadoras de colonias UFC / en 25 g de biosólido (base seca)	Ausencia	<1,0 E (+3)
	Virus entéricos	Unidades formadoras de placas UFP / 4g de biosólido (base seca)	<1	-

Fuente: Adaptado de Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014.

8. Caso de Estudio

Un estudio colombiano, intitulado: “Evaluación del proceso de biotransformación de biosólidos procedentes de la planta de tratamiento de agua residual de Tunja – Boyacá, mediante compostaje con adición de larvas de escarabajos”, es un claro ejemplo de la pertinencia en la implementación de procesos de compostaje coadyuvados con procesos de biotransformación con larvas de escarabajo en materiales como biosólidos. Allí, se lleva a cabo una experimentación que incorpora los parámetros teóricos expuestos a lo largo del presente capítulo.

a. Zona de estudio

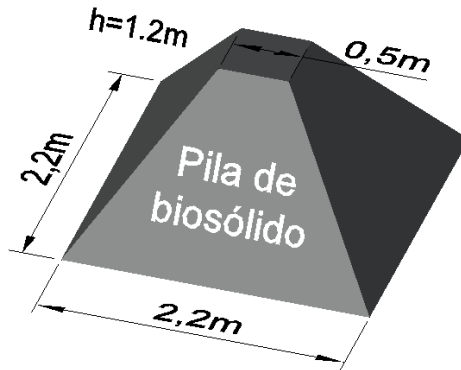
La planta de tratamiento de aguas residuales PTAR del municipio de Tunja - Boyacá está ubicada en la vereda de Pirgua al Nor-orienté del municipio de Tunja, en límites con el municipio de Oicatá, entre el río Jordán y la quebrada Las Cebollas. Se compone de tres módulos independientes diseñados cada uno con la capacidad para tratar un caudal de 120 lts/s; en la actualidad dos de los módulos son operativos con un caudal promedio de 130 lts/s.

Su proceso es de tipo biológico y comprende un tren mixto anaerobio – aerobio. Sus componentes parten de un tratamiento preliminar con una rejilla autolimpiante y un desarenador, cuenta con un tratamiento secundario en el cual, se lleva a cabo un proceso anaerobio con un reactor UASB y aerobio con un tanque de aireación, además, de involucrar un sedimentador secundario. Finalmente realiza un tratamiento de subproductos con un espesador de lodos, un deshidratador centrífugo, un quemador de metano y un lavado H₂S (Pineda Buitrago, 2017). Con los módulos en operación se generan entre 25 y 30 toneladas/mes de lodos, cuya frecuencia de recolección es de entre 8 a 10 veces al mes con disposición final en celdas de seguridad en el parque tecnológico ambiental la sabana.

b. Diseño experimental y montaje

El estudio determinó un diseño de pila basado en una estructura piramidal con un ancho de base de 2,2 m, un ancho de corona de 0,5 m y una altura de 1,2 m para completar un volumen aproximado de 3.1 m³. La composición de la pila es de 40% material de soporte y 60% biosólido.

Figura 9. Estructura para la pila de compostaje



El material de soporte utilizado fue bagazo de caña de azúcar, dando estructura y proporcionando condiciones adecuadas para un proceso aerobio a partir de la relación de vacíos en la mezcla, disminuyendo de igual modo la probabilidad de compactación de la pila. El montaje se elaboró en capas de 0,20 m mezclando de forma uniforme hasta alcanzar la altura esperada; se aisló del suelo mediante un plástico de calibre 6 y se protegió del agua lluvia, así mismo, se elaboraron zanjas para encauzar la escorrentía en la zona

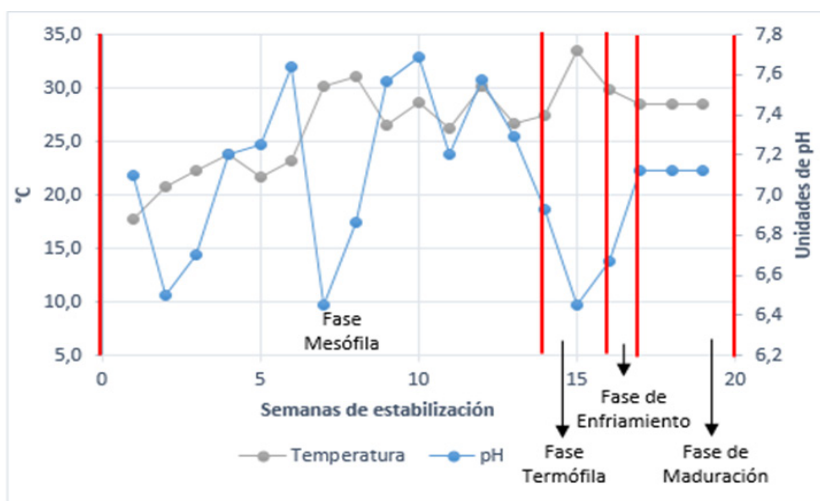
Figura 10. Pila de compostaje conformada



c. Compostaje

El proceso de compostaje en este estudio alcanzó una duración de 19 semanas, evaluando el comportamiento del pH y la temperatura para garantizar condiciones adecuadas en el proceso. Se observó una fase mesófila en las 14 primeras semanas con aumento de la temperatura y un descenso del pH en el material, seguido de una fase termófila en las siguientes 2 semanas donde la temperatura alcanza su máximo nivel y el pH su valor mínimo, la fase de enfriamiento tardó 1 semana con la disminución de la temperatura y el aumento del pH, finalizando con la maduración del material en las últimas 2 semanas donde se estabilizan las dos variables principales. Los volteos fueron efectuados semanalmente para dar uniformidad al proceso y facilitar sus condiciones aerobias.

Figura 11. Comportamiento de la temperatura y el pH en el compostaje



d. Biotransformación

Una vez alcanzada la semana 19 en el compostaje, se dio inicio a la biotransformación en la experimentación, con la incorporación de 70 larvas de escarabajo en dos bioensayos de 0,024m³ cada uno. El primer bioensayo se conformó con 35 larvas de escarabajo en una muestra de material compostado que pasó el tamiz N° 4; el segundo bioensayo se realizó de igual modo con 35 larvas de escarabajo en

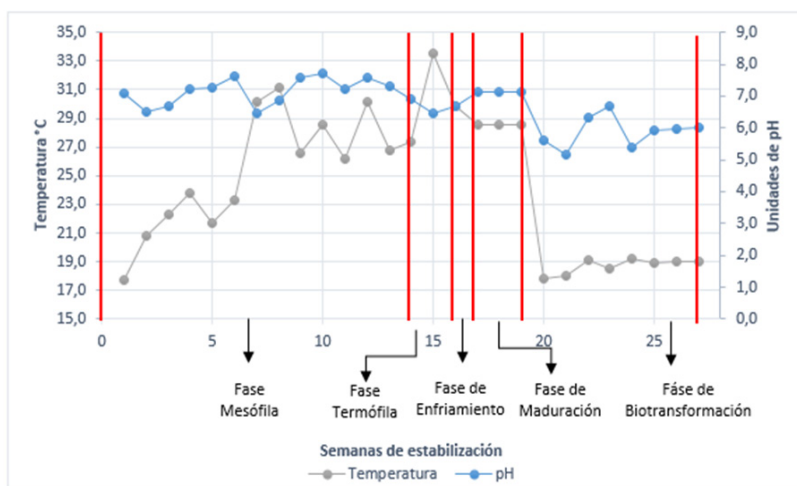
una muestra sin alteración granulométrica. El seguimiento a las variables físicas en los dos bioensayos, se llevó a cabo durante 8 semanas, donde se observó un comportamiento con menores fluctuaciones en el segundo bioensayo.

Figura 12. Conformación de bioensayos 1 y 2



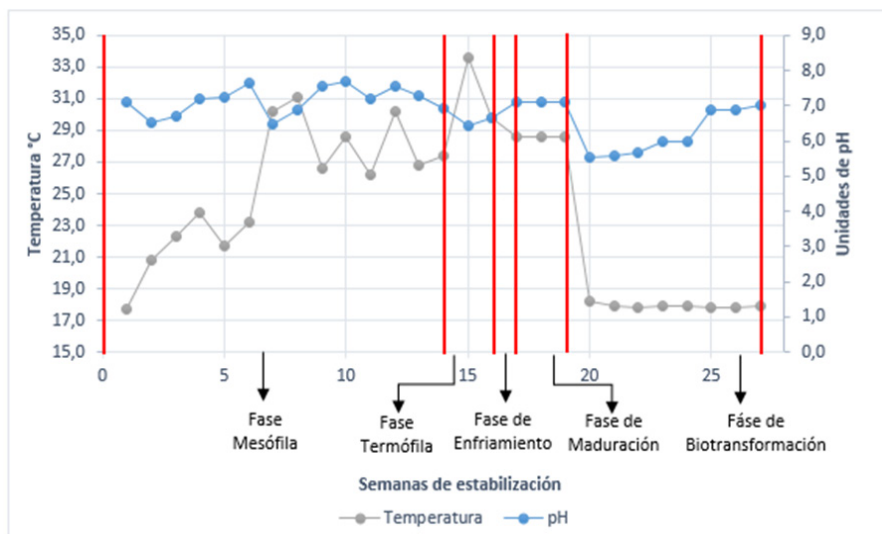
En la gráfica 10 se observa la variación del pH y la temperatura en el compostaje y biotransformación en el bioensayo 1. Es notable el descenso de las dos variables en el momento del montaje para la biotransformación, así como su inestabilidad durante las 8 semanas que dura el proceso asociada a la baja relación de vacíos en el material con motivo de su tamizado.

Figura 13. Comportamiento de pH y temperatura en bioensayo 1



En la gráfica 11 se observa la variación del pH y la temperatura en el compostaje y biotransformación en el bioensayo 2, notando de igual modo un descenso de las dos variables en el momento en que se lleva a cabo el montaje para dar inicio a la biotransformación, sin embargo, se aprecia que la temperatura se mantiene constante y el pH tiende a acercarse a la alcalinidad durante el proceso, o cual, se interpreta como una condición óptima gracias a la granulometría del material.

Gráfica 11. Comportamiento de pH y temperatura en bioensayo 2

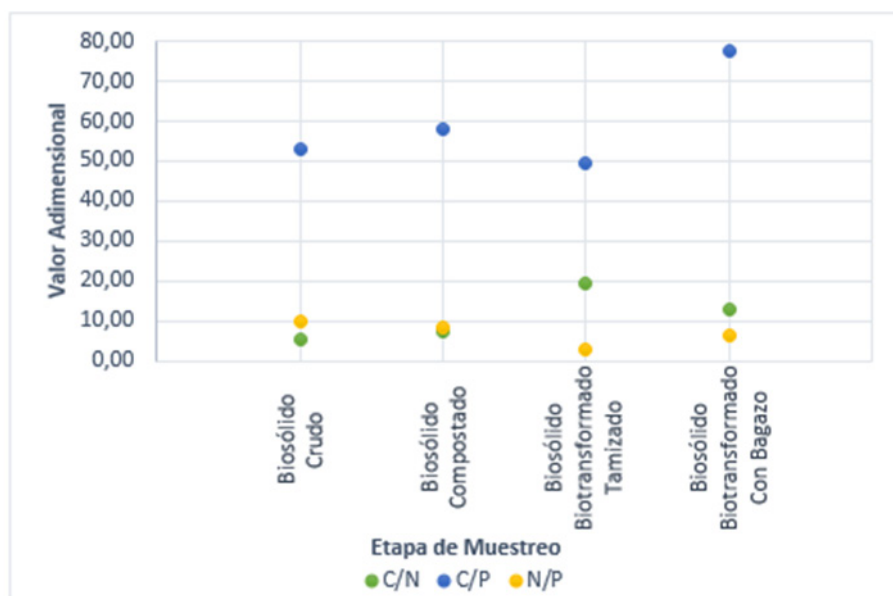


9. Discusión

La caracterización del material fue un indicador importante para determinar la eficiencia del proceso comparando la evolución de sus parámetros en cada instante de la experimentación. La experimentación desarrollada en el caso de estudio que se viene abordando, muestra una relación C/N en el material crudo que partió de 5,28 y aumentó a 7,14 luego del proceso de compostaje, teniendo un valor alejado del óptimo sugerido al interior de un compostaje de residuos orgánicos, el cual, ha sido estimado de 25 a 35, teniendo en cuenta que los microorganismos absorben entre 15 y 30 fracciones de carbono por una de nitrógeno; sin

embargo, durante la biotransformación con larvas de escarabajo, se observó un aumento del parámetro, considerando un valor cercano al óptimo para un compost maduro estimado en 10, en el bioensayo que contiene las larvas y el bagazo de caña de azúcar con una relación de 12,76. Precisando en que la relación C/P para un compostaje de residuos orgánicos está recomendada entre 75 y 150, mientras que la relación N/P se recomienda entre 5 y 20; se observó en los resultados, que, aunque la relación C/P presentó un aumento entre el material crudo y el material compostado, este resultado no alcanzó los límites mencionados, por el contrario, durante la biotransformación del material se apreció que en el bioensayo que contiene larvas de escarabajo y bagazo de caña de azúcar, este parámetro alcanzó un valor de 77,67 ajustándose al rango sugerido anteriormente. La relación N/P presentó un descenso a lo largo de la experimentación, observando resultados favorables de acuerdo a los límites planteados, con un valor de 8,16 en el material compostado, y un valor de 6,09 en la biotransformación con larvas de escarabajo y bagazo de caña de azúcar (Pacheco García, 2019).

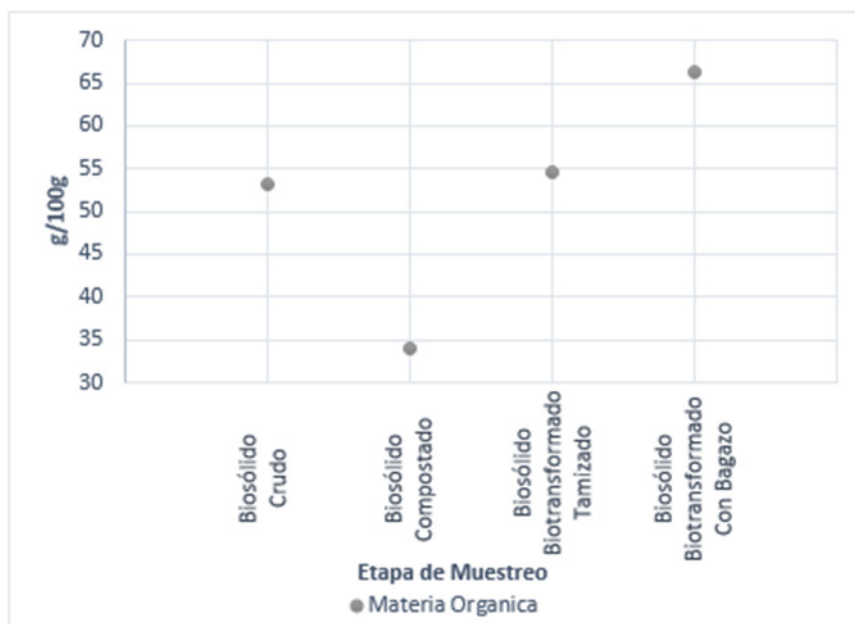
Figura 14. Comportamiento de las relaciones C/N, C/P y N/P



En el material compostado comparado con el biosólido crudo se analizó que los coliformes totales presentaron una reducción del 47,3%, mientras que la salmonella y los huevos de helminto fueron eliminados en un 100%. Esto se atribuye a la fase termófila que se lleva a cabo al interior del compostaje, donde gracias al incremento en la temperatura se lleva a cabo la esterilización, eliminando microorganismos patógenos además de sustancias fácilmente degradables. En el material compostado comparado con el biosólido crudo. Al comparar el material crudo con el material biotransformado, se obtuvo que los coliformes totales disminuyeron en un 73,5% en el bioensayo que contienen el material tamizado y en un 75,2% en el bioensayo con la muestra que contiene bagazo de caña de azúcar, estimando una mayor remoción en este último, así mismo la salmonella y los huevos de helminto se mantuvieron inhibidos. La eficiente remoción de estos parámetros durante la biotransformación, se relaciona con la acción de las larvas de escarabajo empleadas en el proceso, como elementos esenciales en la degradación de residuos, teniendo en cuenta que contienen bacterias y protozoos en su tracto intestinal; lo que a su vez se relaciona a su capacidad de alimentarse de materia muerta para luego sintetizarla mediante compuestos inorgánicos (Pacheco García, 2019).

La materia orgánica del material durante la experimentación, demostró una disminución durante el compostaje, seguida por un incremento en la biotransformación del material. Si bien, se conoce que los lodos residuales por contener altas proporciones de materia orgánica, poseen un valor fertilizante, interviniendo en el mejoramiento de propiedades físicas del suelo, el incremento que se observó en este parámetro con la biotransformación y principalmente en la muestra con larvas y bagazo de caña de azúcar, implicó un índice favorable para la disposición del producto final, pues un alto contenido de materia orgánica en un abono que pueda ser aplicado al suelo disminuye posibles condiciones de erosión, proporcionando la posibilidad de mejorar la capacidad productiva en un sistema, mediante la liberación de nutrientes (Pacheco García, 2019).

Gráfica 13. Comportamiento de la materia orgánica



El estudio también analizó 10 metales pesados correspondientes a arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, selenio, plomo y zinc. El seguimiento a los metales pesados en el material permitió determinar la eficiencia del proceso de compostaje y biotransformación en 6 de los 10 metales evaluados correspondientes al arsénico, cobre, mercurio, molibdeno, selenio y zinc. De este modo, el arsénico y el selenio fueron constantes en el material luego del compostaje, sin embargo, durante la biotransformación, se apreció una reducción de los mismos, en proporciones bastante similares en cada bioensayo. Por otra parte, el cobre, el molibdeno y el zinc, respondieron a una disminución en la etapa de compostaje, que se mantuvo en la biotransformación del material al interior de los dos bioensayos.

El mercurio por su parte manifestó una disminución durante la etapa de compostaje, que continuó a lo largo de la biotransformación, notando mejores resultados de remoción en el bioensayo que contiene la muestra con bagazo de caña de azúcar. Teniendo en cuenta que la característica principal de los metales es su

bioacumulación, se estimó que su reducción generada en la etapa del compostaje del material está relacionada a su migración hacia el material estructurante y a su precipitación debido a la gravedad en el montaje experimental. En cuanto a los metales que fueron disminuidos en la etapa de biotransformación se infiere que la acción de las larvas de escarabajo hace que el contenido removido en el material, sea acumulado en estos organismos (Pacheco García, 2019).

Estos resultados demuestran unas condiciones favorables para el desarrollo de la biotransformación empleando una muestra que no cuente con alteraciones granulométricas luego del compostaje; es decir, manteniendo las condiciones estructurantes del material al ser mezclado con el bagazo de caña de azúcar.

A partir del código de regulaciones federales para el uso o eliminación de lodos de aguas residuales 40 CFR 503 desarrollado por la EPA, el material al final de la experimentación, cumplió como clase B dentro de la opción de concentración de contaminantes (PC) y además dentro de la opción de tasa de carga acumulativa de contaminantes (CPLR) los cuales pueden ser empleados en todos los usos de suelos excepto césped y huertos domésticos, cultivos alimenticios, suelos para el pastoreo de animales y suelos con alto potencial de exposición pública. Con esta clasificación, deben cumplir con reducción de atracción de vectores y requieren la implementación de planes de gestión. Por su parte, la clasificación final del material según la normatividad nacional es categoría B con la opción de usar el material en diferentes tipos de suelo con algunas restricciones como: “...En agricultura, se aplicará al suelo; en plantaciones forestales; en la recuperación, restauración o mejoramiento de suelos degradados; como insumo en procesos de elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos o productos acondicionadores para suelos a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos que modifiquen su calidad original. Los procesos de elaboración y características de los productos finales y su uso, queda sujeto a la regulación establecida por el ICA; para remediación de suelos contaminados, lechos biológicos para el tratamiento de emisiones y vertimientos, soporte físico y sustrato

biológico en sistemas de filtración. Absorción y adsorción; como insumo en la fabricación de materiales de construcción; en la estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, red vial secundaria o terciaria; en la operación de rellenos sanitarios tomó: cobertura diaria, cobertura final de cierre y de clausura de plataformas y en actividades de revegetalización y paisajismo; actividades de revegetalización y paisajismo de escombreras; en procesos de valorización energética...” (Pacheco García, 2019).

Conclusiones

- El compostaje es un proceso que proporciona beneficios para la generación de bioabono en diferentes materiales. Para los biosólidos, es apropiado porque le brinda alternativas de disposición como bioabono que ofrece propiedades fertilizantes al suelo, generando un aporte importante al ambiente en la reducción de la cantidad de residuos que son depositados en rellenos sanitarios con riesgos elevados para la salud y los ecosistemas por su propiedades químicas y microbiológicas. A partir de un caso de estudio, se corrobora en el presente capítulo la aplicabilidad de un proceso como este, en biosólidos para la reducción de metales pesados y microorganismos patógenos, coadyuvado de un proceso de biotransformación con larvas de escarabajo que optimiza los resultados, con un aporte importante en la disminución de algunos metales, así como de coliformes totales.
- El uso de procesos biológicos como el compostaje y la biotransformación para el tratamiento de residuos especiales con características importantes de riesgo como los biosólidos, ofrece amplias posibilidades de innovación para la disposición de residuos con características similares, acondicionando espacios para la investigación en beneficio de los impactos que afronta el ambiente por las actividades del hombre.
- La Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, demuestran

estar a la vanguardia en materia de biosólidos, proporcionando opciones para el uso y disposición de este tipo de materiales, permitiendo su clasificación y sus respectivas restricciones de acuerdo a sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

Referencias Bibliográficas

- Agrafioti, E., Bouras, G., Kalderis, D., & Diamadopoulou, E. (2013). Biochar production by sewage sludge pyrolysis. *101*, 72-78.
- Antunes, E., Schumann, J., Brodie, G., Jacob, M. V., & Schneider, P. A. (2017). Biochar produced from biosolids using a single-mode microwave: Characterisation and its potential for phosphorus removal. *Journal of Environmental Management*, *196*, 119-126.
- Arango Gutiérrez , G. P., & Vásquez Villegas, E. M. (2004). Los coleópteros y el compost. *Revista Lasallista de Investigación*, *1*(1), 93-95. Obtenido de: http://lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/001-007%20Indice_editorial.pdf
- Armstrong, D. L., Rice, C. P., Torrents, A., & Ramírez, M. (2017). Influence of thermal hydrolysis-anaerobic digestion treatment of wastewater solids on concentrations of triclosan, triclocarban, and their transformation products in biosolids. *Chemosphere*, *171*, 609-616. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/bdatos.usantotomas.edu.co:2048/science/article/pii/S0045653516318653>
- BarrenaGómez,R.(2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. Bellaterra.
- Basto Estrella, G., Rodríguez Vivas, R. I., Delfín González, H., & Reyes Novelo, E. (2012). Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, *83*(2), 380-386.

Obtenido de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532012000200008&script=sci_arttext&tlng=en

- Bhavisha, S., Abhijit, S., Pooja, S., & Rajeev Pratap, S. (Abril de 2017). Agricultural utilization of biosolids: A review on potential effects on soil and plant grown. *Waste Management*, 1-16. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.002>
- Briceño Pinzón, Y., & Torres Medina, J. (2016). Tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico a partir de coleópteros Scarabaeidae. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/6254>
- Bueno Márquez, P., Díaz Blanco, M. J., & Cabrera Capitán, F. (2008). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10261/20837>
- Campos, M. C., Beltrán, M., Fuentes, N., & Moreno, G. (2018). Huevos de helmintos como indicadores de contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola, biosólidos, suelos y pastos. *Biomédica*, 38, 42-53. doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v38io.3352>
- Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA). (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Sevilla. Obtenido de: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>
- Clarke, R., Peyton, D., Healy, M. G., Fenton, O., & Cummins, E. (2017). A quantitative microbial risk assessment model for total coliforms and *E. coli* in surface runoff following application of biosolids to grassland. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 11-21.
- Díaz Delgado, Carlos; Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales*

domésticas. RIPDA-CYTED. Obtenido de: <https://books.google.com.co/books?id=hnY9MwEACAAJ>

Donado H, R. (Agosto de 2013). Plan de gestión para lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y San Martín de los Llanos en el departamento del Meta. 1-86. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13496/DonadoHoyosRoger2013.pdf?sequence=1>

Ferré Huguet, N., Schuhmacher, M., Llobet, J. M., & Domingo, J. L. (2007). Metales pesados y salud: diseño de un software para evaluar los riesgos de la exposición ambiental a través del agua, suelos y aire. *MAPFRE Seguridad*(108), 50-58.

Galante, E., & Marcos García, Á. (1997). Detritívoros, coprófagos y necrófagos. *Bol S.E.A.*, 57-64. Obtenido de: http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-003-057.pdf

García Atencia, S., Martínez Hernández, N., & Pardo Locarno, L. C. (2015). Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un fragmento de bosque seco tropical del departamento del Atlántico, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 754-763. doi: 86 (2015) 754-763

García, F. O. (1996). *El ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas*. Boletín Técnico N° 140, EEA INTA.

González Romero, M. N. (2015). Proceso de transformación de biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con vermicompostaje y su aplicación en germinación, caso Colombia altitudes mayores a 1800 msnm. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7450/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Mexicano del Petróleo; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología. (2006).

Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. México, D.F.

- Lau, C. H., Li, B., Zhang, T., Thien, Y. C., Scott, A., Murray, R., Topp, E. (2017). Impact of pre-application treatment on municipal sludge composition, soil dynamics of antibiotic resistance genes, and abundance of antibiotic-resistance genes on vegetables at harvest. *The Science of the total environment*, 11-21.
- López Veloza, N. A., Páez Monroy, M. R., & Roncancio, A. N. (2018). Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción de abono orgánico usando larvas de escarabajos para la transformación de los residuos orgánicos generados en el centro de acopio de la ciudad de Chiquinquirá, Boyacá. Chiquinquirá: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Martínez H, E., Fuentes E, J. P., & Acevedon H, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68-96. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120129/Martinez_Eduardo.pdf?sequence=1
- Mazzarino, M. J., Laos, F., Satti, P., Roselli, L., Costa, G., Moyano, S., . . . Burgoa, C. (1997). Lodos cloacales en Bariloche: de residuos peligrosos a recurso agronómico. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental* (30), 34-39.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 Título E.* Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). *Decreto 1287 de 2014 por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.* Bogotá.

- Ortiz Hernández, L., Gutiérrez Ruiz, M., & Sánchez Salinas, E. (1995). propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 11(2), 101-115.
- Pacheco García, B. H. (2019). *Evaluación del proceso de biotransformación de biosólidos procedentes de la planta de tratamiento de agua residual de Tunja – Boyacá, mediante compostaje con adición de larvas de escarabajos*. Tunja.
- Parra, M., Durango , J., & Máttar, S. (2002). Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por Salmonella. *MVZ Córdoba*, 7(2), 187-200. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/251174>
- Pastor, B., Velásquez, Y., Gobbi, P., & Rojo, S. (2015). Conversión de desechos orgánicos en biomasa de larvas de mosca: cuellos de botella y desafíos. *Journal of Insects as Food and feed*, 1(3), 179-193.
- Paz, C. C., Henríquez, O., & Freres, R. (2007). Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la Región Metropolitana de Santiago. *Revista de Geografía Norte Grande*(37), 35-45.
- Peñarete Murcia, W. (2012). *Efecto de la aplicación de biosólidos sobre las propiedades físicas e hidrodinámicas de un suelo cultivado con caña de azúcar*. Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Pineda Buitrago, L. L. (2017). *Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) de Tunja - Boyacá*. Bogotá.
- Prono, A. R. (2016). *Desarrollo y Verificación Experimental de Herramientas de Modelado y Simulación de Procesos de Conversión Biológica de Residuos Sólidos Urbanos*.

Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe. Obtenido de :<http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/bitstream/handle/11185/894/Tesis.pdf?sequence=1>

Rosas Fonseca, D. Y. (2012). *Diseño preliminar y posible implementación de un sistema de aprovechamiento de los residuos orgánicos en la industria de petróleo*. Bucaramanga.

Santos Ortiz, S. J. (2017). Comunidades de macroinvertebrados edáficos indicadores de calidad del suelo, para evaluar el modelo agroecológico en un sistema de hortalizas, los planes, Chalatenango, El Salvador. San Salvador. Obtenido de: <http://ri.ues.edu.sv/12706/1/13101623.pdf>

Secretaría Distrital de Habitat Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá.

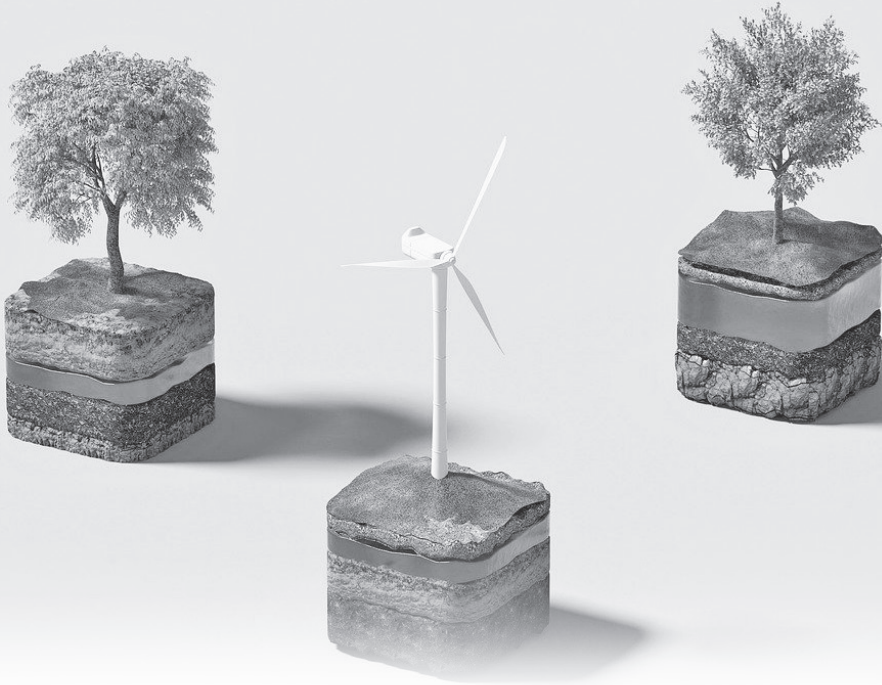
Soliva Torrento, M. (2001). *compostatge i gestio de residus organics*. Barcelona: Diputacio de Barelona.

Spinosa, L., Azize, A., Jean-Cristophe, B., Roberto, C., Pavel, J., Angelique, L., . . . Lex van, D. (2011). Sustainable and innovative solutions for sewage sludge management. *Water*, 3. doi:103390/w3020702

Stechauner Rohringer, R. (2010). *Aporte de coleópteros saproxilófagos a la transformación de residuos de caña de azúcar y su impacto biológico en el suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Obtenido de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3638/1/9005504.2010capitulo00a3.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2018). *Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado 2014 - 2017*. Bogotá.

- Teixeira, S. T., Melo, W. J., & Silva, É. T. (2005). Heavy metals in a degraded soil treated with sludge from water treatment plant. *Scientia Agricola*, 62(5), 298-501. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000500016>
- Torres Lozada, P., Escobar, J. C., Pérez Vidal, A., Imery V, R., Nates, P., Sanchez, G., . . . Bermúdez, A. (2005). Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales - PTAR. *Ingeniería e Investigación*, 53-61.
- Torres, P., Madera, C., & Silva, J. (2009). Mejoramiento de la calidad microbiológica de biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista EIA*(11), 21-37.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Folleto informativo de tecnología de biosólidos. Aplicación de biosólidos al terreno*. Washington, D.C.
- United States Environmental Protection Agency. (1994). *A plain english guide to the EPA part 503 biosolids ruler*. Washington, DC. Obtenido de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-12/documents/plain-english-guide-part503-biosolids-rule.pdf>



PARTE III

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.

ODS 12: Producción y consumo responsable.

ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

United States Environmental Protection Agency. (07 de 02 de 2018). *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos*. Obtenido de: <https://www.epa.gov/biosolids/biosolids-laws-and-regulations>

CAPÍTULO 6: En búsqueda de la Sostenibilidad Urbana: del Barrio al Ecobarrio Villa Gral. Mitre

Manuel Ludueña¹

Resumen

Este capítulo de libro busca generar un proceso pedagógico que vincule los conocimientos adquiridos en las asignaturas cursadas en la MTUS y los propios de sus profesiones para alentar, desde el Taller 1 dónde, qué, cómo y a quién aplicarlos en el B VGM. Adicionalmente, se tiene como objetivo difundir datos básicos e información sobre las características del B VGM, así como de las técnicas y tecnologías para el desarrollo de prácticas sociales, tecnológicas, ambientales y económicas más sostenibles, que contribuyan localmente a limitar los efectos del cambio climático y a la conformación del EB VGM. Finalmente, se busca alentar una visión compartida de largo plazo mediante un proceso de involucramiento y autoorganización vecinal del B VGM para desarrollar actividades y gestionar las estrategias que procuren materializar el EB.

Introducción

El proceso acelerado de urbanización y las problemáticas globales socioambientales requieren respuestas sostenibles que, entre otras, introduzcan mejoras en los bienes construidos para evitar la dilapidación de los materiales y el trabajo socio productivo

¹ Docente Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. buenosaires.sostenible@gmail.com

realizado en barrios consolidados, así como, alentar el despliegue de prácticas de gestión socioambientales que, mediante procesos de aproximaciones sucesivas y sinérgicas, entre los actores barriales y gubernamentales, fortalezcan un accionar concurrente hacia condiciones de vida más sostenible.

En ese contexto, desde el Taller de la Maestría de Tecnologías Urbanas Sostenibles (MTUS), se decidió encarar un proceso plurianual hacia la sostenibilidad urbana en el barrio Villa Gral. Mitre (B VGM), con los cursantes de grado de diversas disciplinas y países, mediante una visión a compartir como ECO BARRIO (EB). La visión e ideas de proyecto académicos se transforman en el marco de un diálogo con los vecinos que se enriquece, profundiza el conocimiento barrial, replantea y se materializa progresivamente. Cabe consignar que la actividad y propuestas que realizan los cursantes -Ing. Civiles, Ambientales y Mecánicos, Arquitectos, Químicos, Biomédicos, Geógrafos- contribuye a un enriquecimiento multidisciplinar y de sostén confiable de los vecinos que se involucran. Agregando un motivo más de las capacidades de la universidad.

Los barrios “tradicionales” se gestaron con la expansión y transformación de Buenos Aires (BA) desde la última década del siglo XIX por la masiva inmigración, la construcción del Puerto, los nuevos modos de transporte, la capitalidad territorial de la ciudad ampliada sobre los partidos de Flores, Belgrano y parte de San Martín. En el área expandida surgen loteos donde los trabajadores construyen sus viviendas y constituyen asociaciones de ciudadanos que demandan servicios y equipamientos. También, organizan sociedades obreras, centros de colectividades, clubes, bibliotecas populares, agrupaciones religiosas, y formas similares que caracterizan el sentido de pertenencia como sociedad vecinal y la identifican y significan como B, a la vez que, en su territorio, se distinguen sectores locales variados y heterogéneos. Así se originan y perduran muchas de las instituciones de VGM.

La hipótesis de trabajo se basa en comprender que: propuestas sostenibles para mejorar las condiciones de vida de la población existente, las previsiones para mitigar y adaptar los efectos de

los cambios ambientales en el mediano y largo plazo y el mayor conocimiento del B pueden contribuir a recuperar el accionar vecinal y propender a la conformación del EB. Ello favorecería disminuir el uso de la energía y las emisiones, mejorar la seguridad vial y disminuir el nivel de ruido, aumentar la biodiversidad, aumentar la capacidad resiliente, generar actividades convivenciales, incrementar el empleo de micro empresas, encaminarse a un consumo saludable.

La postura asumida para la conformación del EB pretende conjugar básicamente los antecedentes de pacificación del tránsito, macromanzanas, eficiencia energética y energías renovables en un marco de participación colaborativa y de capacitación paso a paso.

El artículo indica los objetivos y visión, así como una descripción del proceso seguido, sintetizando los datos básicos del B VGM, el trabajo de campo, el diagnóstico expeditivo y las estrategias derivadas, así como las ideas de proyecto, las posibles metas de autoorganización vecinal para la conformación del EB VGM y la proto conformación vecinal.

1. Objetivos

- Generar un proceso pedagógico que vincule los conocimientos adquiridos en las asignaturas cursadas en la MTUS y los propios de sus profesiones para alentar, desde el Taller 1 dónde, qué, cómo y a quién aplicarlos en el B VGM.
- Difundir datos básicos e información sobre las características del B VGM, así como de las técnicas y tecnologías para el desarrollo de prácticas sociales, tecnológicas, ambientales y económicas más sostenibles, que contribuyan localmente a limitar los efectos del cambio climático y a la conformación del EB VGM.
- Alentar una visión compartida de largo plazo mediante un proceso de involucramiento y autoorganización vecinal

del B VGM para desarrollar actividades y gestionar las estrategias que procuren materializar el EB.

2. La Ciudad y el Barrio

La expansión del Área Metropolitana Buenos Aires (AMBA - población total: 12.806.866 hab, superficie: 3.833 km², en 2010) y la densificación edilicia y poblacional diurna y nocturna, así como la primacía del Área Central y los desplazamientos pendulares que predominan hacia/ desde la misma, fagocita las características físicas, sociales y económicas de los barrios. La tendencia homogeneizadora desvaloriza las actividades y relaciones barriales y procura implantar modos estándar alejados de la convivencia social. Ello, finalmente, afecta las manifestaciones de vecindad y todo principio por compartir y vivenciar el espacio público como parte del desarrollo local.

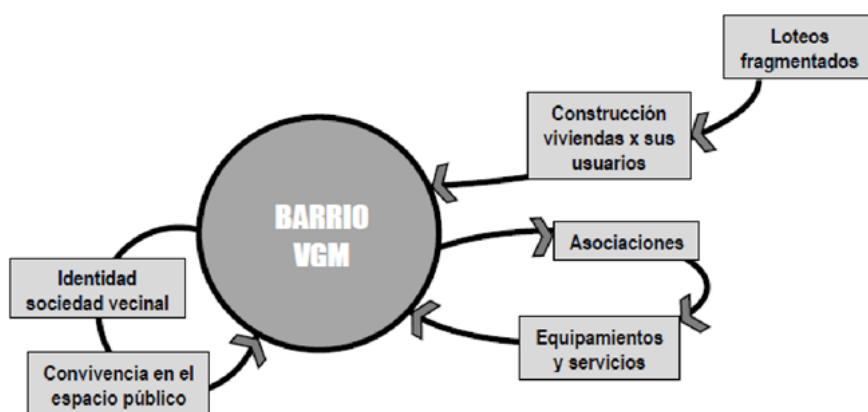
Por otra parte, el imperativo de responsabilidad (Jonas, 1985), en un contexto global amenazado por los efectos del cambio climático (IPCC, 2018), el uso dispendioso de los recursos naturales (PIR, 2019) y la desigualdad creciente (ONU, 2019), llama a procurar acciones de involucramiento que atemperen y sirvan de prácticas a integrar como innovación socio culturales. Promover la visión y los principios de la sostenibilidad urbana es, en la transición, una aspiración sociotécnica comprensible que requiere de procesos de aproximaciones sucesivas y de articulación de sus actores mediante una gestión vecinal y gubernamental sinérgica.

Técnicas y tecnologías sostenibles se conjugan y postulan con los vecinos, para la articulación entre las actividades privadas y públicas y para facilitar el establecimiento del perfil del B VGM como EB. Mediante estudios de base, se planteó un conjunto de 14 macromanzanas para aplicar progresivamente, en el espacio público y privado, las prácticas de ahorro y el uso eficiente de la energía, la incorporación de energías renovables, la pacificación

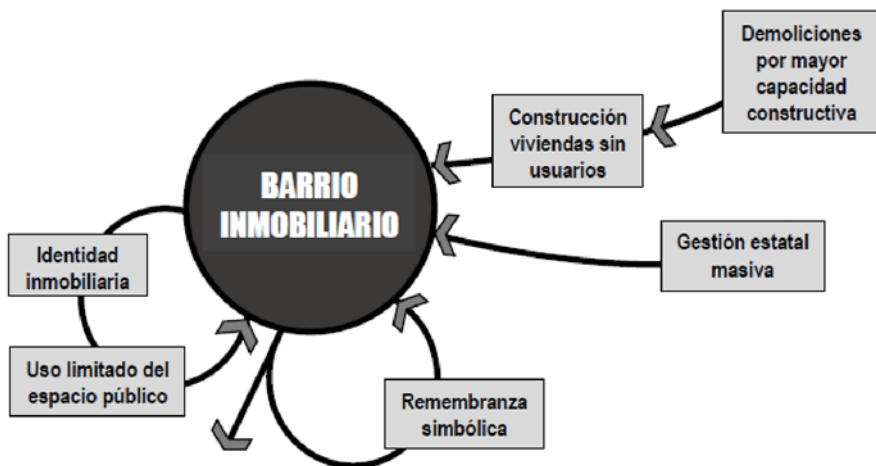
del tránsito y la movilidad sostenible, la mejora de la biodiversidad, así como prácticas de consumo responsable y colaborativas.

3. ¿Ciudad sin barrios?

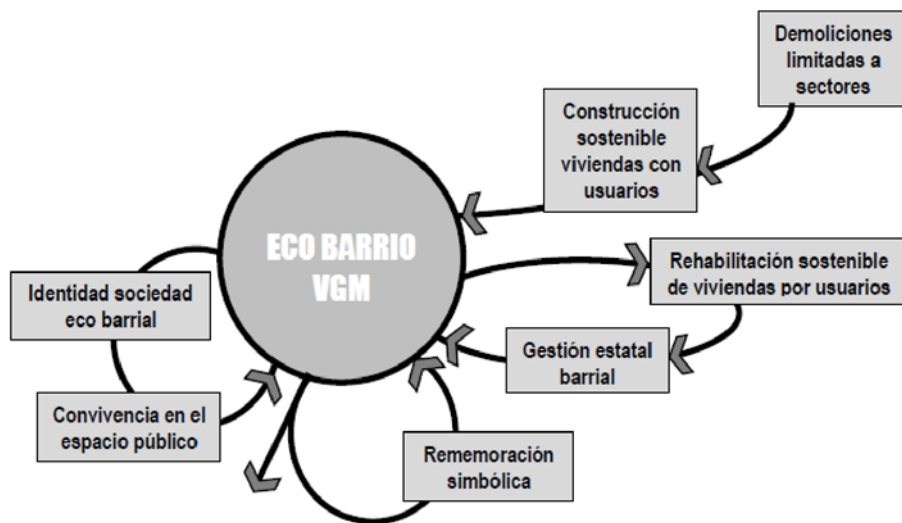
La planificación en CABA no atiende ni como gestión ni como normativa de regulación a los B, excepto a conjuntos o sectores de protección patrimonial -normas descriptivas que se aplican a B sociales construidos por el Estado o a agrupamiento de viviendas suntuosas-. El resto de las actividades no tiene ningún tipo de consideración, solo una regulación morfológica y de áreas según distintos de mixtura de usos, con una clara orientación -por el aumento significativo de la capacidad constructiva- la demolición y el reemplazo de edilicios cuyos usuarios solo son los desarrolladores y no quienes los ocuparían; contrario al origen de los B porteños.



El BVGM es parte de la ampliación del territorio de CABA. Se origina en un loteo y sus ocupantes se organizan para adaptar y adaptarse, incluso demandan y contribuyen con el desarrollo de equipamientos y servicios públicos.



VGM tiene una presión significativa para densificarse. Sus habitantes parecen espectadores de un proceso de demolición – aumento de la capacidad constructiva – viviendas uniformes. Solo quedan remembranzas de lo que lentamente se pierde: el B, cierta identidad en la diversidad.



VGM sigue siendo predominantemente residencial de densidad media.

La rehabilitación sostenible y el uso convivencial del espacio público con el concurso de sus habitantes puede conformarse como un EB.

El arrollador avance de las construcciones sin usuarios y con grandes capitales, motivado por el aumento de la capacidad constructiva, genera un proceso de **desconfiguración de los barrios**: demoliciones indiscriminadas del patrimonio socio cultural, inhibición de la diversidad acumulada, aumento o creación de déficits que no tienen previsión presupuestaria estatal ni privada y las cuales generan una improvisación que degrada al espacio público peatonal -limitando su uso-.

La reconfiguración de los barrios no se fundamentan en el aumento del suelo absorbente, ni mejoras de las condiciones de vida de sus habitantes, puesto que son expulsados físicamente y como memoria barrial viva; solo atienden a una “modernidad” edilicia, con el supuesto de disminuir el costo de una infraestructura y de servicios que no se prestan, así como nuevos costos de mantenimiento por dispositivos necesarios debido a la densificación -semáforos vehiculares y peatonales, cartelerías de seguridad vial, ciclovías segregadas, ocupación del espacio público con estacionamientos, cámaras, reductores de velocidad, separadores de carriles, cables aéreos para transmisiones, cable canales de media tensión, transformadores, entre otros-. Es un no-avance que desatiende los efectos negativos que genera y precariza las condiciones de vida. Homogeniza el paisaje, quita las perspectivas y las vistas largas y del cielo, aumenta el efecto corredor -ruido, retención de polución, aumento del efecto isla de calor- y transfiere la memoria socio cultural al sustituirla por mitos y reemplazarla para el márquetin inmobiliario, aumenta el precio de la tierra y expulsa la “vecindad”.

4. Antecedentes

Los antecedentes de tecnologías y prácticas apropiadas para el establecimiento de condiciones de vida integradas al medio ambiente son anteriores al siglo pasado -por ejemplo: criterios bioclimáticos-; muchas de ellas soslayadas para incrementar la

rentabilidad urbana, introduciendo, a cambio, medios artificiales. A la vez, se desfavorecieron los materiales duraderos y el diseño que equilibre la calidad constructiva con el costo de funcionamiento y el mantenimiento de los edificios, desatendiendo el tipo y origen de los materiales, el uso de la energía, las emisiones y condiciones de habitabilidad más naturales.

Contemporáneamente, se ensayan prácticas de diseño urbano que contemplan y procuran la convivencia barrial o de sectores de la ciudad existente, por caso: las super o macromanzanas de Barcelona, los diseños para la pacificación del tránsito vehicular automotor y la protección de los peatones, la accesibilidad universal, las contribuciones para mejorar el uso del espacio público. De igual modo, se avanza con técnicas para mejorar las aislaciones y las pérdidas de energía y de tecnologías de retención de las aguas de lluvia, ahorro del consumo energético, energías renovables, biodigestores urbanos. Asimismo, se procuran metodologías de gestión, de mayor complejidad, como Ecocity, la conformación de distritos de eficiencia y ahorro energético, así como las sociales del movimiento de transición, las eco aldeas, las ciudades lentas y las prácticas de colaboración y de marketing social.

El **barrio urbano sostenible** fue definido por Rudin y Falk (1999), como un lugar construido, sostenible, parte de una ciudad, “*lo bastante extenso como para acometer transformaciones amplias*” y “*lo bastante reducido como para que sus habitantes se sientan implicados en ellas*”. Las actuaciones se refieren a la escala de B y se sitúan dentro de esos límites. Consideran que el modelo teórico de asentamientos sostenibles conformado por pequeños núcleos densos interconectados, como el modelo defendido por las ecoaldeas (Las propuestas de **ecoaldeas**, que aparecen con el concepto de permacultura en los años sesenta del siglo pasado, combinan un respeto profundo por la naturaleza con la sostenibilidad económica), no se puede generalizar en un territorio ya ocupado y apuntan que el reto de la sostenibilidad urbana está en la recuperación de las ciudades existentes. El término ecobarrio, atiende una concepción integral de los aspectos: sociales, culturales, comunitarios, de infraestructuras, productivos, ambientales y de gestión. Estos vecindarios se basan

en una multitud de principios cada vez más institucionalizados y entre los que encontramos en particular: una posición central en la aglomeración, una apertura al resto de la ciudad, una escala suficiente para describirse como un B, una identidad palpable, una reducción de Sector automotriz, eficiencia energética significativa, diversidad social y funcional, ecodiseño, etc.

5. Proceso de Indagación y Propuestas

El EB, en el contexto urbano CABA – AMBA, contempla acciones desde tres **estrategias principales: el compromiso progresivo** de los actores involucrados -tanto la comunidad residente, gobierno local y empresas, a partir de la iniciativa académica-, para impulsar un sentido de comunidad local colaborativa que permita la materialización en el tiempo de las propuestas; una segunda línea estratégica representada por las **actuaciones sostenibles** en las construcciones existentes, la infraestructura y el espacio público, enfatizando las que reducen costos, reutilizan recursos y que involucran procesos innovadores, eficientes y con la capacidad de adaptarse a las condiciones de cambio climático, la pacificación del tránsito y la accesibilidad universal; una tercera estrategia relacionada con los **hábitos saludables** de la comunidad residente frente al consumo de recursos, manejo de desechos y educación para la sostenibilidad.

La **investigación acción** se propone en base a procurar un modelo con **intervenciones blandas**, en el B consolidado de VGM, cuya visión se organiza interactivamente entre las escalas local y global. La conformación de la **intervención sostenible** se enfoca, principalmente, hacia el conocimiento local del B VGM, analizando los aspectos problemáticos internos de la comunidad y su entorno, desde los aspectos económicos, sociales, ecológicos, espaciales e institucionales, identificando las amenazas tecnológicas, naturales y sociales. Para ello se alienta la participación activa de los actores (comunidad, empresa, academia, gobierno) a involucrar en un proceso creciente hacia la conformación del EB, logrando identificar tanto las problemáticas como las estrategias que puedan surgir de manera endógena.

Los componentes básicos de la intervención urbana se basa en dos **instancias o momentos**: un conjunto de ideas de diseño urbano y proyecto académico, como motivador, y la participación vecinal progresivamente autoorganizada a partir de la generación de lineamientos que surjan desde la escala local, el B VGM y sus actores involucrados (comunitarios, públicos y privados), proponiendo estrategias específicas en las que el compromiso de dichos actores, el sentido de comunidad y las actuaciones en el espacio, se combinen para dar lugar a una propuesta de **intervención y manejo urbano que permita mejorar las condiciones de calidad de vida de la población en su espacio habitable, conocer su grado de vulnerabilidad frente a los conflictos ambientales, y determinando para cada una de las problemáticas acciones concretas y realizables.**

El diseño urbano será un proceso técnico-comunitario para la generación de un espacio público de calidad físico-espacial, confort ambiental y apropiable por su comunidad. De igual modo, relaciona las características arquitectónicas y urbanísticas construidas históricamente por la población, en la que concurren tecnologías, materiales de construcción, ideas, creencias, preferencias y sensibilidades propias de cada época. La **intervención blanda socialmente apropiada** persigue criterios de sostenibilidad como el confort ambiental, el control de la contaminación local, la reducción de riesgos, la adaptación a las variaciones climática y las condiciones naturales cambiantes, la eficiencia energética, la generación de espacios para el mejoramiento de la productividad y el fomento del cambio en los hábitos de consumo, aumento de la seguridad vial y de reducción de lugares propicios para el delito, entre otras acciones que puedan llevarse a cabo mediante la intervención del espacio construido por parte de los actores involucrados.

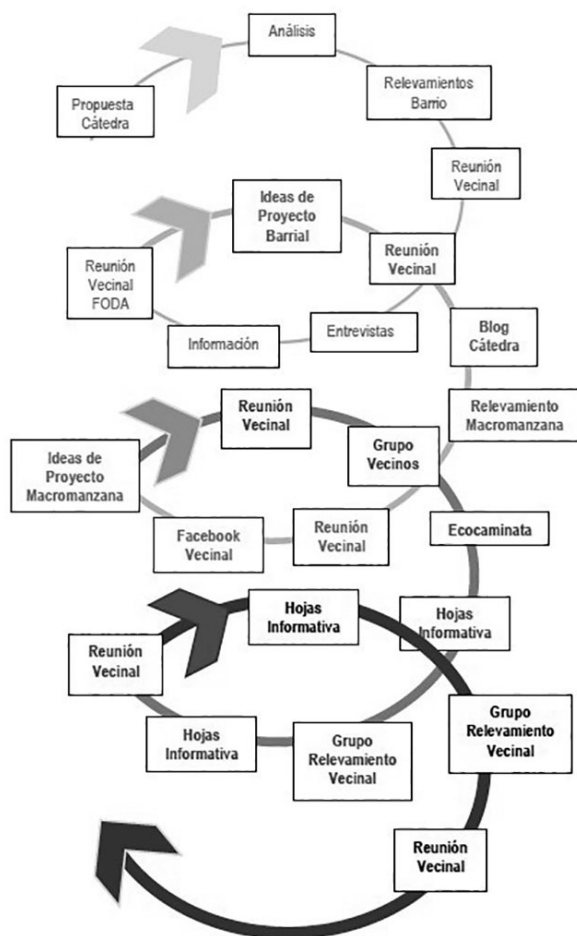
6. Visión

Conformar al B VGM como EB, en el largo plazo, para mejorar las condiciones de vida y el uso responsable de los recursos naturales mediante un proceso participativo de sus habitantes que defina los cursos de actuación, con asistencia del Taller de la MTUS.

7. Proceso Secuencial

Básicamente el proceso parte de una visión teórica -para la incorporación vecinal de criterios más sostenibles en un B consolidado, predominantemente residencial y de ingresos medios, de baja densidad poblacional- y de aproximaciones sucesivas de reconocimientos físicos, de actividades y socioambientales, con encuentros con vecinos hacia su autoorganización y definición de ideas de proyecto hasta abarcar a todo el ámbito del B VGM.

Se representa como un helicoide temporal que se retroalimenta de lo realizado durante el bucle pretérito y con nuevos intercambios, actividades, comunicaciones y propuestas.



8. Datos Básicos del B VGM

Límites: Condarco, Av. Gaona, Av. Tte. Gral. Donato Álvarez, Av. Juan B. Justo, Av. San Martín, Álvarez Jonte.

Superficie: 2,16 km²

Población Total: 34.713 habitantes

Mujeres: 18.700 **Varones:** 16.013

Densidad: 16.053,9 habitantes/km²

Cantidad de Manzanas: 146.



Tasa de crecimiento poblacional a 10 años: -0,4 o/oo en VGM, 1 o/oo en CABA.

Tasa de mortalidad infantil: 4 o/oo en VGM, 7,9 o/oo en CABA.

Hacinamiento crítico: 0,3 en VGM, 2 en CABA.

Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas: 2,5 o/oo en VGM, 7,1 o/oo en CABA.

Una de las mayores proporciones de población con **obra social** se registra en Villa Gral. Mitre, donde el 60,7% se atiende por este sistema de salud.

En VGM el 29,1% puede **acceder a una o más instituciones educativas** de nivel medio a menos de 1000 metros de su residencia, en cambio los B más próximos al Área Central abarca al 100% de la población.

Incidencia usos industriales 2,8 %.

Incidenca usos comerciales 19,3 %.

Incidenca usos residenciales 70,3 % (53 viv/ha).

Espacio verde: 0,8 m²/hab en VGM, el promedio en CABA es de 5,6 m²/ha-

El promedio en los valores del mercado inmobiliario se encuentra un 25% por debajo a los registrados en la Ciudad en los precios de venta de terrenos; considerando los precios de venta de las casas no se registran diferencias significativas. En los barrios más valorizados de la ciudad las **viviendas suntuosas** alcanzan a la mitad de las viviendas nuevas. En gran parte de los barrios del Oeste y Sur, en cambio, predominan las viviendas sencillas y confortables. Así en VGM, es casi inexistente la presencia de viviendas suntuosas y lujosas.

En la Comuna 11 (barrios: Villa del Parque, Villa Devoto, Villa General Mitre, Villa Santa Rita) se registra la menor cantidad de **asalariados** (70,4%), en tanto, la cantidad de **cuentapropistas** es del 23,9%, la cifra más alta de esta categoría.

La distribución poblacional por estratos socioeconómicos es similar a la estimada para la Ciudad, con una mayor incidencia de los estratos medio-bajo y medio.

- Estratificación social: estrato bajo: 8,8 %.
- Estratificación social: estrato medio-bajo: 26,1 %.
- Estratificación social: estrato medio: 32,6 %.
- Estratificación social: estrato medio-alto: 22,8 %.
- Estratificación social: estrato alto: 9,8 %.

La distribución geográfica del ingreso evidencia las asimetrías sociales y territoriales: en el Norte los ingresos de los ocupados superan el promedio de la ciudad, en el Oeste, entre ellos los ingresos promedio en la Comuna 11, el valor se sitúa en el orden de un 20% menor.

9. Rasgos del Proceso de Consolidación del Barrio VGM

Hasta el siglo XVIII las tierras del actual B VGM estaban transitadas por los “querandíes”, que posteriormente fueron ocupadas por cinco familias españolas y fraccionadas progresivamente. En 1887, era un campo con calles de tierra, sin iluminación. Vivían inmigrantes italianos, españoles, polacos y árabes, entre otros. Gente trabajadora que se ocupaban desde temprano de las quintas, comercios, tambos, hornos de ladrillos, etc. El lugar era llamado «Villa Santa Rita», pero a la muerte del Gral. Bartolomé Mitre, ocurrida en el año 1906, la comunidad de vecinos solicita cambiar el nombre del B por el de «Villa Gral. Mitre».

En el año 1908 se creó la «Liga de fomento de Villa Gral. Mitre», ubicada entre las calles Gavilán y Av. Gaona. En 1918 se fundó el «Centro de Fomento y Cultura Villa Gral. Mitre» donde también funciona actualmente la biblioteca «Ciencia y Labor».

Con el tiempo se construyeron amplias casas bajas con jardines, parques y quintas.

Se lotean las tierras en 1927. La construcción de las viviendas y la conformación de la población de la zona fue una constante durante los primeros cincuenta años del siglo XX. Viviendas y baldíos convivieron: “*Venirse a vivir para estos barrios era venir a vivir al campo*” (AA.VV. 2008).

Entre los años 30 y 50, gran cantidad de inmigrantes: gallegos, italianos, judíos, vascos, árabes, gitanos, trabajaron afanosamente para labrarse un porvenir, convirtiendo a VGM en un B pujante,

donde abrieron todo tipo de negocios y se instalaron algunas industrias. Poco a poco: las cooperativas, las diferentes comunidades cristianas, los grupos de autoayuda en adicciones, escuelas especiales, bibliotecas, periódico barrial y grupos vecinales se fueron arraigando. La urbanización recién adquirió la fisonomía actual alrededor de la década del 40.

El B está atravesado por el arroyo Maldonado que, en el año 1929, fue incorporado al plan de desagües pluviales de Obras Sanitarias de la Nación, para ser entubado. Sobre el arroyo, se construye una amplia calle - primero de tierra - y en el año 1936 se construye la actual Av. Juan B. Justo y el asfalto en lugar de las calles de tierra con zanjones y puentecitos para cruzar entre veredas. En tanto comenzó la construcción de veredas con “las típicas baldosas de vainillas y guardas” y la forestación de alineación.

Los vecinos fomentan el progreso: en 1916 consiguen que el tranvía de la línea 84 de la Anglo-Argentina, llegue hasta Gaona y Boyacá. Con la llegada del tranvía también llegó “el puente de la Av. San Martín”, sobre las vías del ferrocarril Buenos Aires al Pacífico. Se crea la asociación vecinal, impulsada por socialistas y anarquistas, el “Centro de Fomento y Cultura Villa Gral. Mitre”, se logra la red eléctrica y el alumbrado público, se crea la “Biblioteca Popular Ciencia y Labor”, el Instituto Oftalmológico Nacional Dr. Pedro Lagleyze en 1942 y se inauguró en el año 1950 la Escuela Nacional de Comercio N°17.

Patrimonios sociales: los cafés populares, “Don Juan”, es uno de los bares más antiguo del B, igual que “La Nueva Andaluza” (1946) -café popular que funciona casi como un club-, la Cantina de Chichilo, el bar “El Balón” -que mantiene su estructura intacta desde hace 82 años -; tres ferreterías casi centenarias. Un Centro de Observación Astronómica. El Instituto “Cabrini”, Misioneras del Corazón de Jesús (1901), la Iglesia de la Santísima Cruz (1933), Iglesia Nuestra Señora de La Consolata (1928), la Iglesia Sagrada Familia, el Templo “Juan Balik Israel” (1927), Parroquia Evangélica Emanuel, Iglesia Bautista Villa Mitre. Asimismo, la Iglesia de Jesucristo de

los Santos de los Últimos Días, el Club Atlético Argentinos Juniors (1904) y estadio Diego.

10. Relevamiento Físico

El relevamiento inicial abarcó a las 142 manzanas que constituyen al B VGM para detectar, básicamente, las características morfológicas de los espacios público y privado y de los usos parcelarios generales. Ello se sistematizó a partir del trabajo de campo, el recorrido digital en Google Maps y en el Mapa Interactivo del GCABA e informes del GCABA (2009a, 2009b, 2010, 2012, 2014).

Básicamente pueden señalarse algunos datos que se utilizan para deducir globalmente los costos de las mejoras que podrían introducirse, tales como:

- 74% de viviendas de menos de 4 pisos de altura, 7% son viviendas de más de 4 pisos;
- 2,8 pisos es la altura promedio;
- 16% de las parcelas tienen actividades comerciales y de servicios -la mitad comparte con vivienda-;
- 78% de los techos son planos;
- 88% de los edificios están en buen o muy buen estado;
- 30 años es la antigüedad del stock edilicio;
- 69% de las veredas está en buen estado, 31% en estado regular o malo;
- 66% de las parcelas tienen salida de vehículos motorizados;
- 75% de las calles están asfaltadas, 25% el pavimento es de adoquines.

Posteriormente se avanza anualmente en relevamientos de detalle por macromanzana, así como con reuniones vecinales de las mismas a quienes se les expone y con quienes se intercambian

opiniones para proponer, posteriormente, las Ideas de Proyecto. De las reuniones surgen vecinos interesados con quienes se tiende a avanzar a partir de la Visión y los Objetivos generales.

11. Síntesis del Sondeo

El **perfil** de las 260 entrevistas realizadas en el B VGM fue dirigido a un 51% de mujeres, 49 % a hombres y abarcó a un 67 % a personas entre 18 y 65 años de edad. Los encuestados fueron residentes, comerciantes y peatones casuales.

De acuerdo a los índices de **composición familiar** el 54 % de los encuestados, corresponden a 4 miembros (padre, madre, hijo, hija o ambos), la familia tipo en el B VGM, el 14 % corresponde a un solo individuo en contraste al 23 % de estas familias que están entre los 5 y 6 integrantes.

El 85 % de las personas entrevistadas era del B; un 41 % de las mismas **han vivido en el B VGM** menos de 25 años, el 59 % más de 25 años, de los cuales un 12% han nacido en el B y el resto viene de otras comunas de buenos aires o de provincias de Argentina.

Un 60% de las **viviendas** de los entrevistados viven en construcciones de entre 30 y 50 años de antigüedad, el resto de ellas lo hacen en viviendas de menos de 30 años y el 9 % en edificios de menos de 10 años. Ello indica que la invasión inmobiliaria ha sido lenta y que no se ha expandido tanto como en otros barrios aledaños -tal el caso del B de Caballito-, en la actualidad el estado de las viviendas es bueno y muy bueno (70%). Asimismo, el 70% de las personas es propietaria de su vivienda, lo cual puede facilitar la participación e inclusión de los vecinos en futuros proyectos. Las viviendas en su mayoría son de techos planos (74%) y casi todos los entrevistados cuentan con **servicios y electrodomésticos** (radio, TV, heladera, teléfono fijo), en tanto, el 80% tiene computadora e internet.

Respecto al **equipamiento público** del B, más del 60% usan los servicios comerciales locales, también usan en similar proporción las plazas, escuelas y servicios personales del B, en menor medida

se encuentran el uso de las bibliotecas, los servicios financieros y las instituciones religiosas.

Con relación a los **servicios públicos** del B, el total de los entrevistados cuentan con la prestación de alumbrado público, recolección de residuos, desagües, agua y gas por red, que el 70% califica de bueno.

En los aspectos de seguridad y sociedad, los habitantes encuestados consideran como alta la presencia de casos de drogadicción (19%) y pandillas en el B (23%), con un menor porcentaje consideran los casos de alcoholismo y presencia de tribus urbanas. Se destaca que las personas reconocen que existen casos en el B, ya sea en menor o mayor medida, resaltando que es muy semejante la percepción del alcance o gravedad de cada uno de los problemas, sobre lo que se debe hacer una importante intervención social para conocer el foco de estos problemas y poder determinar acciones a iniciar para su mejor regulación.

Con relación a la **vigilancia en el B**, el 63% de las personas consideran que el servicio es regular, situación que aumenta la sensación de inseguridad y desconfianza con las diferentes personas del sector.

Se nota una marcada tendencia en la **confianza en los vecinos** del B, a pesar de que existen ciertos **conflictos aislados** como problemas y violencia intrafamiliar, vehículos mal estacionados, jóvenes en edad adolescente que debido a sus actividades sociales pueden llegar a perturbar la tranquilidad en el B, mascotas y en último lugar los niños; que pueden afectar la convivencia dentro de las familias. La población tiene una mediana **participación** de actividades culturales como el día de los reyes, pascuas y día del niño en el B, llegando al 34 % de los entrevistados.

Más de un tercio de los entrevistados practica algún **deporte** con regularidad semanal, mientras que menos de la mitad participa de **actividades culturales** fuera del B (44 %). Dentro del B se encuentra la sede del Club Argentinos Juniors, al cual pertenece el 7 % de los encuestados. El 6 % de los encuestados afirma que

un miembro de su familia cuenta con discapacidad permanente. En cuanto a sus **costumbres alimenticias**, solo un 19 % de la población afirma no consumir frutas y verduras.

Dentro del B se detecta la **molestia** generada por agentes propios y externos como el tránsito cuya afectación asciende al 63 %, las veredas en mal estado 68% -en su mayoría consecuencia de los malos cierres para la instalación de redes de conducción subterráneas-, las calles rotas 83 % -debido al tráfico vehicular y de transporte pesado-. Los olores generados por la disposición y almacenamiento inadecuado de los residuos sólidos urbanos afectan al 51 %. Los accidentes de tránsito son una de las preocupaciones que también aquejan a la población. Por último, los ruidos de los vecinos, las vibraciones e inundaciones también se consideran molestias de carácter medio alto por parte de los entrevistados.

<i>Factores de sostenibilidad</i>	<i>Temas debatidos en reuniones vecinales</i>	<i>Problemática en entrevistas y relevamientos</i>	<i>Aspectos fundamentales del EB</i>
Social	Diversidad cultural y religiosa.	Espacio público desaprovechado.	-Diversidad -Integración -Responsabilidad social
	Dignificar el trabajo (talleres clandestinos)		
	Potenciar el sentido de pertenencia		
	Potenciar colectividades y clubes	Potenciar las actividades de servicio y comerciales.	
	Defender el patrimonio cultural		
	Avance cultural genuino		Limitada organización vecinal.
Pérdida de pertenencia del B.			

	Amenaza del crecimiento inmobiliario	Veredas rotas.	-Construcción sostenible -Movilidad
		Ausencia o falta de alumbrado público	
		Calles con baches	
	Aumentan las actividades comerciales.	Falta de arbolado	
		Señalización incompleta	
Ambiental	Problemas con el depósito y recolección de basura.	Limitada organización vecinal.	-Metabolismo urbano
		Falta de contenedores de basura.	
	Problemas con el alumbrado público.	Dificultades en el depósito y recolección de basura	

12. Diagnóstico Expeditivo (matriz FODA)

Durante las dos primeras reuniones con vecinos del B VGM, congregados con la colaboración de la **Asociación de Amigos de la Av. San Martín**, se plantearon los objetivos y visión para la conformación del EB, así como se difundieron e intercambiaron opiniones en torno al planteo de la cátedra y los resultados de las entrevistas realizadas por los cursantes. Posteriormente se trabajó para: realizar el diagnóstico de las cuestiones de interés de los vecinos y la posible conformación del EB; se confeccionó una lista de las fortalezas y debilidades internas, una lista de las amenazas externas y oportunidades externas; también, para establecer las estrategias, se compararon las fortalezas internas con las oportunidades externas y se registraron las estrategias FO resultantes, se compararon las debilidades internas con las oportunidades externas y se registraron las estrategias DO, se compararon las fortalezas internas con las amenazas externas y se registraron las estrategias FA resultantes, finalmente, se

compararon las debilidades internas con las amenazas externas y se registraron las estrategias DA resultantes.

12.1 Identificación de los factores internos y externos al barrio VGM

Fortalezas

F1. Transporte Vehicular Público. El B presenta diversidad de opciones de transporte vehicular público automotriz, especialmente en la zona perimetral y central.

F2. Escala Humana del Barrio. Debido a la altura edilicia, el uso residencial predominante, la baja densidad poblacional y un agradable espacio público, es un B propicio para conservar la tradición, el trabajo comunitario, y estrategias para mejorar la seguridad.

F3. Espacio Público. El B presenta una importante superficie de vías internas con poco transporte vehicular pasante, veredas propicias para transitar, relativamente bien forestada.

F4. Grupos Culturales e Institucionales. Presencia influyente de importantes grupos culturales e instituciones representativas (religiosas, deportivas y vecinales), rasgo específico de multiculturalidad y tolerancia.

F5. Solarización. Adecuada incidencia del sol, tanto por la baja densidad edilicia, como por las amplias calles, los patios, jardines y veredas soleados.

F6. Equipamientos y Servicios Básicos. El B cuenta con buen acceso a equipamiento en salud, educación, esparcimiento, todos los servicios de saneamiento básico, servicios y comercios diarios barriales, así como pequeñas industrias.

F7. Situación. Localización estratégica del área residencial.

Debilidades

D1. Paisaje Barrial. Falta de una propuesta integral del espacio público y el paisaje barrial.

D2. Residuos Urbanos. Servicio de Higiene Urbana poco eficiente y mala disposición y funcionamiento de los recipientes de residuos.

D3. Relaciones Sociales. Poca cohesión social devenida de prácticas socioculturales fragmentadas.

D4. Transporte Individual. Desajustes ambientales, ocasionado por el desarrollo desmedido de la concentración en el área central, con el consiguiente efecto de crecientes desplazamientos pendulares diarios.

D5. Espacios Verdes. Falta de espacio verdes e inadecuada distribución a escala barrial.

D6. Capacidad Constructiva. Posibilidad de intensificar la densidad edilicia a costa de demoler el patrimonio barrial y generar presuntamente déficit en la prestación de los servicios básicos.

D7. Seguridad. Débil organización preventiva y hechos delictivos que afectan las relaciones sociales e incrementa la desconfianza hacia los desconocidos. Falta de iluminación, denuncias de adicciones, talleres clandestinos y movimientos masivos por el estadio de fútbol.

Oportunidades

O1. Transporte No Motorizado. Mayor uso de bicicleta en distancias cortas y áreas peatonalizadas.

O2. Energía. Creciente uso de las energías renovables descentralizadas.

O3. Actividades de ONGs. Promoción de la alimentación saludable, compostaje, cuidado del arbolado y producción local.

O4. Normativas. Favorables al mecenazgo, la responsabilidad social, el uso de energías renovables, basura cero, cambio climático.

O5. Educación. Incorporación curricular de la sostenibilidad y diversificación y actualización creciente de la misma.

O6. Sostenibilidad. Presión internacional por cambiar las condiciones de vida hacia la sostenibilidad.

o7. Capacidad Constructiva. Presión vecinal de los vecinos de Caballito, Devoto, Flores, Floresta, Núñez, Almagro y otros, por disminuir la capacidad edilicia y ampliar la oferta de espacios verdes.

Amenazas

A1. Cambio Climático. Susceptibilidad a eventos extremos por aumento de precipitaciones (paleo cauce del Arroyo Maldonado) y de temperaturas (efecto de isla de calor).

A2. Uso del Suelo. Presión en los alrededores para demoler el patrimonio inmobiliario e incrementar la densidad edilicia, con una tendencia a destruir el comercio local por influencia de los grandes shoppings y comercios.

A3. Transporte. Se promueve el transporte individual, con bajo mantenimiento del transporte público y una política de movilidad sostenible contradictoria.

A4. Seguridad. Alta inseguridad en los barrios cercanos de Flores, Floresta y Caballito, relacionados con prácticas informales.

A5. Energías Renovables. No hay incentivo suficiente, ni presupuestos específicos, ni posibilidad de aplicación de las normativas específicas por falta de reglamentación.

A6. **Normativa.** Ausencia de una política integral de la sostenibilidad por no implementar al Plan Urbano Ambiental mediante la actualización de los Códigos de Planeamiento (1977), Ambiental (1977) y de Construcción (1944) (Los códigos de Planeamiento y de Edificación fueron actualizados en 2018 con baja incidencia en la rehabilitación edilicia).

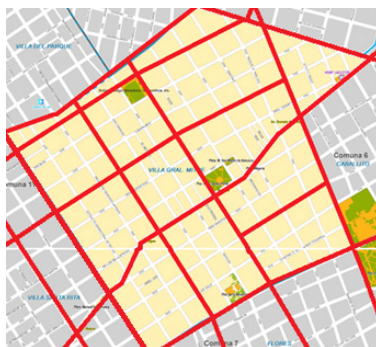
13. Estrategias Derivadas del Análisis de la Matriz FODA

	<i>Debilidades</i>	<i>Fortalezas</i>
Oportunidades	<p>Posicionarse en base al estudio detallado con participación vecinal en las macromanzanas que podrían conformar el EB.</p> <p>Integrar a otros docentes de la MTUS y ONGs interesadas para capacitar progresivamente a los vecinos, así como las actividades concurrentes del GCABA en relación al cuidado del B, conservar y mejorar los espacios verdes, la recolección de los residuos.</p> <p>Propender a realizar actividades que contribuyan a realizar trabajos colaborativos, aumente la seguridad y mejoren las relaciones sociales.</p> <p>Aprovechar la falta de iluminación en el B, para la implementación de energías alternativas.</p>	<p>Aprovechar las mejoras en infraestructura vial para implementar y diferenciar el tránsito pasante del local, reducir la velocidad para movilizarse con seguridad peatones, personas con discapacidad y ciclistas.</p> <p>Participar con entidades del barrio y medios de comunicación social.</p> <p>Realizar campañas de difusión.</p> <p>Desarrollar materiales y canales de difusión.</p> <p>Aprovechar a las diferentes instituciones educativas y culturales que son parte del B, para amplificar e instruir a la comunidad a tener mayor conciencia ambiental, sentido de pertenencia e iniciativas colaborativas.</p>

<p>Amenazas</p>	<p>Aumentar la arborización y el suelo absorbente, así como extraer los asfaltos sobre las calles adoquinadas, en una gestión que involucre a toda la comunidad y contribuya a mejorar la seguridad y las relaciones entre vecinos.</p> <p>Apoyar y concientizar a la comunidad sobre el ahorro energético y el uso de las energías renovables, la rehabilitación sostenible y el asoleamiento.</p> <p>Debatir las capacidades resilientes y la preparación social ante situaciones de riesgo.</p>	<p>Elaborar Fichas técnicas para la gestión comunitaria de las tecnologías y técnicas sostenibles.</p> <p>La calidad humana de la comunidad va a permitir que las estrategias planteadas para el crecimiento y mejoramiento del B sean adoptadas de una manera muy positiva.</p> <p>Celebrar acuerdos con el GCABA para complementar las propuestas vecinales EB VGM.</p> <p>Desplegar una campaña de difusión con involucramiento progresivo de los actores sociales.</p>
------------------------	--	--

14. Propuesta de Macromanzanas

Tomando en consideración estudios del GCABA (GCABA, 2014), los relevamientos realizados -usos predominantes, tránsito pasante, características edilicias- y la jerarquización vial dispuesta por el GCABA se propuso conformar al EB VGM en base a un esquema de catorce (14) macromanzanas, a validar en investigaciones de detalle y a medida que se generaran reuniones vecinales en cada una de las mismas.

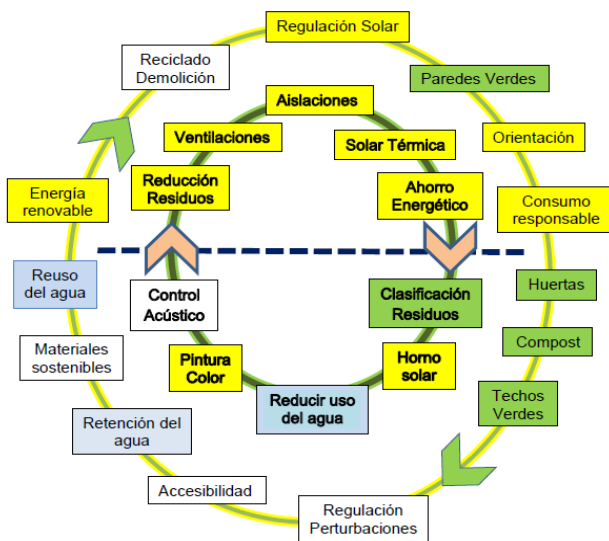


15. Ideas de Proyecto Básicas

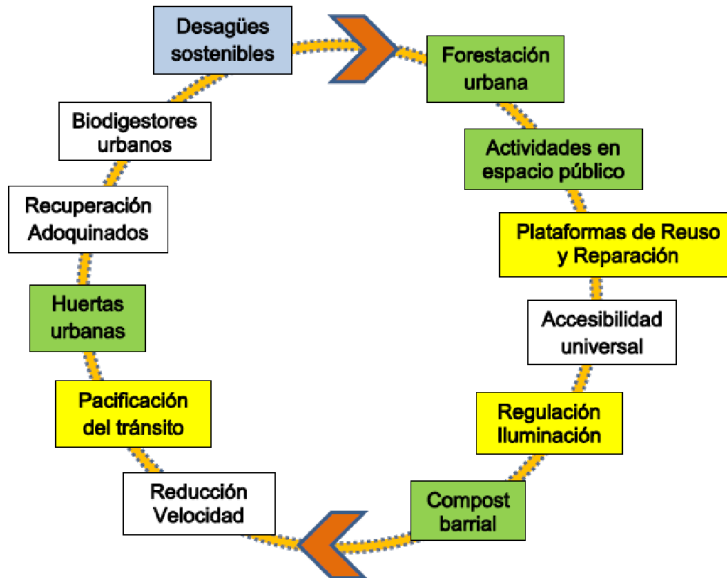
Las Ideas de Proyecto abarcan la esfera privada y la pública desde la iniciativa vecinal, atendiendo las normativas vigentes. Incluso, se estima, la posibilidad de encarar proyectos de modificación de las regulaciones del Código Urbanístico sobre aspectos tratados en el EB.

Inicialmente se atiende a las cuestiones relacionadas con: mejoras en el uso más consciente de la energía, el agua y la salud, difusión de criterios para orientar hacia acciones conducentes en la disposición de bienes e incorporación de prácticas más sostenible, propender a reflexionar sobre hábitos adquiridos y hacia una gestión colaborativa que potencie un accionar compartido del espacio público.

A continuación, se grafican los temas de las Ideas de Proyecto para las actividades residenciales, comerciales y de servicios que podrían contribuir decididamente en la rehabilitación sostenible edilicia y las condiciones de vida de sus habitantes. La circunferencia interior enumera técnicas y tecnologías de resolución más inmediata, presuntamente. La circunferencia externa enuncia técnicas y cambios de actitud de resolución más mediata.



Asimismo, abajo se enuncian las cuestiones y temas centrales para reparar, mejorar, adaptar o cambiar las características de materiales y las actitudes de uso del espacio público (Ideas de Proyecto). Puede entenderse como una apropiación del medio ambiente barrial, además, de una clara contribución socio-institucional para la adaptación y mitigación del cambio climático, en concordancia con la gestión gubernamental.



Las Ideas de Proyecto generales se expusieron, inicialmente, mediante **Paneles** en los aspectos relacionados con las síntesis de los relevamientos y planos de propuestas para el Barrio de las macromanizaciones, también, incorporados al **Blog** (ecobarriovgmitre.blogspot.com). Asimismo, se presentaron en las reuniones vecinales power point.

Las conclusiones de las reuniones fueron difundidas como **Noticias en el diario del Barrio El Adán Buenos Ayres** (www.eladanbuenosayres.com.ar) y **radio AM 690** (www.am690.com.ar). En cuanto a las Ideas de Proyecto de las técnicas y tecnologías fueron exhibidas como **Fichas de Propuestas** que se ordenan con los siguientes ítems: Programa, Proyecto, Localización, Población Beneficiada, Objetivos, Justificación, Resultados Esperados, Dificultades, Impactos (Positivos, Negativos), Recursos

(Humanos, Materiales), Tiempo de ejecución, Costo aproximado (\$), Normativas Relacionadas, Entidades de Gestión, Imágenes (Esquemas, Mapas), Anexos y Bibliografía.

16. Metas Provisorias por Etapas

	<i>Etapa 1</i>	<i>Etapa 2</i>	<i>Etapa 3</i>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> -Promover acciones para ahorrar energía en viviendas y comercios. Minimizar las pérdidas de energía en los edificios. -Sensibilizar sobre eficiencia energética y alternativas que disminuyan el costo energético. 	<ul style="list-style-type: none"> -Reemplazar electrodomésticos de mayor consumo energético por otros de mayor eficiencia energética. -Instalar materiales aislantes para mejorar el acondicionamiento de las viviendas existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Instalar fuentes de energía renovable para uso de calefacción y suministro de energía eléctrica.
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> -Campañas enfocadas en la reducción, reúso y reparación de los residuos urbanos. -Recolección de materiales contaminantes (baterías, material tecnológico, aceites, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de desechos. -Clasificar los residuos reciclables en contenedores diferenciados de los no reciclables. 	<ul style="list-style-type: none"> -Limitar solo a los residuos peligrosos la disposición de residuos en el relleno sanitario. -Biodigestores urbanos.

Agua	<ul style="list-style-type: none"> -Minimizar el uso agua potable e instalación de dispositivos ahorradores. 	<ul style="list-style-type: none"> -Monitorear de la red de agua para evitar fugas. -Recuperar el agua de lluvia para riego. 	<ul style="list-style-type: none"> -Recirculación, tratamiento y reciclaje de agua. -Retención pública y privada del agua de lluvias
Materiales de construcción	<ul style="list-style-type: none"> -Reducir al mínimo la demanda de materiales de construcción. -Reciclado y uso de los materiales de demolición. 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilizar materiales sostenibles que aprovechen el sol y los vientos. -Sustituir materiales contaminantes o peligrosos por sostenibles. 	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar tratamientos que morigeren el fenómeno “isla de calor”.
Suelos, materiales de excavación	<ul style="list-style-type: none"> -Reducir al mínimo la necesidad de excavación 	<ul style="list-style-type: none"> -Reutilizar el material excavado. -Evitar el uso de materiales que se producen fuera de la región. 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de materiales renovables que permita su reutilización y reciclado
Ruido	<ul style="list-style-type: none"> -Limitar el uso de la bocina en autos. -Disminuir la velocidad vehicular motorizada 	<ul style="list-style-type: none"> -Limitar el nivel de ruido producido por hora y con multas 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de material aislante en sectores afectados por el tráfico de vehículos (vías principales)
Polución	<ul style="list-style-type: none"> -Limitar la velocidad de autos y colectivos. -Aumentar el número de árboles en vías con gran flujo vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> -Reparar la malla vial. -Medir el nivel de polución 	<ul style="list-style-type: none"> -Tratamientos con foto catalíticos para disminuir la cantidad de óxidos nítricos generados por los autos

Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> -Mejorar la señalización de las calles en el B. -Reducir la velocidad en zonas residenciales. -Incrementar el uso de la bicicleta. -Accesibilidad universal 	<ul style="list-style-type: none"> -Planes de movilidad ampliando los sistemas de transporte sostenible -Reducción de carriles para vehiculares motorizados. -Aumento del espacio público peatonal. 	<ul style="list-style-type: none"> -Macromanizanas sin tránsito pasante; velocidad 30 km/h. -Transporte público por red jerarquizada
------------------	--	--	--

17. Hacia la Autoorganización EB VGM

La visión académica, a medida que se profundizaba el proceso de investigación, se exponía y opinaba en las reuniones vecinales y se realizaban comunicaciones en los medios sociales se fue ajustando en un clima con expectativas favorables. Constituyéndose un **Grupo de Trabajo Vecinal Voluntario** que promueve actividades y las ejecuta para ampliar su configuración y convocatoria.

En el contexto del grupo se plantearon actividades tal como una **Ecocaminata** para recorrer una de las macromanizanas que facilitó efectuar un reconocimiento detallado sobre cuestiones inmediatas que requieren atención: el estado de las veredas y rampas, los árboles faltantes, los autos abandonados y las buenas prácticas vecinales de incorporación de árboles nativos y plantas -aromáticas, enredaderas, silvestres para atraer mariposas-. Cabe consignar que en cada una de estas actividades se recurre a vecinos que llevan adelante buenas prácticas u ONGs, en este caso participaron miembros de la **Fundación Rumbos** sobre la problemática de las personas con discapacidad para desplazarse en las veredas y en los cruces de calle y el presidente de **Huerta Federico** para explicar los trabajos que se realizan en planteras del B. El fin de esta actividad es el de observar al espacio público de todos, a la vez que se opina y se toma conciencia para el acompañamiento de posibles mejoras

o demandas ordenadas a las autoridades correspondientes. En paralelo se edita una newsletter digital “**Hojas Informativas EcoBarrio**” para informar y contextualizar los temas en tratamiento en las actividades públicas. Es un aprendizaje pausado, pero también sinérgico y motivador para desarrollar nuevas instancias.

Asimismo, los vecinos registran y acompañan en una red social las actividades vinculadas con los objetivos del EB VGM (www.facebook.com/pg/Ecobarrio-Villa-Gral-Mitre) y el periódico local **El Adán Buenos Ayres** que edita mensualmente la agenda de actividades e incorpora noticias referidas a las acciones realizadas.

Conclusiones

- El B VGM es predominantemente residencial, con un gran patrimonio cultural que sus vecinos valoran, en general, con sus actividades culturales en instituciones arraigadas, muchas de ellas, de las primeras décadas del siglo XX -clubs, bibliotecas, entidades religiosas, entre otros-. Aspectos que se revalidan en cada nueva instancia del proceso.
- La propuesta para conformar un EB y la **posibilidad de organizarlo mediante macromanzanas** es observada como una alternativa de interés ya que se basa no solo en estudios del GCABA y de lo propuesto por este Taller de MTUS, sino que se enriquece con la implicación progresiva de los vecinos en los espacios público y privado. Por otro parte, es valorada la **estrategia de participación** para que se genere un **proceso identitario sostenible** que reconoce al patrimonio edilicio como producto social y a las vivencias compartidas en el espacio público, con una visión de largo plazo y de **compromiso** para actuar preventivamente y a la vez que pueda alejarse, razonablemente, de las posturas consumistas, así como la puesta en valor de las **capacidades locales** y el **potencial sinérgico de la colaboración vecinal** de los integrantes del B VGM y de ONGs relacionadas temáticamente que coadyuvan a informar y a capacitar.

- Es un desafío múltiple cuya resiliencia está en la **diversidad y la actitud de sus actores**, así como en los **medios de comunicación social** que amplifican y resarcan el esfuerzo emprendido. Con claridad no es una utopía sino un **proceso sinérgico basado en la colaboración interdisciplinaria de los cursantes, el interés voluntario de los pobladores y la revalorización de la vecindad** para mejorar sus condiciones de vida y para contribuir con la transición energética para integrarse con el **accionar gubernamental local**.

Bibliografía

- AA.VV. (2008), «*Villa General Mitre, 100 años 1908-2008*», Red Comunitaria de Instituciones y Vecinos de Villa Mitre, Ed. propia, Bs. As., Argentina.
- AA.VV. (2013), en «*Historia de la Ciudad de Bs. As.*», Maucor, Juan Carlos: «*El Maldonado. Un Jonas, H. (1995), El Principio de Responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Herder, Barcelona.
- Rudlin, D. and Falk, N. (1999), *Building the 21st Century Home: The Sustainable Urban Neighbourhood*, Oxford: Architectural Press.
- GCABA (2009a), Informe Territorial Comuna 11, GCBA, MDU, SSP, págs. 25, 27, 28, 39. http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/dmdocuments/comuna_11.pdf
- GCABA (2009b), Atlas 2009, GCBA, MDU, SSP, págs. 129, 132, 280. <http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/libros/atlas/index.html>
- GCABA (2010), Atlas 2010, GCBA, MDU, SSP, págs. 13, 14, 39, 40, 41, 124, 132, 148, 220/ 223, 331/ 335, 354, 411/417. <http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/libros/atlas/index.html>

GCABA (2012), Relevamiento Uso del Suelo, GCBA-MDU-SSP, <http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/images/rus/rus2012.pdf>

GCABA (2014), Unidad de Sustentabilidad Básica Urbana. Propuesta de Desarrollo y Lineamientos de Intervención, GCBA – MDU - SSP. http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/images/newsletter/2014/propuesta_usb.pdf

IDAE-Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (2017), *Impacto de la Energía Solar Térmica en la Calificación Energética de Edificios*, Madrid.

IPCC-Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2018), *Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas*.

ONU (2019). El mundo de hoy es más rico, pero también más desigual que nunca. ONU. Library catalogue.

PIR-Panel Internacional de Recursos (2019), *Panorama de los Recursos Globales*, <http://www.resourcepanel.org/report/global-resources-outlook>

Transportation Services Department (2018), *Traffic Calming Design Guidelines: City of Ottawa*.

CAPÍTULO 7: El Papel de la Antropogeografía en Ingeniería Civil ante los Nuevos Escenarios de Cambio Climático

Camilo Lesmes Fabián.²

Resumen

En el año 1882, el geógrafo alemán Friedrich Ratzel definió la antropogeografía como la ciencia que estudia la influencia de las condiciones medioambientales en la evolución de las sociedades. En la actualidad, el planeta tierra se encuentra en un escenario de cambio climático que obliga a los países a establecer medidas de adaptación en sus procesos productivos y planes de contingencia para enfrentar las variaciones climáticas, buscando no poner en riesgo la economía y la estabilidad política, una realidad que, 137 años más tarde, revalida la definición de Ratzel. De esta manera, la ciencia de la antropogeografía moderna, también conocida como geografía humana, adquiere un papel relevante en la búsqueda de estrategias para alcanzar un desarrollo sostenible de las comunidades en el ámbito económico y social, reduciendo al máximo el impacto negativo al medio ambiente y los recursos naturales, buscando su conservación para las generaciones futuras. Teniendo en cuenta que la ingeniería civil ha sido uno de los principales actores en el desarrollo y transformación de las civilizaciones y que, a su vez, ha contribuido al deterioro ambiental

² Docente Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. camilo.lesmes@usantoto.edu.co

y al cambio climático, el objetivo de este capítulo de libro es revisar estrategias que permitan consolidar el concepto de sostenibilidad en ingeniería civil. Asimismo, desde la perspectiva de la ciencia de la antropogeografía, se estructura el concepto de la “ingeniería civil sostenible” en cuatro líneas de estudio: ecomateriales, ecogeotecnia, construcción sostenible y manejo sostenible del recurso hídrico.



Figura 1. Organización Temática del Capítulo

De esta manera, este capítulo está estructurado en tres secciones complementarias (Figura 1). La primera sección trata sobre el origen de la ciencia de la antropogeografía, la manera en que ha evolucionado como ciencia moderna, el papel que ha asumido en el contexto del cambio climático y el aporte que puede proporcionar en la búsqueda de soluciones de adaptación al cambio climático al entrelazar la dimensión de las ciencias naturales con la dimensión de las ciencias sociales. La segunda sección estudia la ingeniería civil sostenible como concepto filosófico, la responsabilidad social

y ambiental de las facultades de ingeniería civil al enfrentar el cambio climático y finalmente se tratan algunos ejemplos de la inclusión del contexto sostenible en los contenidos temáticos del currículo. La tercera sección realiza una integración entre la ciencia de la antropogeografía, su sistema de estudios, las áreas de conocimiento en las cuales está involucrada y la validación de su papel en la estructuración de la ingeniería civil sostenible. Al final del capítulo, la conceptualización de la ingeniería civil se establece en cuatro áreas: ecomateriales, ecogeotecnia, construcción sostenible y manejo sostenible de recursos hídricos. Cada una de estas áreas es abordada con definiciones introductorias, la relación de cada una con el concepto de sostenibilidad y las estrategias para adelantar nuevas investigaciones, realizar cambios en los currículos e integrar soluciones sostenibles.

1. La Antropogeografía y los Nuevos Escenarios de Cambio Climático

1.1 El Origen de la Ciencia de la Antropogeografía

El concepto de Antropogeografía fue concebido en 1882 y 1891 por Friedrich Ratzel, biólogo y geólogo con una fuerte influencia darwiniana, en su libro *“Antropogeographie”*, en el cual se originan las primeras grandes controversias sobre las interacciones hombre – naturaleza. Este libro está contextualizado en una época en la cual las ideas de Alexander von Humboldt eran las que más predominaban y el concepto de geografía estaba centrado en los fenómenos físicos y bióticos de la tierra. De esta manera, los geógrafos de finales del siglo XIX, sesgaban entonces el contenido de la geografía hacia el campo de las ciencias naturales debido a que todos aquellos geógrafos se habían formado originalmente como geólogos, botánicos y zoólogos (Rucinque & Durango-Vertel, 2004). Gracias a Ratzel, la geografía es reconocida actualmente como una ciencia social dedicada a estudiar la dimensión espacial de los aspectos sociales, económicos, políticos y culturales de las sociedades. Ratzel definió la antropogeografía como un modo sistemático de análisis de la distribución geográfica de las sociedades, la relación entre la migración y el ambiente físico, y la influencia del medio

ambiente en las sociedades (Peake, 2017). A pesar de que este concepto tiene más de 100 años, hasta el año 2004, pocos estudios se habían realizado en cuanto a las influencias o controles que pueden tener los fenómenos naturales sobre las sociedades.

1.2 La Antropogeografía Moderna en el Contexto del Cambio Climático

En la actualidad la mayoría de las ciencias han enfocado sus investigaciones hacia el cambio climático y la antropogeografía no ha sido la excepción, siendo un tema de interés para los científicos que estudian las interacciones entre el ser humano y el medio ambiente; sin embargo, existe una gran dificultad en el hecho de estudiar áreas de la antropogeografía como la geografía política, la geografía económica y la geografía cultural, y su interacción con las ciencias ambientales, lo cual podría ofrecer grandes investigaciones y aportes con los resultados (Bulkeley, 2019). La comunidad científica que investiga el cambio climático está de acuerdo en la necesidad de programas de educación inter y transdisciplinarios que permitan desarrollar y profundizar en nuevas investigaciones en la interacción entre la dimensión social y ambiental del cambio climático (O'Brien & Leichenko, 2019). El concepto de cambio climático se está abordando desde la perspectiva antropogeográfica como una interacción entre procesos ambientales, económicos y políticos ligados a normas, creencias, valores y perspectivas globales, así como emociones y narrativas que se presenta entre las comunidades. La ciencia de la antropogeografía sostiene que los seres humanos tienen el potencial creativo para reconocer, reflexionar y transformar los patrones que actualmente contribuyen a los riesgos y vulnerabilidades que resultan del cambio climático. De este modo, los antropogeógrafos concluyen que la integración de múltiples perspectivas pueden ayudar a identificar y generar nuevas soluciones como mitigación, adaptación y transformación de determinados procesos dentro de las comunidades, ante los retos globales que están surgiendo (Ziervogel, Cowen, & Ziniades, 2016).

1.3 El Papel de la Antropogeografía en el Estudio del Cambio Climático

Los procesos que involucran el cambio climático son vistos por la ciencia de la antropogeografía como el punto de partida para investigar los factores sociales, culturales, políticos, económicos e institucionales detrás de los procesos de extracción, producción y distribución de los recursos y las implicaciones que se presentan en la inequidad y la vulnerabilidad dentro de las sociedades. De esta manera las investigaciones integrales sobre el cambio climático deben incluir diferentes perspectivas y deben ser incluidas en las instituciones educativas para la formación de las próximas generaciones. O'Brien y Lechenko proponen tres fases para lograr este objetivo: *a) Fase 1:* Los sistemas de educación deben promover el concepto integral del cambio climático y el desarrollo de currículos que sean interdisciplinarios. El liderazgo en esta iniciativa puede ser asumido por los científicos expertos en geografía, geografía humana o antropogeografía de tal manera que se integren las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades en los diferentes currículos que abordan el concepto del cambio climático, con el fin de resaltar el hecho de que no es un simple asunto ambiental. *b) Fase 2:* Crear cursos, capacitaciones o programas de educación más integradores que presenten conceptos sobre el cambio climático, con especial énfasis en los valores y las creencias de las comunidades, en el momento de realizar la contextualización de problemáticas ambientales relacionadas con el cambio climático y la formulación de posibles soluciones. El cambio climático está enfocado en la actualidad en la geografía física o en las ciencias ambientales, dejando de lado la dimensión social. Por esta razón, la integralidad del currículo no solo debe incluir la interdisciplinariedad sino también incluir diferentes perspectivas, incluyendo las ciencias naturales, las ciencias sociales, las humanidades, el derecho, las ingenierías y la medicina. *c) Fase 3:* El mayor reto es motivar el interés de los estudiantes en el concepto integrador de la dimensión ambiental y social. Los estudiantes reconocen el hecho de que los alimentos, la moda, el mundo laboral y los estilos de vida, no solo influyen en las emisiones atmosféricas, sino que también están directamente

conectadas con cuestiones de justicia social, tendencias políticas, variaciones en el lenguaje, cambios en las emociones y alteraciones psicológicas. La enseñanza de los procesos del cambio climático de forma integradora puede ayudar a muchos estudiantes a sentirse cómodos en el aprendizaje de métodos y herramientas que buscan la sostenibilidad de todos los procesos de forma ética y equitativa.

De acuerdo a la anterior discusión se puede validar el papel de la ciencia de la antropogeografía en el estudio integral de la influencia del cambio climático en los procesos transformadores de las sociedades. Teniendo en cuenta que la ingeniería civil es un área de conocimiento que modifica y transforma el territorio en beneficio de las sociedades pero que genera una gran huella ambiental, se debe reestructurar el concepto de la ingeniería civil involucrando el concepto de sostenibilidad. En la siguiente sección se aborda y se define este concepto.

2. La Ingeniería Civil Sostenible

2.1 El Concepto Filosófico de Sostenibilidad en Ingeniería Civil

Zbigniew Cywinsky, profesor de la Universidad de Gdansk, a comienzos del milenio, logró estructurar una filosofía en el tema de la “Sostenibilidad en Ingeniería Civil”, profundizando en la idea de cómo las sociedades en el mundo han experimentado un acelerado desarrollo tecnológico, y de manera simultánea, se ha experimentado un daño considerable al medio ambiente (Cywinski Zbigniew, 2001). La capacidad limitada de los ecosistemas ha promovido la formación de “organizaciones verdes”, quienes basan sus misiones y políticas en hallazgos científicos que evidencian el deterioro ambiental; sin embargo, muchos procesos que no han sido investigados aún, se argumentan de forma intuitiva, lo que genera discusiones entre los actores, quienes entran en un estado de escepticismo con respecto a la verdadera causa de los problemas ambientales. Desde el punto de vista técnico, el concepto de sostenibilidad ha tenido dificultades en su desarrollo y aplicación

porque el ser humano entra en una contradicción entre el deseo de tener una vida cómoda acumulando bienes y los requerimientos de los ecosistemas para mantenerlos de forma sostenible. Es por esto que las áreas de conocimiento en las cuales se desarrolla la ingeniería civil, se caracterizan por resolver problemas prácticos enfocados en resolver diferentes necesidades de la sociedad, sin embargo, científicos han alertado desde hace dos décadas a los ingenieros civiles sobre las implicaciones que tienen sus proyectos de obras civiles si no se contextualizan en el concepto ambiental y de sostenibilidad (Kennard Robert M., 1995). La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles define la ingeniería civil como una profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas y la física, ganado por estudio, experiencia y práctica, es aplicado para desarrollar diferentes formas en las cuales se puedan combinar los materiales y los entornos naturales para el progreso y bienestar de la humanidad, creando y mejorando mecanismos que faciliten la vida en comunidad, la industria y el transporte (ASCE, 2016). Sin embargo, el diseño de nuevos proyectos, o la rehabilitación de proyectos construidos ha dejado de ser un concepto puramente económico y tecnológico y los ingenieros civiles están llamados a involucrar parámetros ambientales, los cuales están estrechamente ligados al concepto de sostenibilidad, el cual se caracteriza por ser muy complejo, amplio y difícil de cuantificar. Es por esto que las instituciones de educación superior tienen la gran misión de formar los nuevos profesionales con alto sentido de responsabilidad social y ambiental.

2.2 Responsabilidad y Sostenibilidad Ambiental en las Facultades de Ingeniería Civil

Las discusiones académicas y científicas en el tema de sostenibilidad en ingeniería civil se generaron en la década de los noventa, sin embargo, la responsabilidad ambiental y sostenible por parte del gremio de ingeniería civil se ha asumido lentamente a medida que han surgido compromisos por parte de los gobiernos y sus instituciones. Los Centros de Educación Superior han estado siempre a la vanguardia en la creación y demolición de paradigmas y educando los futuros empresarios y líderes (F. J. Lozano, Kevany,

& Huisingh, 2006), no obstante, académicos critican los modelos de educación en facultades de ingeniería por tener una tendencia a quedarse en conceptos tradicionales y estar basados simplemente en modelos mentales cartesianos y newtonianos, los cuales relegan el aprendizaje y la acción a un pensamiento reduccionista y una interpretación meramente mecánica de los procesos (Lovelock, 2007).

De manera que uno de los grandes retos de la educación superior y la sociedad en general, es lograr romper el paradigma de la educación superior basada en el reduccionismo, la educación mono-disciplinaria y las pruebas basadas en la repetición, lo cual ha formado profesionales que tienden a ser altamente individualistas, aislados e interesados solo en sus propios conceptos e intereses (R. Lozano, 2007) (Stead & Garner Stead, 1994). Si se revisan los currículos de las universidades, hasta el año 2000, los estudiantes tendían a aprender dentro de suposiciones tales como: los seres humanos son la especie dominante y está separada del resto de los procesos naturales; los recursos naturales son gratuitos y son inagotables; los ecosistemas terrestres pueden asimilar todos los impactos humanos en los mismos; la tecnología puede resolver todos los problemas de la sociedad; todas las necesidades y deseos humanos pueden suplirse mediante medios materiales; el éxito individual es independiente de la salud y bienestar de las comunidades (Cortese, 2003); sin embargo, gracias a declaraciones y congresos internacionales, tales como el “Global Higher Education for Sustainability Partnership” (COPERNICUS, 2001), “World Summit on Sustainable Development in Johannesburg, South Africa” (UN, 2002), “Graz Declaration on Committing Universities to Sustainable Development in Graz, Austria”(UNESCO, 2005), “Torino Declaration on Education and Research for Sustainable and Responsible Development, Italy” (G8, 2009), y “Nagoya Declaration on Higher Education for Sustainable Development, Japan” (UNESCO, 2014), se han podido romper las anteriores suposiciones y paradigmas, desarrollando una serie de compromisos los cuales deben ser asumidos por los centros de educación superior comprometidos con el desarrollo sostenible, el cual establece 17 objetivos de los cuales, los centros de educación

son responsables del objetivo número 4. Estos nuevos retos son: enfocarse en la degradación ambiental, las amenazas a la sociedad y el consumo insostenible; obligación ética y moral de los líderes en las universidades y facultades para trabajar hacia la conformación de sociedades sostenibles, incluyendo la perspectiva generacional; inclusión del concepto de desarrollo sostenible en los currículos en todas las disciplinas; desarrollo de la investigación en proyectos de desarrollo sostenible; reorientar el sistema operativo de las universidades hacia el concepto de sostenibilidad; colaboración entre universidades para promover el desarrollo sostenible; involucrar entidades públicas, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas y demás actores en la investigación y educación con un enfoque sostenible; y finalmente, la promoción de la transdisciplinariedad (R. Lozano, Lukman, Lozano, Huisinigh, & Lambrechts, 2013).

En conclusión, las universidades y las facultades de ingeniería civil son llamadas a ser más proactivas en hacer del concepto de desarrollo sostenible una parte integral en la eliminación de paradigmas tradicionales y anticuados, reintegrando la ciencia en una forma transdisciplinar ayudando a las sociedades a ser más sostenibles de manera perseverante y dedicada, en una perspectiva de largo plazo. Este compromiso, contextualizado dentro de los objetivos del desarrollo sostenible, establece asegurar que todos los estudiantes adquieran el conocimiento y las habilidades para promover el desarrollo sostenible, incluyendo mejores estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la globalización, la apreciación de la diversidad cultural y la contribución cultural al desarrollo sostenible” (UNESCO, 2016). En esta discusión, las directivas y docentes de las instituciones de educación superior entran en la incertidumbre de cómo llevar estos conceptos de sostenibilidad al currículo, el cual es eje fundamental en el cual se basa la educación. Por esta razón, es importante revisar las estrategias implementadas en otras universidades de manera que se puedan seguir los mismos modelos.

2.3 El Concepto de Ingeniería Civil Sostenible en el Currículo

En la Universidad Politécnica de Hong Kong, el Departamento de Ingeniería Civil y Estructural incluyó en el currículo el tema de sostenibilidad basado en la necesidad de equipar a los estudiantes con un horizonte más amplio en términos ambientales, económicos y sociales, con el fin de formar profesionales capaces de tomar decisiones en el contexto de la sostenibilidad. De esta manera, los profesores incluyeron la dimensión de la sostenibilidad en el currículo junto con la metodología de aprendizaje basado en problemas. Los resultados iniciales por parte de los estudiantes y sus empleadores sugirieron que las habilidades multidisciplinarias desarrolladas durante el proceso de aprendizaje podría contribuir al conocimiento pertinente sobre la sostenibilidad (Chau K. W., 2007).

Christopher M. Bacon y su equipo colaborador (Bacon et al., 2011), desarrollaron un currículo integrado basado en la sostenibilidad, proyecto integrado por varios departamentos de la Universidad de California (i.e. el Departamento de Ciencias, Políticas y Gestión Ambiental; el Programa de Ingeniería Sostenible y Diseño Ecológico; el Departamento de Estudios Ambientales; el Centro de Estudios Globales, Regionales e Internacionales y el Centro de Conversión Energética Thermionica) y el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad de Santa Clara. Como resultado del proyecto se encontró que los equipos interdisciplinarios de estudiantes desarrollaron proyectos innovadores dentro del campus universitario y con las comunidades de la región. Uno de los grandes logros fue la integración de la ingeniería con las ciencias sociales y las ciencias ambientales lo que evidenció la teoría planteada por anteriores investigaciones en las cuales se encontró que un marco holístico motivaba a los estudiantes por soluciones sociales, culturales, ambientales y políticas, a problemas de ingeniería particulares (Hernández, Scholz, Graham, Stephens, & Román, 2008).

Académicos de la Universidad Demócrito de Tracia modificaron el currículo de Ingeniería civil de la Universidad de Tesalia buscando

que los estudiantes fueran agentes sociales que entendieran y se desempeñaran con un pensamiento basado en la sostenibilidad y no fueran simples técnicos (Manoliadis Odysseus, 2009). El Profesor Odysseus Manoliadis discute que la educación en ingeniería convencional se centra en aspectos tecnoeconómicos, siendo la evaluación microeconómica la base de la toma de decisiones; sin embargo, teniendo en cuenta que el desarrollo sostenible involucra aspectos sociales, económicos y ambientales, el equipo de investigación desarrolló un currículo con los cursos: legislación ambiental y evaluación de impacto ambiental. Aunque el sistema del nuevo currículo funcionó, uno de los limitantes fue el número de estudios de caso, lo que promovió el desarrollo de mayores investigaciones a nivel de estudio de caso que se pudieran integrar.

En Quebec, Canadá, integraron el concepto de sostenibilidad en siete instituciones de educación superior, dedicándose no solo a la aplicación de teorías y modelos ya publicados sino a ayudar a los profesores con actividades como conferencias, talleres y clases magistrales cortas, la integración del concepto de sostenibilidad en diferentes niveles dentro de las instituciones y la búsqueda de cooperación con actores regionales. Uno de los grandes logros de esta investigación fue la integración del concepto de sostenibilidad dentro de cada institución teniendo en cuenta niveles como la investigación, el currículo, la proyección social y el sistema operativo dentro del campus (Anand, Bisailon, Webster, & Amor, 2015).

Teniendo en cuenta el concepto filosófico de sostenibilidad en ingeniería civil, la responsabilidad y sostenibilidad ambiental en las facultades de ingeniería civil, el concepto de construcción sostenible y las estrategias de integración de la sostenibilidad en el currículo, anteriormente discutidos, los programas de ingeniería civil deben ajustarse al contexto sostenible con el fin de contribuir a los objetivos internacionales del desarrollo sostenible planteados por la ONU. En la siguiente sección se proponen estrategias, investigaciones y alternativas para integrar el componente sostenible en la ingeniería civil desde la perspectiva holística de la antropogeografía.

3. La AntropoGeografía en la Ingeniería Civil Sostenible

La ciencia de la antropogeografía basa sus estudios en cuatro fases: la exploración, la descripción, la explicación y la predicción. En cualquier estudio de caso se debe comenzar con una investigación exploratoria para determinar los factores o variables que son importantes. En una segunda fase, se debe tratar de explicar los fenómenos que ocurren en el estudio de caso y cómo estos están interconectados. En una tercera fase, se busca explicar las causas de tales fenómenos. En la fase final, según la información recolectada en las tres primeras fases, se debe tratar de predecir los fenómenos en diferentes escenarios (Rob Kitching & Nicholas J. Tate, 2013). Teniendo en cuenta la anterior secuencia o metodología de investigación, la antropogeografía puede aplicarlos en diferentes áreas del conocimiento. La tabla 1 muestra las principales áreas del conocimiento que aborda la antropogeografía y cómo están relacionadas con muchas áreas de la ingeniería civil.

Tabla 1. Áreas del Conocimiento que Aborda la Antropogeografía

<i>Antropogeografía</i>	<i>Geografía Física</i>	<i>Antropogeografía y Geografía Física</i>
Geografía Cultural	Biogeografía	Geografía Agrícola
Geografía Económica	Climatología	Desarrollo Sostenible
Estudios de Género	Ecología	Geografía Regional
Geografía Rural	Geomorfología	Estudios Ambientales
Geografía Industrial	Hidrología	Toxicología
Geografía Médica	Meteorología	Planeación Urbana
Geografía Urbana	Arqueología	Ordenamiento Territorial
Geografía Política	Paleoecología	Recursos Hídricos
Geografía Poblacional	Edafología	Recursos Energéticos
Geografía Recreacional	Calidad del Agua	Educación
Geografía Histórica	Calidad del Aire	Sistemas de Información
Geografía Social	Geografía Botánica	Geográfica
Geografía del Transporte	Zoogeografía	Métodos Cuantitativos

Teniendo en cuenta que la ingeniería civil ha tenido un papel importante en diversos campos transformadores del territorio como carreteras, autopistas, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, puentes, túneles, rellenos sanitarios, canales, represas, edificios, construcciones industriales, entre otras, se puede deducir que estas obras de ingeniería están estrechamente relacionadas con las áreas de conocimiento que aborda la antropogeografía. Según lo discutido anteriormente por O'Brien y Lechenko acerca de las investigaciones integrales sobre el cambio climático y la inclusión de diferentes perspectivas de manera que se desarrollen nuevos campos del conocimiento transdisciplinarios, se podría proponer cuatro áreas del conocimiento que abordan la ingeniería civil y que podrían desarrollarse en el contexto del cambio climático: ecomateriales, ecogeotecnia, construcción sostenible y manejo sostenible del recurso hídrico (Figura 2).

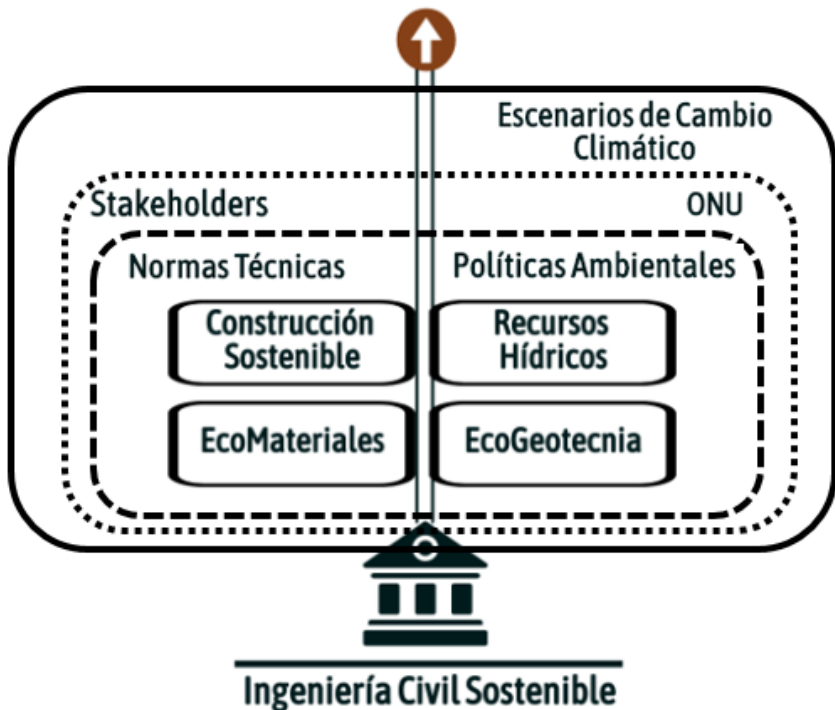


Figura 2. Conceptualización de la Ingeniería Civil Sostenible

Aunque esta agrupación es susceptible de modificarse, es de gran relevancia la contextualización de cada área dentro de la **normatividad o políticas ambientales**, asumiéndolas como normas y regulaciones que son dinámicas en el tiempo y pueden ajustarse a medida que nuevas problemáticas ambientales van surgiendo.

Adicionalmente, las áreas deben estar analizadas en cuanto a los **actores o stakeholders** que intervienen tanto en la parte técnica como en el monitoreo de las normas y regulaciones. Finalmente, las áreas deben estar contextualizadas en **escenarios de cambio climático**, los cuales permiten explorar nuevas técnicas, alternativas sostenibles, ajustes en la normatividad y toma de decisiones acertadas por parte de los actores. En las siguientes secciones se proporciona una explicación de cada una de las áreas con especial énfasis en las potenciales alternativas que pueden direccionar la ingeniería civil hacia un ámbito más sostenible y que pueden funcionar como puntos de partida en nuevas investigaciones.

3.1 EcoMateriales

3.1.1 Los Impactos Ambientales que Involucran a la Producción de Materiales de Construcción

El Instituto de Recursos Mundiales (Fundado en 1982), una organización mundial no gubernamental que busca desarrollar y promover políticas con el objetivo de proteger la tierra y mejorar la vida de las personas en las áreas de clima, energía limpia, seguridad alimentaria, bosques, agua, ciudades sostenibles y océanos, publicó en el año 2000 que los materiales de construcción representaban un gran porcentaje del producto interno bruto de los países (Emily Matthews, 2000). De igual manera, el estudio estableció preocupaciones por la relación entre los sistemas de producción de materiales y los efectos en el medio ambiente y la salud humana. Estos efectos se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Efecto de las actividades relacionadas con los materiales de construcción en el medio ambiente

<i>Efectos en el Medio Ambiente</i>	<i>Relación con la Producción de Materiales de Construcción</i>
Cambio Climático	Emisión de gases de efecto invernadero. Emisiones de combustibles de la manufactura del material como cemento, hierro, acero, etc. Emisiones por el transporte de materiales. Gases producidos por rellenos sanitarios o escombreras.
Consumo de Combustibles Fósiles	Uso de energía termoeléctrica y combustibles fósiles. Consumo de plásticos. Producción de cemento asfáltico, sellantes, solventes y adhesivos.
Deterioro de la Capa de Ozono	Emisión de clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos, óxidos de nitrógeno, los cuales son requeridos en procesos de refrigeración, limpieza, producción de aluminio y acero.
Contaminación del Aire	Combustión de combustibles fósiles, minería, procesamiento de materiales, procesos de manufactura, transporte, construcción y demolición.
Acidificación	Emisión de gases de nitrógeno y azufre. Procesos de fundición. Emisión de lixiviados ácidos. Producción de aguas residuales ácidas en minería. Procesos de limpieza.
Eutrofización	Efluentes de manufacturas. Escorrentía de nutrientes de fuentes no puntuales. Producción de fertilizantes. Disposición de residuos sólidos.
Deforestación, desertificación y erosión del suelo	Explotaciones agrícolas y forestales. Extracción de recursos. Minería. Dragado.

Alteración del Hábitat	Territorios dedicados a la minería. Excavaciones y explotación de minerales. Crecimiento de biomateriales. Procesos de manufacturas. Disposición de residuos sólidos.
Pérdidas en biodiversidad	Extracción de recursos. Uso de fuentes hídricas. Disposición de aguas ácidas. Contaminación térmica.
Pérdida de Fuentes Hídricas	Uso de fuentes hídricas. Vertimientos como efluentes de procesos.
Toxicidad Ecológica	Disposición de residuos sólidos. Emisiones de procesos de minería o manufactura. Uso, mantenimiento y disposición de materiales de construcción.

3.1.2 El Principio de Selección de Materiales en el Contexto de una Ingeniería Civil Sostenible

Según la conceptualización de Calkins (2009) y Kibert (2002), dentro de la ingeniería civil sostenible, el principio de selección de materiales consiste en obtener materiales identificando el “análisis del ciclo de vida” de los mismos, aplicando las siguientes reglas (Calkins, 2012; Charles J. Kibert, Jan Sendzimir, & G. Bradley Guy, 2001):

- a). Seleccionar materiales y productos que usan recursos naturales de una forma eficiente: Es decir se debe reusar, reducir y reciclar materiales con el fin de disminuir el consumo de recursos naturales y se evite la destrucción de los hábitats y los ecosistemas. De igual manera se deben utilizar materiales durables, reusables y reciclables que utilicen materiales renovales.
- b). Seleccionar materiales y productos que minimicen el consumo energético y las emisiones de carbón: Es decir se deben utilizar materiales de la región que en lo posible no

involucren fuentes de energía no renovables en su extracción o transformación.

- c). Evitar el uso de materiales y productos dañinos para la salud humana y el medio ambiente en cualquier fase de su ciclo de vida: Es decir, se deben evitar materiales que emitan toxinas, sustancias contaminantes, o metales pesados, al aire, el suelo o el agua y que puedan afectar los ecosistemas o la salud humana.
- d). Seleccionar materiales y productos que involucren en su ciclo de vida estrategias sostenibles: Es decir, se deben utilizar materiales que podrían no considerarse verdes, pero que involucren en su ciclo de vida estrategias que sí podrían considerarse verdes.

Teniendo en cuenta las anteriores reglas para la selección de materiales sostenibles, es necesario resaltar que fue una idea elaborada antes del 2009, de tal manera que los nuevos tratados internacionales para el logro de los objetivos del desarrollo sostenible para el año 2030 cobran una mayor relevancia; sin embargo, los anteriores principios, reglas y conceptos de sostenibilidad, exhiben propuestas alternativas que disminuyen el impacto ambiental negativo de la producción de materiales de construcción.

3.2 EcoGeotecnia

Los proyectos de geotecnia al igual que los de la industria de la construcción consumen enormes cantidades de energía y sus actividades y procesos ayudan al calentamiento global, el deterioro de la capa de ozono, la desertificación, la deforestación, la erosión y la contaminación del suelo, el agua y el aire (Kibert, 2016). Adicionalmente, los proyectos tienen un efecto en los patrones de uso del suelo que puede persistir por siglos afectando las comunidades en sus valores sociales y éticos. Por lo tanto, los proyectos de geotecnia interfieren con muchos asuntos sociales, ambientales y económicos por lo que es necesario alcanzar un

desarrollo sostenible basado en un equilibrio dinámico entre el diseño, la economía, el medio ambiente y la equidad (Iai, 2011). Las geoestructuras son componentes importantes de infraestructuras críticas por lo que cualquier falla puede iniciar una pérdida parcial o completa de la funcionalidad de otras estructuras y/o sistemas, las que, a su vez, pueden afectar severamente la infraestructura económica y social de cualquier país (O'Rourke & Briggs, 2007). En estos contextos, la geotecnia sufre de incertidumbres significantes relacionadas con las propiedades de los suelos y rocas (NRC, 2005), así como de las propiedades de los materiales que pueden ser alteradas por las condiciones ambientales.

3.2.1 Amenazas en los Proyectos de Geotecnia

La confiabilidad es una parte esencial de los diseños geotécnicos sostenibles: sin embargo, se han establecido ocho categorías de amenazas a las que la infraestructura debe enfrentarse (Rogers, 2009): a) Deterioro gradual en el tiempo, acelerado por condiciones adversas como los aspectos químicos, biológicos o físicos del suelo; b) Daño causado por cargas superficiales debidas a intervenciones abiertas; c) Exceso de demanda en el uso de la infraestructura; d) Terrorismo; e) Efectos del cambio climático; f) Incremento poblacional, incluyendo el incremento en la densidad de población; g) Restricciones financieras; h) Amenazas naturales severas como eventos climáticos, terremotos, avalanchas o deslizamientos.

3.2.2 Resiliencia en los Proyectos de Geotecnia

Para que los proyectos de geotecnia sean sostenibles es necesario que se asegure que el sistema sea capaz de regresar y recuperar su funcionalidad independientemente de la naturaleza o magnitud de la falla a la cual esté sometido. De esta manera se puede categorizar como sistema resiliente (Walker & Salt, 2006). Esta resiliencia en los proyectos de geotecnia se puede garantizar bajo las siguientes condiciones (Bruneau et al., 2003): a) Las geoestructuras son robustas de manera que todo el sistema o las partes que lo componen tengan la capacidad de funcionar en condiciones extremas; b) Las

geoestructuras tienen una alta capacidad de poder ser reemplazadas en alguna de las partes afectadas; c) Los proyectos de geotecnia son recursivos en la identificación de las amenazas y en la definición de planes de contingencia para manejar dichas amenazas; d) Existe una respuesta eficiente para manejar cualquier eventualidad.

3.2.3 Soluciones Sostenibles en los Proyectos de Geotecnia

Los proyectos de geotecnia pueden seguir los siguientes pasos que pueden contribuir positivamente para encontrar soluciones geotécnicas sostenibles (Basu, Misra, & Puppala, 2015): a) Involucrar todos los actores en el proyecto como ingenieros, arquitectos, usuarios, asesores legales y la comunidad afectada por el proyecto, en especial en la primera fase del proyecto, de manera que exista un consenso en las soluciones sostenibles tales como el control de la contaminación durante y después de la construcción, el impacto financiero en la comunidad afectada, la selección de materiales amigables con el medio ambiente, aceptabilidad estética, etc. De la misma manera se debe mantener un flujo transparente de la información para ganar la confianza y participación en los planes de contingencia o cambios que se realicen durante el proyecto; b) Una apropiada caracterización del sitio de manera que las incertidumbres geológicas y las amenazas asociadas sean minimizadas; c) Un análisis robusto y confiable, un diseño y un programa de construcción que involucren una mínima carga financiera que pudiera no ser conveniente para los actores; d) Uso óptimo de materiales y recursos energéticos en la planeación, el diseño, la construcción y el mantenimiento de las geoestructuras; e) Uso de materiales y métodos que causen un mínimo impacto negativo al medio ambiente; f) Reciclaje de elementos o materiales que minimicen la generación de residuos sólidos; g) Una adecuada y apropiada instrumentación, monitoreo y mantenimiento para asegurar la funcionalidad de la geoestructura; y h) Realizar adecuados chequeos de la resiliencia ingenieril, social, económica y ambiental de la geoestructura y rediseñarla si fuera necesario. La anterior propuesta puede contribuir hacia un balance entre la integralidad del proyecto, la eficiencia económica, la calidad ambiental y la satisfacción social, como partes importantes para la

solución geotécnica sostenible. La tabla 3 muestra los potenciales estudios de ecogeotecnia que pueden contribuir al desarrollo sostenible desde el campo de la ingeniería civil.

Tabla 3. Estudios de ecogeotecnia que pueden contribuir al desarrollo sostenible

<i>Tipos de Estudios</i>	<i>Descripción y ejemplos</i>
Reciclaje de Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • La geotecnología se ha enfocado en la introducción de nuevos materiales amigables con el medio ambiente y el reciclaje de materiales. • Los nuevos proyectos geoambientales incluyen el enfoque del análisis del ciclo de vida en sus procesos. • El reciclaje de residuos industriales en pavimentos.
Mejoramiento de las condiciones del suelo y el uso de geotextiles	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de lignosulfonatos que promueven la vegetación superficial y la fauna en la estabilización de suelos. • El uso de la bioingeniería y geosintéticos para estructurar taludes más sostenibles. • El uso de biosólidos como agregados. • Biomineralización y biopolimerización para mejorar las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo. • Uso de geotextiles para evitar la erosión.
Uso de espacio subterráneo	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación de espacios subterráneos para viviendas, almacenaje, parqueaderos, bodegas de baterías para energías alternativas.
Aprovechamiento de la energía geotérmica	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de una caracterización, análisis y diseño de geoestructuras que aprovechen la energía geotérmica.

Geodiversidad	<ul style="list-style-type: none">• Preservación de la geodiversidad entendida como la mitigación del impacto negativo de las actividades humanas en los minerales, rocas, sedimentos y suelos que pudieran tener un valor patrimonial.
Geoética	<ul style="list-style-type: none">• Estudios sobre el adecuado manejo de riesgos y desastres, contaminación del suelo, protección de la geoesfera y prácticas que promuevan un adecuado uso de los recursos en los proyectos de geotecnia.

3.3 Construcción Sostenible

En Europa, la industria de la construcción usa un 42% de la energía que se genera y emite un 35% de los gases relacionados con el efecto invernadero. La industria del concreto usa 20 billones de toneladas de agregados, 1.5 billones de toneladas de cemento y 800 toneladas de agua al año (Czarnecki & Kapron, 2010). Estos datos han mostrado la importancia de la influencia de la construcción en la protección ambiental y el ahorro energético y han creado criterios que promueven proyectos de construcción sostenible, los cuales están enmarcados dentro de los siguientes estándares: a) Evaluación del efecto de las edificaciones en el medio ambiente; b) La preparación de regulaciones ambientales para los materiales y productos de la construcción; y c) La evaluación del ciclo de vida de las edificaciones y obras civiles; sin embargo, para que se pueda implementar el concepto de construcción sostenible, se deben establecer de forma concreta los requerimientos a los que se deben ajustar los procesos de construcción dentro de los siguientes puntos clave: diseños económicamente eficientes; uso mínimo de energía tanto en los procesos constructivos como en el uso de la construcción; producción con cero contaminación; preservación de la biodiversidad en la cadena de los procesos constructivos; preservación del recurso hídrico; y proveer a la comunidad ambientes saludables y cómodos teniendo en cuenta los microclimas. Estos puntos clave, abren una serie de temas de investigación que se pueden resumir en cuatro direcciones: los

materiales de construcción, el consumo energético, la influencia de las obras civiles en el medio ambiente desde el punto de vista ecológico y la influencia de las obras civiles en los microclimas (Cywinski Zbigniew, 2001). A continuación, se presentan los principios de la construcción sostenible, la diferencia entre las construcciones tradicionales y las construcciones sostenibles y la importancia de las certificaciones sostenibles en los proyectos de construcción.

3.3.1 Principios de la Construcción Sostenible

En el ámbito de la ingeniería sostenible, bajo el principio de ser ingenioso y teniendo en cuenta el concepto de construcción sostenible, se han desarrollado los siguientes principios (Anastas & Zimmerman, 2007):

- a). *Educación Continua*: En el pasado, los ingenieros civiles creaban muchos servicios en un mismo proyecto, desde estudios de factibilidad, pasando por pruebas de suelos, diseño estructural y procesos de inspección de la construcción. Luego, los ingenieros se volvieron especialistas y perdieron la percepción y entendimiento de cómo las decisiones afectan los proyectos. De esta manera, las tecnologías sostenibles están cambiando rápidamente y la única manera de mantener un vínculo estrecho con la tecnología es mediante la educación continua.
- b). *Diseños con Proyección Social*: El último objetivo de los ingenieros es mejorar las condiciones de calidad de vida de las comunidades; sin embargo, es necesario entender la comunidad en su entorno ambiental y las decisiones de los proyectos deben considerar tanto los impactos a los seres humanos, como a su medio ambiente.
- c). *Selección de Materiales*: Los materiales de construcción deben ser seleccionados pensando en el cliente, el proyecto y el medio ambiente, considerando el futuro inmediato y

el futuro de las próximas generaciones. Es necesario usar materiales locales y reciclar cuando sea posible. En muchos proyectos, la selección de materiales más costosos con un tiempo de vida útil largo, será más económico y más sostenible para el periodo de vida del proyecto.

- d). *Economizar*. Entre menor sea la cantidad de materiales que se usa en un proyecto, menores son las emisiones indirectas al medio ambiente. Es necesario optimizar los sistemas hasta donde sea posible y construir de acuerdo a las necesidades de la sociedad.

- e). *Minimizar Impactos a la Comunidad*: Los proyectos de ingeniería afectan la comunidad en muchas formas. Es necesario pensar en forma holística, teniendo en cuenta el ruido, la seguridad, las emisiones, el consumo energético, el consumo de recurso hídrico y en general el consumo de otros recursos naturales.

- f). *Aumentar la Longevidad de los Recursos*: La longevidad es clave para la sostenibilidad. En la mayoría de los casos, mantener un ítem existente es mejor que adquirir uno nuevo, incluso si este ha sido producido de manera sostenible.

- g). *Innovación*: Identificar problemas es encontrar oportunidades. Es necesario estar en constante educación y formación, evaluando nuevos productos, aprendiendo de los errores, y manejando los riesgos futuros mediante una constante capacitación.

- h). *Participación y Cooperación*: El diseño sostenible requiere la participación y cooperación de todos los actores. Es necesario estar en contacto con profesionales de diferentes disciplinas y áreas de conocimiento, aprendiendo de ellos y ayudando a educar en los diferentes procesos de ingeniería civil.

3.3.2 Construcción Tradicional Vs. Construcciones Sostenibles

Uno de los grandes retos de la ingeniería civil es romper el paradigma de los sistemas de construcción tradicional e implementando sistemas de construcción sostenible. Normalmente un sistema de construcción se establece en fases como el diseño, la planeación, la construcción y el cierre de la construcción; sin embargo, existen muchos interrogantes acerca de cuáles son las diferencias entre los dos sistemas y cuáles son las actividades que deberían ser desarrolladas en el sistema de construcción sostenible. En la siguiente tabla se relacionan las actividades del sistema de construcción tradicional y se muestran las actividades que deben promoverse dentro del sistema de construcción sostenible:

Tabla 4. Diferencias entre las actividades que se ejecutan en el sistema tradicional de construcción y el sistema de construcción sostenible (Robichaud L. & Anantatmula V., 2011).

Construcción Tradicional	Construcción Sostenible
<i>Análisis de Factibilidad</i>	
<ul style="list-style-type: none"> Estudio de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> El estudio de mercado debe incluir el capital a invertir en iniciativas sostenibles.
<ul style="list-style-type: none"> Contratación de personal administrativo 	<ul style="list-style-type: none"> Contratación de personal administrativo que está familiarizado con el producto final, el mercado, todas las fases de la construcción sostenible y, además, esté acreditado con la certificación de construcción sostenible.
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar un presupuesto preliminar basado en otros proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis de costo – beneficio cuyo objetivo sea tanto económico como ecológico, incluyendo los requerimientos de la edificación teniendo en cuenta los aspectos ambientales.

<ul style="list-style-type: none"> • La reunión con los actores no se requiere en el sistema tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar reuniones con todos los actores externos, incluyendo los propietarios vecinos al proyecto y representantes de la comunidad interesada en el proyecto: arquitectos, contratistas, ingenieros ambientales, asesores legales, etc. El reporte de estas reuniones serán la base para los documentos guía durante el proceso de diseño y construcción.
<ul style="list-style-type: none"> • El sitio o terreno es seleccionado con poca participación de actores. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sitio es seleccionado y estudiado en conjunto con la asesoría de actores clave como el propietario, el gerente del proyecto, el arquitecto, el contratista y demás posibles participantes que permitan asesorar sobre lo adecuado del sitio o terreno.
<p>Diseño y Programación</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Los presupuestos y la programación de la obra son desarrollados basados en costos unitarios. No se incluyen estimaciones de costos adicionales por cambios en la obra o el mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • La etapa de pre-construcción posee estimaciones asesoradas por el constructor, el gerente, el arquitecto, el asesor legal, entre otros, incluyendo los costos asociados a la implementación de ecomateriales y la recuperación de la inversión por beneficios a largo plazo (Ej. Uso de paneles solares).
<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de licencias y permisos. Esta fase consiste en el primer acercamiento a los entes reguladores y por lo general obligan a rediseñar y replantear las anteriores fases. 	<ul style="list-style-type: none"> • Teniendo en cuenta las múltiples reuniones con los actores, la fase de obtención de licencias y permisos es más fácil ya que cuenta con la asesoría legal desde un principio.

<ul style="list-style-type: none"> • Contratación del arquitecto y/o contratista. Todas las consultorías dentro de la obra son reportadas al arquitecto y/o contratista. 	<ul style="list-style-type: none"> • Normalmente, el equipo ya ha sido contratado en esta fase de construcción. Expertos adicionales para la parte técnica pueden ser entrevistados y contratados.
<ul style="list-style-type: none"> • El diseño puede considerar iniciativas sostenibles, pero este requiere trabajo de rediseño y replanteo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a que el equipo de trabajo ha participado en los procesos de planeación y diseño, los documentos de la construcción pueden ser desarrollados más eficientemente con pocas modificaciones en el diseño.
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los permisos en cuanto al uso del suelo, normas de construcción, sistemas de alcantarillado, red eléctrica, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los entes reguladores han sido involucrados desde un comienzo y el uso del suelo, el control de erosión y el manejo de aguas residuales han sido planteados desde las fases iniciales del proyecto.
<p>Contratación</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Los contratos tradicionales son divididos en múltiples contratos dependiendo de las necesidades de la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • De manera integral los contratos exigen las exigencias energéticas, el uso de materiales reciclables, el adecuado manejo de residuos y escombros, de manera que se superen las metas de sostenibilidad.
<ul style="list-style-type: none"> • La inspección de la obra es reportada por el arquitecto o el constructor. 	<ul style="list-style-type: none"> • El proyecto es desarrollado con reuniones frecuentes en el sitio de la construcción, incluyendo capacitaciones sobre diferentes aspectos de la construcción sostenible dependiendo de la fase de la obra.

<ul style="list-style-type: none"> Los cambios en la obra y los cambios en la contratación ocasionan que los entes reguladores realicen inspecciones adicionales, lo que resulta en un trabajo ineficiente con costos adicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> El equipo de trabajo incluyendo el asesor legal han estado en constante comunicación con los entes reguladores, lo que permite hacer cambios en la obra o en la contratación que no requieren inspecciones adicionales.
<ul style="list-style-type: none"> Si el proyecto busca certificarse como construcción sostenible, no puede realizarlo debido a que toda la documentación proviene de diferentes fuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> El equipo de trabajo está más organizado y la documentación con fines de acreditación es más fácil de obtener.
Entrega de la Obra	
<ul style="list-style-type: none"> La obra se entrega con pocas pruebas de funcionalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Una comisión de expertos asegura el funcionamiento del sistema de construcción y se verifica la eficiencia de todas las innovaciones y alternativas sostenibles implementadas.

3.3.3 Certificaciones de Construcción Sostenible

Existen cientos de certificaciones de construcción sostenible de manera que cada país ha asumido determinada metodología dependiendo de los sistemas de construcción locales. A continuación, se revisan las certificaciones más conocidas en el mundo.

- a). LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Esta certificación fue desarrollada en Estados Unidos. Reconoce las estrategias y mejores prácticas de construcción

mediante distintos niveles de certificación que se alcanzan con créditos adaptados a las necesidades de cada proyecto. Se enfoca en el desempeño del edificio y tiene versiones para construcciones nuevas, edificios existentes, operación y mantenimiento e interiores comerciales (LEED, 2019).

- b). HQE (Haute Qualité Environnementale): Fue desarrollado por la Asociación HQE de Francia que se centra en la investigación y el desarrollo de la construcción sostenible, así como en las actividades de promoción. Las categorías de evaluación de este sistema son: Energía, Medio Ambiente, Salud y Confort. Estas cuatro categorías principales estructuran un conjunto total de 14 metas específicas (HQE, 2019).
- c). BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology): Fue creado en 1990 por el Building Research Establishment (BRE) del Reino Unido. Es el primer sello de certificación desarrollado después del Protocolo de Kyoto. Este sello es una herramienta que mide la sostenibilidad de distintos tipos de edificaciones, nuevas y existentes y se enfoca en los impactos de las edificaciones en su entorno (BREAM, 2019).
- d). EDGE (Excellence in Design for Great Efficiencies): Es un software del IFC (International Finance Corporation) del Banco Mundial de uso gratuito, que ayuda a diseñar edificios verdes en más de 100 países. EDGE calcula los ahorros durante el uso del edificio, así como la reducción de las emisiones de carbono comparado con el caso base (EDGE, 2019).
- e). Referencial CASA Colombia: Es una iniciativa del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) “para el Diseño y Construcción de Soluciones Habitacionales Sostenibles”, cuyo objetivo principal es brindar a la industria de la construcción colombiana una herramienta que facilite la construcción sostenible de viviendas en el marco de

una metodología transparente y ágil, en alineación con las políticas nacionales de crecimiento (CCCS, 2019).

- f). GBCA, Green Building Council of Australia: Está comprometido con el desarrollo de edificios, ciudades y comunidades que sean saludables, habitables, productivas, resistentes y sostenibles. Utiliza la certificación Green Star la cual busca un 62% de reducción en emisiones, 66% menos electricidad, un 51% de reducción en consumo de agua potable y 96% de reciclaje de residuos sólidos de escombros (GBCA, 2019).

- g). DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, o en español, la Sociedad Alemana para la Construcción Sostenible, cubre todos los aspectos clave de la construcción sostenible: aspectos ambientales, económicos, socioculturales y funcionales, tecnología, procesos y adecuaciones del sitio. Las primeras cuatro secciones de calidad tienen el mismo peso en la evaluación. Esto significa que el Sistema DGNB es el único que le da tanta importancia al aspecto económico de la construcción sostenible como a los criterios ecológicos. Las evaluaciones siempre se basan en todo el ciclo de vida de un edificio. Por supuesto, la atención se centra siempre en el bienestar del usuario (DGNB, 2019).

Al realizar un análisis de los indicadores que evalúan cada una de las metodologías, se puede estructurar un conjunto de indicadores en común que podrían ser la base para el desarrollo de una nueva metodología. La siguiente tabla resume estos indicadores para certificar una construcción sostenible.

Tabla 5. Principales indicadores que consideran las certificaciones de construcción sostenible

<i>Salud y Bienestar</i>	
Iluminación Natural	Proporcionar a los usuarios del edificio, acceso suficiente a la luz natural.

Iluminación de Alta Frecuencia	Reducir el riesgo de problemas de salud relacionados con el parpadeo de la iluminación fluorescente.
Calidad del aire interior	Reducir los riesgos para la salud asociados a la baja calidad del aire interior.
Zonificación térmica	Reconocer y fomentar la dotación de controles para el usuario que permita el ajuste independiente de la temperatura de los sistemas de calefacción y refrigeración dentro del edificio.
Aislamiento Acústico	Garantizar la provisión de aislamiento acústico mejorado para reducir la posibilidad de quejas de los vecinos relacionadas con el ruido.
Espacio Privado	Mejorar la calidad de vida de los ocupantes proporcionando un espacio al aire libre para su uso y que aporte privacidad.
Viviendas Adaptables	Fomentar la construcción de viviendas accesibles, flexibles y fácilmente adaptables.
Energía	
Iluminación Externa	Fomentar la instalación de luminarias energético eficientes para las zonas externas de la edificación.
Tecnologías bajas en carbono o carbono cero	Reducir las emisiones de carbono y la contaminación atmosférica fomentando la generación local de energía a partir de fuentes renovables que satisfagan una parte significativa de la demanda energética.
Electrodomésticos energético-eficientes	Fomentar la provisión o compra de electrodomésticos energético eficientes para asegurar un rendimiento y ahorro energético óptimos.
Tasa de Emisión de la Vivienda	Promover edificios que estén diseñados para minimizar las emisiones de CO ₂ asociadas a su consumo operativo de energía.
Envolvente Térmica del edificio	Reconocer y fomentar las medidas tomadas para mejorar la eficiencia de la envolvente térmica de los edificios de viviendas.

Iluminación interna de la vivienda	Provisión de iluminación interna energético eficiente, reduciendo así las emisiones de CO ₂ de la vivienda.
Iluminación interna de zonas comunes	Provisión de iluminación interna energético eficiente en zonas comunes, reduciendo así las emisiones de CO ₂ del edificio.
Espacio de secado	Proporcionar un medio para secar la ropa con bajo consumo de energía
Transporte	
Servicios de Transporte público	Promover los desarrollos urbanísticos en lugares próximos a buenas redes de transporte público, ayudando así a reducir las emisiones resultantes del transporte y las congestiones de tráfico.
Cercanía a Servicios	Fomentar y premiar las edificaciones situadas próximas a servicios locales, reduciendo así la necesidad de largos viajes o múltiples desplazamientos.
Modos alternativos de transporte	Reconocer la dotación de instalaciones adecuadas en el emplazamiento que permitan a los usuarios del edificio la utilización de modos alternativos de transporte para ir al edificio y volver de él.
Agua	
Consumo de agua	Minimizar el consumo de agua potable para instalaciones sanitarias.
Contador de Agua	Asegurar que se pueda controlar y gestionar el consumo de agua y así fomentar las reducciones del mismo.
Reciclaje de Agua	Fomentar la recogida y reutilización de aguas grises o pluviales para satisfacer las necesidades de descarga de inodoros, riego y baldeo, reduciendo la demanda de agua potable.
Sistemas de riego	Reducir el consumo de agua potable en el riego de plantas ornamentales y de jardines.

Material	
Mantenimiento de Fachada	Fomentar la conservación in situ de la fachada del edificio existente.
Mantenimiento de la Infraestructura	Fomentar la conservación de la estructura existente que haya ocupado el sitio previamente.
Materiales de bajo impacto ambiental	Fomentar el uso de materiales de construcción con un bajo impacto ambiental sobre el ciclo de vida completo del edificio.
Materiales básicos del edificio	Fomentar materiales adquiridos de forma responsable.
Materiales básicos de acabado	Fomentar la especificación de materiales adquiridos de forma responsable para los elementos de acabado.
Residuos	
Residuos domésticos	Recompensar la provisión de espacio de almacenamiento adecuado interno y externo para los residuos domésticos reciclables y no reciclables.
Suelo	
Reutilización del Suelo	Reutilización de suelo que haya sido urbanizado previamente y disuadir de la utilización de suelo no urbanizado previamente para fines de edificación.
Protección de elementos de valor ecológico	Fomentar la construcción en terrenos que ya tengan un valor limitado para la fauna y la flora y proteger los elementos de valor ecológico existentes contra daños sustanciales ocurridos durante la preparación del terreno y la finalización de las obras.
Mitigación del impacto ecológico	Reconocer y fomentar las actuaciones llevadas a cabo para mantener y mejorar el valor ecológico del emplazamiento como resultado de la edificación o urbanización.

Contaminación	
Emisiones de NO _x de la fuente de calefacción	Fomentar que el sistema que suministre calor minimice las emisiones de NO _x y por tanto reduzca la contaminación del ambiente local.
Riesgo de Inundaciones	Fomentar la construcción en zonas con bajo riesgo de inundaciones o la adopción de medidas encaminadas a reducir el impacto de las inundaciones sobre los edificios situados en zonas con alto riesgo.
Contaminación de Cuerpos de Agua	Reducir el potencial de contaminación por sedimentos, metales pesados, sustancias químicas o aceite de los cursos naturales de agua, proveniente de las escorrentías de edificios y superficies duras.
Contaminación Lumínica Nocturna	Garantizar que la iluminación exterior esté concentrada en las zonas apropiadas y que se minimice la iluminación hacia arriba, reduciendo la contaminación lumínica, el consumo de energía y las molestias para las propiedades vecinas.

3.4 Manejo Sostenible del Recurso Hídrico

El manejo del recurso hídrico en ingeniería civil incluye los estudios hidrológicos aplicados a vías, represas, puentes, sistemas de riego, sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico. Como resultados de investigación, se mostrará el manejo de recurso hídrico en poblaciones incluyendo la captación, el tratamiento de agua potable, el consumo del agua, el tratamiento de agua residual y el vertimiento final.

Este enfoque se basa en la posibilidad de establecer estrategias sostenibles en centros urbanos sobre el adecuado manejo del recurso hídrico con la posibilidad de proporcionar recomendaciones o soluciones a las comunidades vulnerables.

3.4.1 La Sostenibilidad en el Manejo de Recurso Hídrico

Un reciente documento de reflexión publicado por la revista “Sustainability of Water Quality and Ecology” (Goethals & Volk, 2016) define el concepto de sostenibilidad basado en el principio de que todo lo que necesitamos para nuestra supervivencia y bienestar depende directa o indirectamente del ambiente natural que nos rodea. De esta manera, para alcanzar un nivel de sostenibilidad se deben mantener las condiciones bajo las cuales los seres humanos y la naturaleza pueden existir en una armonía productiva que soporte las generación presente y las futuras (Goethals, 2013; Singh, Murty, Gupta, & Dikshit, 2012). Colombia es un país que cuenta con muchos recursos naturales por lo que el tema de la sostenibilidad en la explotación de los recursos naturales no es relevante, contrario a lo que ocurre en países industrializados en Europa donde el tema de la sostenibilidad ha sido ampliamente estudiado. Colombia ha enfrentado una fuerte temporada de escasez de agua durante las temporadas del fenómeno del niño sumado a la alarmante aprobación de títulos mineros en zonas de páramo, por lo que se ha convertido en un tema de constante discusión entre la comunidad en general, las autoridades gubernamentales y la comunidad científica. Es por esto que es necesario definir herramientas y metodologías que permitan evaluar el nivel de sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico, teniendo en cuenta el concepto ambiental, social y económico. Estas herramientas permitirían realizar ajustes, crear planes e implementar nuevas normas para alcanzar un nivel de sostenibilidad adecuado.

3.4.2 Problemáticas en la Sostenibilidad del Manejo del Recurso Hídrico

Desde 2007, los investigadores han consolidado las problemáticas en el tema de la explotación del recurso hídrico, las cuales siguen validándose y cuya importancia se irá incrementando en los próximos tiempos (Ayres, Turton, & Casten, 2007). Estos son:

- a). *Cambio Climático*: Es urgente modificar las políticas ambientales con respecto al eficiente manejo del recurso hídrico buscando procesos de adaptación ante temporadas extremas de sequía y altas precipitaciones. Esta situación es crítica y se ha evidenciado durante el fenómeno del niño en regiones como el Archipiélago de San Andrés, las poblaciones ubicadas en la región andina y las poblaciones en la región de los llanos orientales.
- b). *Crecimiento Demográfico*: Colombia podría estar sufriendo una fuerte crisis de escasez del recurso hídrico en las grandes ciudades en donde se evidencian procesos de migración desde las zonas rurales. El crecimiento demográfico es un factor a tener en cuenta en el adecuado manejo del recurso hídrico en cuanto a su captación, disponibilidad, distribución, uso y adecuado vertimiento. De igual forma las zonas rurales están afectadas por la presión que ejercen procesos productivos a medida que la población crea la necesidad de aumentar dicha producción.
- c). *Consumo Energético*: A medida que aumenta el crecimiento poblacional y se aumenta el consumo energético, de igual forma se incrementan las emisiones lo que ocasiona afectaciones en ecosistemas estratégicos para las fuentes hídricas.
- d). *Producción de Alimentos*: Colombia, y en especial la región de Boyacá, depende de la agricultura y este sector debe suplir a la creciente población en especial de las grandes ciudades. La agricultura depende en gran medida de la precipitación por lo que cambios en los regímenes de lluvias pueden traer consecuencias negativas en el abastecimiento de alimentos. Este problema sigue siendo latente y hasta el momento no se han tomado ningún tipo de medidas.
- e). *Hábitos de consumo y estilos de vida*: Debido a los cambios en la economía en los recientes años, los hábitos de consumo

de las poblaciones han cambiado, consumiendo más bienes y servicios, cuya producción depende directamente o indirectamente del abastecimiento del recurso hídrico.

- f). *Normatividad Ambiental:* En Colombia, existe el inconveniente de que se le da más importancia al beneficio económico que a la sostenibilidad en la explotación de los recursos. Al comparar la normatividad ambiental de Colombia con otros países, se evidencia que no hay interés en regular la explotación del recurso hídrico.

En resumen, teniendo en cuenta las anteriores problemáticas, son muchos los retos que deben asumir los profesionales que trabajan en el manejo del recurso hídrico. En la siguiente sección se definen los principales parámetros o indicadores para definir un sistema de explotación sostenible del recurso hídrico.

3.4.3 Evaluación de la Sostenibilidad en el Manejo del Recurso Hídrico

La explotación del recurso hídrico incluye el manejo de cuencas hidrográficas, la captación, el tratamiento para la potabilización, el consumo, el tratamiento de las aguas residuales y el vertimiento. Estos procesos en conjunto con la normatividad, los actores y los efectos del cambio climático, ayudan a definir la sostenibilidad del sistema. En la siguiente tabla se relacionan los principales indicadores que definen diversas metodologías para el diagnóstico de la sostenibilidad. Este diagnóstico es el primer paso para definir alternativas sostenibles y estrategias para mejorar la explotación del recurso.

Tabla 6. Categorías e Indicadores para la Evaluación de la Sostenibilidad del Recurso Hídrico

<i>Categorías</i>	<i>Indicadores</i>
Fuentes hídricas	Calidad del agua superficial (1), calidad del agua subterránea (2), recolección del agua lluvia (3).

Servicios de abastecimiento de agua potable.	Planta de tratamiento de agua (4), planta de desalinización (5), acceso a agua potable (6), pérdidas de agua en los sistemas de acueducto (7), consumo de recurso hídrico (8).
Sistemas de Alcantarillado	Acceso al sistema de alcantarillado (9), edad del sistema de alcantarillado (10), separación de aguas lluvias y aguas residuales (11).
Tratamiento de aguas residuales	Planta de tratamiento de agua residual (12), recuperación energética a partir de los lodos de PTAR (13), recuperación de nutrientes a partir de los lodos de PTAR (14), reciclaje de lodos de PTAR (15).
Manejo de residuos sólidos	Sistema de recolección de residuos sólidos (16), sistemas de reciclaje de residuos sólidos (17), recuperación energética de los residuos sólidos (18).
Adaptación climática	Espacio verde (19), edificios ecológicos (20), biodiversidad (21), crecimiento demográfico (22).
Gobernanza	Gestión del gobierno local (23), participación pública (24), planes de acción por el agua (25), normatividad sobre el recurso hídrico (26), monitoreo del sistema (27), monitoreo del cumplimiento de la normatividad sobre el recurso hídrico (28), sistema de inversiones en el manejo del recurso hídrico (29).

Conclusión

- Este capítulo del libro busca definir la sostenibilidad en cuatro áreas de la ingeniería civil desde la perspectiva de la antropogeografía de manera que integra la dimensión de las ciencias naturales con la dimensión de las ciencias sociales. La información consignada, resultado de investigaciones

realizadas durante 6 años en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, puede funcionar como puntos de partida para la definición de nuevas investigaciones, temas de discusión en proyectos de clase o información que puede ser incluida en los contenidos temáticos de diferentes asignaturas de manera que se cumpla con la misión de la integración del concepto de sostenibilidad en la ingeniería civil.

Bibliografía

- Anand, C. K., Bisailon, V., Webster, A., & Amor, B. (2015). Integration of sustainable development in higher education – a regional initiative in Quebec (Canada). *Journal of Cleaner Production*, 108, 916-923. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.134>
- Anastas, P., & Zimmerman, J. (2007). Design Through the 12 Principles of Green Engineering. *IEEE Engineering Management Review*, 3(35), 16. <https://doi.org/10.1109/EMR.2007.4296421>
- ASCE. (2016). *Civil Engineering Body of Knowledge* (3rd Edition). Recuperado de: https://www.asce.org/civil_engineering_body_of_knowledge/
- Ayres, R. U., Turton, H., & Casten, T. (2007). Energy efficiency, sustainability and economic growth. *Energy*, 32(5), 634-648. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.06.005>
- Bacon, C. M., Gliessman, S. R., Lipschutz, R. D., Mulvaney, D., Melanie DuPuis, E., Ball, T. B., & Shakouri, A. (2011). The creation of an integrated sustainability curriculum and student praxis projects. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(2), 193-208. <https://doi.org/10.1108/1467637111118237>
- Basu, D., Misra, A., & Puppala, A. J. (2015). Sustainability and geotechnical engineering: perspectives and review. *Canadian*

Geotechnical Journal, 52(1), 96-113. <https://doi.org/10.1139/cgj-2013-0120>

BREAM. (2019). Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology: the world's leading sustainability assessment method for masterplanning projects, infrastructure and buildings. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://www.breem.com/>

Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., ... von Winterfeldt, D. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), 733-752. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>

Bulkeley, H. (2019). Navigating climate's human geographies: Exploring the whereabouts of climate politics. *Dialogues in Human Geography*, 9(1), 3-17. <https://doi.org/10.1177/2043820619829920>

Calkins, M. (2012). *The Sustainable Sites Handbook: A Complete Guide to the Principles, Strategies, and Best Practices for Sustainable Landscapes*. John Wiley & Sons.

CCCS, E. por. (2019). CASA Colombia – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS. Recuperado 18 de junio de 2019, de: <https://www.cccs.org.co/wp/download/referencial-casa-colombia/>

Charles J. Kibert, Jan Sendzimir, & G. Bradley Guy. (2001). *Construction Ecology: Nature as a Basis for Green Buildings*. Recuperado 16 de junio de 2019, de CRC Press website: <https://www.crcpress.com/Construction-Ecology-Nature-as-a-Basis-for-Green-Buildings/Kibert-Sendzimir-Guy/p/book/9780415260923>

- Chau K. W. (2007). Incorporation of Sustainability Concepts into a Civil Engineering Curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 133(3), 188-191. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2007\)133:3\(188\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2007)133:3(188))
- COPERNICUS. (2001). *The Lunenburg Declaration*. 3. University of Lüneburg.
- Cortese, A. D. (2003). The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable Future. *Planning for Higher Education*, 31(3), 15-22.
- Cywinski Zbigniew. (2001). Current Philosophy of Sustainability in Civil Engineering. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 127(1), 12-16. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2001\)127:1\(12\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2001)127:1(12))
- Czarnecki, L., & Kapron, M. (2010). Sustainable Construction as a Research Area. *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources*, 17(2), 99-106. <https://doi.org/10.5188/ijismer.17.99>
- DGNB. (2019). Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://www.dgnb.de/de/index.php>
- EDGE. (2019). Excellence in Design for Great Efficiencies. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://www.edgebuildings.com/>
- Emily Matthews. (2000). *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington, D.C.: World Resource Institute.
- G8. (2009). *Torino Declaration on Education and Research for Sustainable and Responsible Development*. Presentado en 2009 G8 University Summit, Torino, Italy.

- GBCA. (2019). Green Star. Green Building Council of Australia. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://new.gbca.org.au/green-star/>
- GDB. (2016). Calidad de agua para el consumo humano. Recuperado 18 de junio de 2019, de Gobernación de Boyacá website: <https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/direcciones/direcci%C3%B3n-de-salud-p%C3%ABblica/calidad-agua-consumo-humano>
- Goethals, P. (2013). Sustainability of water quality and ecology: Easier said than defined and implemented. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 1-2, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.swaqe.2014.08.001>
- Goethals, P., & Volk, M. (2016). Implementing sustainability in water management: Are we still dancing in the dark? *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 7, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.swaqe.2016.01.001>
- Hernandez, M. E., Scholz, R. W., Graham, A. C., Stephens, J. C., & Román, M. (2008). Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3), 317-338. <https://doi.org/10.1108/14676370810885916>
- HQE. (2019). Haute Qualité Environnementale. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://www.behqe.com/>
- Iai, S. (2011). *Geotechnics and Earthquake Geotechnics Towards Global Sustainability*. Springer Science & Business Media.
- Kennard Robert M. (1995). Environmental Challenge for Engineers: Hong Kong Perspective. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 121(2), 140-142. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(1995\)121:2\(140\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(1995)121:2(140))

- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. John Wiley & Sons.
- LEED. (2019). Leadership in Energy and Environmental Design. Recuperado 18 de junio de 2019, de https://new.usgbc.org/leed-v41?creative=341456035424&keyword=leed&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=CjoKCQjwl6LoBRDqARIsABllMSYaKmHH3QExo-WU4cpgsWGluFZj3lzPSngO7VKC-dKOeVPmtLGdu5PEaAqXbEALw_wcB
- Lovelock, J. (2007). *The Revenge of Gaia*. Recuperado 16 de junio de 2019, de </books/1155/the-revenge-of-gaia/9780141025971>
- Lozano, F. J., Kevany, K., & Huisingh, D. (2006). Sustainability in higher education: what is happening? *Journal of Cleaner Production*, 14(9), 757-760. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.12.006>
- Lozano, R. (2007). Collaboration as a pathway for sustainability. *Sustainable Development*, 15(6), 370-381. <https://doi.org/10.1002/sd.322>
- Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F. J., Huisingh, D., & Lambrechts, W. (2013). Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of Cleaner Production*, 48, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>
- Manoliadis Odysseus. (2009). Education for Sustainability: Experiences from Greece. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 135(2), 70-74. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2009\)135:2\(70\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2009)135:2(70))
- NRC. (2005). *Geological and Geotechnical Engineering in the New Millennium: Opportunities for Research and Technological Innovation*. <https://doi.org/10.17226/11558>

- O'Brien, K., & Leichenko, R. (2019). Toward an integrative discourse on climate change. *Dialogues in Human Geography*, 9(1), 33-37. <https://doi.org/10.1177/2043820619829933>
- O'Rourke, T. D., & Briggs, T. (2007). *Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience*. Spring.
- Peake, L.J. (2017). Anthropogeography. In *International Encyclopedia of Geography* (pp. 1-3). <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0795>
- Rob Kitching, & Nicholas J. Tate. (2013). *Human geography: Theory, Methodology and Practice*. London and New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- Robichaud L., & Anantatmula V. (2011). Greening Project Management Practices for Sustainable Construction. *Journal of Management in Engineering*, 27(1), 48-57. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000030](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000030)
- Rogers, C. D. F. (2009). Substructures, underground space and sustainable urban environments. *Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, 22(1), 177-188. <https://doi.org/10.1144/EGSP22.14>
- Rucinque, H. F., & Durango-Vertel, J. (2004). *El centenario de Ratzel*. Grupo Geolat.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), 281-299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- Stead, W. E., & Garner Stead, J. (1994). Can Humankind Change the Economic Myth? Paradigm Shifts Necessary for Ecologically Sustainable Business. *Journal of*

Organizational Change Management, 7(4), 15-31. <https://doi.org/10.1108/09534819410061351>

UN. (2002). *Sustainable Development Knowledge Platform*. Presentado en World Summit on Sustainable Development (WSSD), Johannesburg Summit, 24 August - 04 September, Johannesburg. Recuperado de <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wssd>

UNESCO. (2005). *Graz Declaration on Committing Universities to Sustainable Development*. Presentado en Graz, Austria. Graz, Austria.

UNESCO. (2014). *Aichi-Nagoya Declaration on Education for Sustainable Development*. Recuperado 16 de junio de 2019, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231074>

UNESCO. (2016). *Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for the implementation of Sustainable Development Goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning*. Recuperado 16 de junio de 2019, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656>

Walker, B., & Salt, D. (2006). *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World* (Edición: None ed). Washington, DC: Island Press.

Ziervogel, G., Cowen, A., & Ziniades, J. (2016). *Moving from Adaptive to Transformative Capacity: Building Foundations for Inclusive, Thriving, and Regenerative Urban Settlements*. *Sustainability*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/su8090955>

CAPÍTULO 8: Instrumentos Económicos Aplicados a la Gestión Ambiental - Caso Empresas Boyacenses

Elvia Pilar Rodríguez Cely³

Resumen

El presente capítulo recopila resultados parciales de la investigación “Beneficios tributarios en Colombia, Oportunidades de Gestión e inversión ambiental en las empresas Cundiboyacenses” realizado por la autora a partir del trabajo de campo a organizaciones de diversos sectores industriales del departamento de Boyacá y Cundinamarca en el periodo 2014-2016. El desarrollo de la investigación se basó en dos momentos: el primero, se refiere a la indagación de las bases teóricas que justifican la aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental a partir de políticas públicas que impulsan a los agentes económicos a desarrollar acciones amigables con su entorno por medio de impuestos e incentivos; el segundo momento se refiere a la estrategia metodológica para realizar el trabajo de campo y recopilar información relevante de diez empresas clasificadas como grandes, pequeñas y medianas empresas PYMES, pertenecientes al sector minero, siderúrgico, construcción, eléctricos, servicios públicos (electricidad, gas y agua), entre otros. De acuerdo a lo anterior, se estructura el capítulo con información exclusiva del departamento de Boyacá, organizando el texto en cuatro títulos principales: los dos primeros abordan bases conceptuales de instrumentos económicos, enfocándose en impuestos e incentivos

3 Docente Facultad de Contaduría Pública. Universidad Santo Tomás. elvia.rodriguez@usantoto.edu.co

verdes existentes en Colombia, en tanto el tercer y cuarto título se basan en el análisis de los resultados generales de la investigación en lo concerniente al departamento de Boyacá en tres de las cinco áreas evaluadas en la investigación macro.

1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS AMBIENTALES

1.1 Organismos que Regulan las acciones ambientales en Colombia

Los instrumentos económicos están basados en la construcción de políticas públicas que apalancan el desarrollo y ejecución de cada una de ellos. En Colombia, con la expedición del Código de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente en el año 1974, los recursos naturales se manejaron de una manera puntual, enfatizando en la explotación sustentable más que de conservación y su manejo se hizo a través de la creación de organismos que se ocupaban de la explotación de un recurso determinado hasta la utilización integrada y múltiple de varios de ellos; de acuerdo a (Anaya Flórez & Rodríguez Cely, 2018) este código es “Uno de los logros más importantes en la historia de la normatividad ambiental en Colombia”.

Posteriormente, con la creación de la ley 99 de 1993, se centraliza las actividades ambientales en el sistema nacional ambiental SINA, se crea el ministerio de ambiente y las 33 corporaciones Autónomas Regionales CAR encargadas de administrar los recursos y las políticas ambientales en diferentes regiones del país.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el organismo regulador que determina políticas, normas y directrices en materia de ambiente, biodiversidad, recursos marinos y recurso hídrico, por medio de estrategias comprometidas con el desarrollo sostenible. (MADS, 2018)

Este ministerio se creó con el objetivo de reemplazar las funciones que cumplía desde 1968, el antiguo Instituto Nacional de los

Recursos Naturales Renovables y del Ambiente «INDERENA». A finales de 2002, a iniciativa del primer gobierno de Álvaro Uribe Vélez, se fusionó con el Ministerio de Vivienda, tomando el nombre de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

A nivel tributario, cada una de las reformas han ido modificando y legislando sobre los instrumentos económicos ambientales desde dos perspectivas, los impuestos y los incentivos.

De acuerdo a (Acquatella, Jean, 2001). Los instrumentos económicos complementan los esquemas de regulación directa, “ya que dan una mayor flexibilidad mediante incentivos basados en precios - *costos* y *posibilitan la financiación con recursos propios de inversiones ambientales*”. Además, permiten desarrollar estrategias de inversión en producción limpia, aprovechando dichos incentivos como una fuente de financiación que puede optimizarse en la minimización de impactos ambientales negativos. En este contexto, los impuestos actúan de forma contraria como un mecanismo coercitivo.

La Comisión Económica para América Latina CEPAL- clasifica los instrumentos económicos aplicables a la gestión ambiental en cuatro grupos: - control directo - cargos, impuestos, tarifas e incentivos - Instrumentos de mercado y Regulación informal. Este capítulo, fundamenta su análisis en los dos primeros grupos, ya que sobre estos instrumentos se basa el desarrollo formal de la investigación finalizada. (Acquatella, Jean, 2001)

El control directo contiene las distintas regulaciones por niveles de contaminación, multas y sanciones penales, que se basan en los mecanismos que aplica la política ambiental para regular comportamientos ambientales adecuados. Los cargos, Impuestos y tarifas e incentivos, muestra, por un lado, la importancia del impuesto como el instrumento para la recaudación de recursos fiscales creados para modificar comportamientos ambientales negativos; y por el otro lado, los subsidios o beneficios de tipo fiscal, que buscan premiar comportamientos adecuados con el medioambiente e incentivar la inversión de tipo ambiental.

Para (Rodríguez E. P., 2015) “en Colombia se ha avanzado en la construcción de instrumentos económicos, sin embargo está en entredicho su eficiencia a la hora de impactar de manera positiva en las acciones del agente económico por cuanto no han sido exitosos para responder adecuadamente a los procesos de deterioro de la calidad ambiental; por otro lado, las autoridades ambientales ven limitadas sus posibilidades de incrementar mayores partidas presupuestales para incentivos tributarios de carácter ambiental”.

Sin embargo, no se puede desconocer la importancia de dichos instrumentos en la construcción de estrategias innovadoras empresariales quienes buscan mecanismos que permitan con comitar aspectos de la gestión ambiental certificada con inversiones rentables y limpias en los procesos de producción, consumo y explotación. Es allí donde recae la importancia de los instrumentos económicos, los cuales terminan siendo un mecanismo para toma de decisiones gerenciales que permitan incrementar la productividad con mayor eficiencia y económicamente sostenible, mejorar su imagen ante su competencia e ingresar a mercados exigentes en temas de responsabilidad ambiental y consumo responsable.

- **Impuestos y tasas ambientales en Colombia**

De acuerdo a Labandeira (1999), los impuestos ambientales se generan cuando los agentes económicos emiten sustancias contaminantes al medio ambiente y por lo tanto se presenta el hecho generador del impuesto y en consecuencia existe la obligatoriedad del pago impositivo.

El cobro del impuesto es un mecanismo de internalización de costos ambientales, que de otra manera no se reflejarían en los estados financieros de la organización, por lo tanto, es un instrumento que se activa con los precios de mercado, que garantizan, al menos en parte, la inclusión de las externalidades en los costos de los agentes económicos y que ellos a su vez, los incluyan en el análisis beneficio- costo de sus organizaciones. (Rodríguez E. P., 2015). La internalización de costos ambientales está regulada en la ley

99 de 1993 en su artículo primero donde relaciona los principios generales ambientales:

“...7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables...” (Ley 99, 1993, págs. art. 1-7)

Por lo tanto, la fundamentación económica de la imposición ambiental tiene que ver con dos situaciones: La primera se refiere a la corrección de la externalidad, y la segunda a las ventajas de usar instrumentos que descentralizan las decisiones de descontaminar en los agentes. (Jean, Acquatella & Alicia Bárcena, 2005); Por racionalidad económica, el contribuyente busca pagar menos impuestos y, por ello, los efectos del instrumento son mucho mayores que los de un estándar ambiental convencional (Rodríguez E. P., 2015, pág. 27).

- **Los impuestos ambientales y el principio “del que contamina paga”**

Según (Field & Azqueta, 1996), “cuando se aplica un impuesto, las empresas responsables de las emisiones esencialmente deben pagar por los servicios prestados por el sistema natural, de la misma manera como se paga por los demás insumos de su producción”.

El principio del que contamina paga, busca en teoría que quien más genere daños ambientales pague más impuestos y por consiguiente quien realice acciones que disminuyan dichos daños represente en la misma proporción una disminución de dicho impuesto. Con esto, el agente contaminador determinará desde la racionalidad económica la conveniencia de realizar la acción de pagar el impuesto o realizar actividades de limpiar o mejorar procesos que representen disminución de emisiones.

Sin embargo, la dinámica impositiva en Colombia, tiene aristas independientes a la asignación directa de las recaudaciones

impositivas por este concepto a actividades ambientales, ya que los impuestos verdes o ambientales llegan a las arcas del estado para ser administrado indistintamente con la prioridad ambiental, por lo tanto, el tema ambiental con respecto a impuesto termina siendo una falacia.

De acuerdo a (Rodríguez E. P., 2015) La recaudación de impuestos permite la aplicabilidad del principio de que “quien contamina Paga”, pero desde la perspectiva del impacto ambiental está siendo reevaluado, no como base imponible sino como mecanismo eficiente para preservar y proteger la especie humana de la autodestrucción. Los impuestos ambientales no han logrado evitar los daños ambientales que se pretenden minimizar por medio de mecanismos económicos.

Para Acquatella & Bárcena (2005), establecer el nivel de compensación a las sociedades que son perjudicadas por una afectación ambiental, abarca una gran gama de ámbitos que van desde afectaciones globales como el cambio climático, hasta afectaciones locales como la calidad de aire en un lugar determinado; cabe resaltar que este planteamiento, no considera la opción de beneficio tributario como oportunidad de inversión ambiental, por cuanto solo se refiere a los efectos en el cobro de un tributo de carácter ambiental y no de los incentivos que permite la norma tributaria.

2. Impuestos, tasas y retribuciones ambientales vigentes en Colombia

Al momento de elaboración de este capítulo, en Colombia existen los siguientes instrumentos económicos ambientales soportados por la legislación vigente:

- Impuesto nacional al carbono: este impuesto verde se incluye en la reforma tributaria estructural de 2016, y tiene como propósito grabar el uso y la comercialización de los combustibles fósiles “incluyendo todos los derivados del

petróleo y todos los tipos de gas fósil que sean usados con fines energéticos, siempre que sean usados para combustión” (Ley 1819, 2016, art. 221). La dinámica de dicho impuesto se basa en desincentivar el uso de combustibles fósiles para disminuir los gases de efecto invernadero. En el artículo 222 de la norma se incluye la tarifa a aplicar de \$15.000 por cada tonelada de CO₂, de acuerdo a tipo de combustible fósil y la unidad de medida. Para efectos de la determinación del costo del bien en el impuesto de renta, el impuesto al carbono será un mayor valor del mismo.

- Impuesto nacional al consumo de bolsas plásticas; Al igual que el impuesto al carbono, la reforma tributaria estructural incluye el impuesto a las bolsas plásticas aplicado a partir del 01 de julio de 2017 a toda aquella cuya finalidad sea cargar productos adquiridos en establecimientos comerciales; Igualmente, se estipula la prohibición de las bolsas de medición menor a 30X30 cm. Dicho impuesto se encuentra tipificado en la ley 1819 del 2016 artículo 512-15 del Estatuto Tributario, el cual consiste en cobrar un valor al consumidor por cada bolsa plástica que ocupe en un establecimiento de comercio, con el fin de desincentivar el uso de esta bolsa y a su vez disminuir el consumo y producción del material que genera fuerte contaminación al entorno natural como los ecosistemas y los rellenos sanitarios del país. (Anaya Flórez & Rodríguez Cely, 2018)

Este gravamen busca disminuir la problemática ambiental en los rellenos sanitarios y sus afectaciones negativas. Dicha ley establece en su artículo 207, una adición al artículo 512-15 del estatuto tributario en el cual se estipulan las tarifas a aplicar por los siguientes cinco años. Dicha tarifa inicia en \$20 para el 2017, incrementándose en \$10 anuales, hasta el 2020 con una tarifa de \$50. Igualmente, la ley 1819 (2016), contempla las bolsas plásticas que no causan impuesto como aquellas que no sean para cargar o llevar artículos adquiridos en establecimiento comercial, sean biodegradables o correspondan a productos pre empacados.

- **Transferencias del sector eléctrico:** de acuerdo a Niño (2017), las transferencias del sector eléctrico se considera un impuesto verde por cuanto buscan retribuir a los municipios afectados por la utilización de sus cuencas hidrográficas. La ley 99 de 1993 estipula en su artículo 45 que “las empresas generadoras de energía hidroeléctrica cuya potencia nominal instalada total supere los 10.000 kilovatios, transferirán el 6% de las ventas brutas de energía por generación propia, de acuerdo con la tarifa que para ventas en bloque señale la Comisión de Regulación Energética...”
- **Tasa de aprovechamiento forestal TAF.** Los cobros que se realizan por este concepto son los referentes al uso y explotación de recursos maderables y no maderables; desde esta perspectiva Lee Yhony (2013), determina que el objetivo primordial de las TAF es desestimular comportamientos inadecuados sobre el uso del recurso del bosque natural, por lo tanto, el pago de la tasa se basa en el derecho que tiene el concesionario de extraer los recursos maderables y no maderables de bosques naturales. Por otro lado, Niño (2017 pág. 18), determina que existen tres tipos de aprovechamiento forestal. El primero se refiere al uso persistente del recurso, en el cual se debe garantizar el entorno y renovación del cauce natural. El segundo es el aprovechamiento único si el uso del suelo así lo permite. El tercero es el aprovechamiento forestal doméstico que refiere a usos para satisfacer necesidades particulares e individuales de las familias.

Tributariamente hablando, el hecho generador se da por la acción de extracción de los recursos, se configura en el pago que debe realizar el concesionario y la base gravable la compone la cantidad de metros cúbicos extraídos de especies maderables especiales, muy especiales u ordinarias.

- **Tasas por utilización de aguas:** Corresponde a un cobro que se realiza a las personas naturales o jurídicas por la utilización de aguas; dichas tasas son retributivas y compensatorias, según apliquen. Los recaudos correspondientes serán destinados a

la protección y renovación de los recursos hídricos (Ley 99, 1993 Art. 43). Por su parte, Lee, Yhony (2013), afirma que la tasa por utilización de aguas permite facilitar la gestión de las autoridades ambientales en pro al cumplimiento de los objetivos de conservación y uso eficiente de agua al igual que ser una fuente financiera que permita financiar inversiones ambientalmente sostenibles que preserven este recurso vital. El hecho generador es la utilización de agua y el cobro de la tarifa dependerá del volumen de agua captada.

- **Tasa retributiva por vertimientos puntuales:** Esta tasa se creó en el decreto 2811 de 1974 y su última regulación fue en el decreto 2667 de 2012 la cual se encuentra vigente a la fecha. este cobro se realiza a la entidad que está arrojando el vertimiento puntual en un recurso hídrico determinado y su costo se calcula por la totalidad de la carga contaminante que deposita en el recurso hídrico. Los recursos recaudados son destinados a proyectos de descontaminación de aguas y monitoreo de calidad de agua (MADS, 2018).
- **Sobretasa ambiental de los peajes:** Corresponde al 5% sobre el valor del peaje, por lo tanto, el sujeto pasivo son los conductores de los vehículos que transitan por la carretera objeto del impuesto. El objetivo de cobro de esta sobretasa es generar recursos que serán destinados a compensar daños ambientales ocasionados por la construcción de carreteras en sitios de conservación ambiental. Por lo anterior, el hecho generador del impuesto lo constituye el tránsito de cualquier vehículo obligado a pagar el peaje por las vías del orden nacional que estén construidas en áreas de conservación ambiental
- **Niveles de recaudo por impuestos verdes**

De acuerdo al (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, 2018) El monto de los recaudos para la

vigencia 2017 de los instrumentos económicos y financieros del sector ambiental colombiano y que actualmente recaudan las Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones de Desarrollo Sostenible y Autoridades Ambientales Urbanas, con base en la información agregada nacional, reportada por las autoridades ambientales competentes son:

<i>Instrumento</i>	<i>Recaudo en millones de \$</i>
Transferencias del sector Eléctrico	142.725
Impuesto a la Gasolina	1.619.472
Impuesto al carbono	476.862
Tasa retributiva ' por vertimientos puntuales	55.069
Tasa por utilización de Aguas	40.458
Tasa compensatoria por aprovechamiento forestal	10.950
Sobretasa ambiental a los peajes	12.859

Fuente. Ministerio de Desarrollo sostenible 2018

Las entidades recaudadoras que controlan y vigilan el cumplimiento del pago del impuesto verde, reportan valores al corte de 2017 en los cuales se evidencia la relevancia que tienen los montos recaudados en las arcas del estado; sin embargo, no existe evidencia que dichos cobros hayan originado un cambio de comportamiento en el sujeto ambiental a uno amigable con el medio ambiente por acciones como reducir o limpiar.

3. Beneficios Tributarios en Colombia para el Mejoramiento de la Calidad Ambiental

Los instrumentos económicos contemplan los beneficios tributarios ambientales, que tienen como característica una

función de incentivo positivo a las finanzas del agente económico, aplicado cuando este se compromete a realizar procesos amigables con el medio ambiente y, por lo tanto, logra una disminución de su impacto por medio de la implementación de herramientas que permiten evitar, minimizar o resarcir afectaciones ambientales. Igualmente, los beneficios tributarios ambientales tienen un mecanismo contrario al impuesto, por cuanto se espera retribuir económicamente al contribuyente por medio de alivios en los pagos de impuestos, especialmente en los de carácter nacional, como el impuesto de iva y renta, desde una dinámica de exclusión o deducción respectivamente, sin embargo, tanto el impuesto como el beneficio tributario ambiental buscan desincentivar acciones contaminantes desde posiciones distintas.

Por definición, los incentivos como instrumento de gestión ambiental se constituyen, según la Red de Desarrollo Sostenible en Colombia (2001), como una estrategia de mejoramiento continuo de los servicios y procesos productivos, para reducir el impacto ambiental, mejorar las empresas en términos competitivos y avanzar hacia el desarrollo sostenible. Estos incentivos pretenden llevar a los agentes productores de contaminación a reducir los residuos de todo tipo, aumentar el rendimiento del uso de los recursos naturales y energéticos y mejorar la eficacia de los procesos y utilización de tecnología. (Rodríguez E. P., 2015)

“los subsidios, son estrategias que adoptan las autoridades para aumentar la eficiencia del gasto en descontaminación, así ellas premian el esfuerzo efectivo realizado por un contaminador por determinada cantidad de emisiones que reduzcan a partir de un punto de referencia, así el subsidio se convierte en una recompensa por reducir emisiones, y se configura una situación en la cual cuando una empresa escoge contaminar entonces renuncia al potencial subsidio que podría obtener si decide restringir la contaminación, lo que presenta esta alternativa como un costo de oportunidad”. (Rodríguez E. P., 2015, pág. 47)

En la actualidad existen dos formas de acceder a beneficios tributarios de carácter ambiental; la primera se refiere a las

inversiones por equipos de control y monitoreo ambiental, las cuales están reguladas y normalizadas en el estatuto tributario colombiano, en sus artículos 242 numeral 7 y art 428 literales (f) e (i) para exclusión de IVA y artículo 158-2 para deducción de Renta. El organismo de ejecución y control es la autoridad nacional de licencias ambientales ANLA.

La segunda forma de adquirir beneficios tributarios de carácter ambiental se refiere a la realización de proyectos en ciencia, tecnología e innovación, cuya finalidad sea energías alternativas o manejo de problemáticas ambientales a partir de la creación de maquinarias o instrumentos que midan y controlen algún aspecto ambiental. Dicho beneficio tributario aplicará exclusivamente para impuesto de Renta como una deducción. Cabe aclarar que este tipo de beneficio tributario no es exclusivo para proyectos ambientales, sino que pueden acceder todas aquellas organizaciones obligadas a declarar renta que realicen procesos de tecnología e innovación de cualquier índole.

Los beneficios tributarios por ciencia, tecnología e innovación son regulados por Colciencias, a través del Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación, CNBT, especializado en impulsar y analizar los temas de beneficios tributarios por actividades de investigación en todas las áreas del conocimiento. (Rodríguez E. P., 2015)

4. Certificación de Beneficios tributarios Ambientales

El procedimiento para acceder a beneficios tributarios ambientales, contempla un trámite con el organismo encargado por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible quien hace las veces de veedor del cumplimiento de requisitos mínimos que hace merecedor a la organización del beneficio tributario. La Autoridad de Nacional de licencias ambientales ANLA, regula y certifica el cumplimiento de requisitos para que se realice la deducción o exclusión de impuestos según corresponda.

La ANLA, fue creada mediante el Decreto 3573 del 27 de septiembre de 2011, como un organismo técnico con autonomía administrativa y financiera, que se encarga del estudio, aprobación y expedición de licencias, permisos y trámites ambientales. La normatividad que aplica la solicitud de los certificados ambientales para acceder a la exclusión de IVA y deducción de Renta contempla dos artículos de configuración del ET, decretos reglamentarios y resoluciones, una de ellas expedida con anterioridad a la creación de la ANLA (Rodríguez E. P., 2015).

- **Normatividad aplicable en Exclusión de IVA:** Estatuto Tributario artículo 424 numeral 7, el artículo 428 literales f e i. Decreto 2532 de 2001 y la resolución 778 de 2012.
- **Normatividad aplicable en deducción de Renta:** Estatuto tributario artículo 158.2, el decreto 3172 de 2003, la resolución 136 de 2004 y la resolución 779 de 2012.

4.1 Trámites para Solicitar la Exclusión sobre el Impuesto a las Ventas

La solicitud de certificación de deducción de IVA, es autorizado por la ANLA, con el lleno de los requisitos, documentos y formatos correspondientes. Inicialmente se debe diligenciar el formulario de solicitud incluyendo el artículo al que hace referencia la deducción, posteriormente realiza la solicitud del beneficio correspondiente a la ANLA, quien tomará la decisión de aceptar o negar la solicitud. En caso afirmativo, se especificará en la certificación si el beneficio corresponde por elementos/ equipos o maquinarias ya comprados, caso en el cual se solicita la exclusión del IVA del precio de la compra. Si la compra es nacional, el no pago de iva, si es una importación, sobre la declaración de importación sin iva. (ANLA, 2019)

4.2 Trámites para Solicitar la Deducción de Renta

Para la solicitud de deducción de renta, se diligencia el formulario correspondiente del proyecto o inversión que hace base de la

solicitud, para posteriormente realizar la solicitud de certificación a la ANLA según la resolución 136 del 2004 y 779 de 2012. Dicha entidad analizará los documentos presentados y decidirá la aprobación o negación de la solicitud.

De ser aceptada, la deducción de Renta se debe hacer de acuerdo a las inversiones realizadas en el respectivo año gravable. Se pueden acreditar obras por realizar, realizadas o en ejecución teniendo en cuenta que la certificación debe obtenerse de manera previa a la declaración de Renta (ANLA, 2018).

Las solicitudes de certificaciones para deducción de Renta y exclusión de IVA, serán sujetos a una evaluación por parte de la ANLA en la cual se cubrirán los procedimientos de revisión de los requisitos legales, determinando cumplimiento mínimo de requisitos establecidos en la solicitud de certificación, la evaluación técnica en la que se revisan los equipos y maquinaria que se van a incorporar, los requisitos técnicos ambientales tales como programas y normativa, se verifica el monto del beneficio y se genera el concepto que recomienda la viabilidad, no viabilidad o viabilidad parcial de la solicitud. Finalmente, el Comité Beneficios Tributarios evalúa las solicitudes y los conceptos evaluados, los cuales se ponen a discusión para ser aprobados o no aprobados. Los trámites ante la ANLA, tienen un tiempo aproximado de 75 días desde el momento en que reciben a conformidad los documentos y emiten la certificación. (Rodríguez E. P., 2015)

5. Aplicación de Instrumentos Económicos Ambientales en las Organizaciones Boyacenses

Las empresas encuestadas se clasificaron en cuatro categorías o grupos industriales, teniendo como referencia la clasificación realizada en el informe de categorización por departamentos realizado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MinCIT. Para tal fin, se tuvo en cuenta las características afines a sus actividades económicas: Minería; Siderúrgica, construcción

y eléctricos, servicios sociales y Comunales, de electricidad gas y agua y otros servicios (Véase Tabla 7).

Tabla 7. Composición de las Categorías o Grupos Industriales

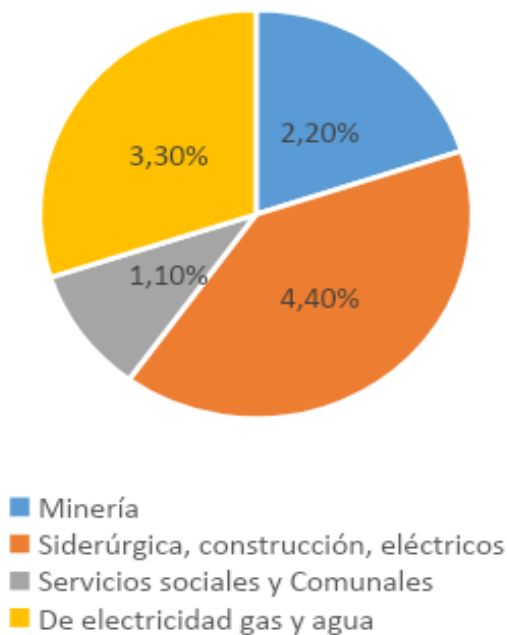
CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN	No. Empresas Encuestadas
Minería	Incluye las empresas que desarrollan actividades, tales como la explotación de carbón metalúrgico, la comercialización de combustibles sólidos y afines.	2
Siderúrgica, construcción, eléctricos	Lo componen las empresas que producen, acero, productos eléctricos, ladrillos y bloques.	4
Servicios Sociales y Comunales	En este grupo se encuentran las entidades del Estado, las de educación superior y las fundaciones de carácter privado.	1
De electricidad, gas y agua	Lo conforman actividades de comercialización y distribución de energía, de agua y la recolección de residuos sólidos.	3

Elaboración Propia

Los resultados que se sustentan en el presente capítulo están basados en tres de las cinco áreas desarrolladas en la investigación-información financiera - conocimiento tributario - conocimiento y aplicación de beneficios tributarios. Con referencia a la clasificación anterior, y la construcción de las cuatro categorías de empresas, se

realiza un análisis porcentual para medir la participación (Véase figura 3).

Figura 3. Participación porcentual por Categoría de la Muestra



Elaboración Propia

Las cuatro categorías de la muestra analizada se dinamizan con las diez empresas encuestadas, de las cuales el 40% corresponde al sector de siderúrgicas, las cuales desarrollan líneas de producción para la construcción de infraestructuras diversas, el 30% corresponde a empresas de servicios públicos domiciliarios de agua, energía y aseo, que se encuentran ubicados en Tunja (Boyacá) y sus alrededores, el 20% corresponde al sector minero, específicamente el desarrollo de la explotación de carbón y coque; finalmente un 10% de servicios sociales que corresponde a la CAR Boyacá cuya importancia en la regulación y control de actividades ambientales son relevantes para este estudio.

5.1 Metodología Aplicada

La población objeto de estudio corresponde a las empresas ubicadas en el corredor industrial boyacense de los cuales se realizaron encuestas a empresarios escogidos por conveniencia por el método no probabilístico.

La metodología empleada se basó en un análisis descriptivo con enfoque Mixto lo que representa una integración de los métodos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio, con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010) recolectándose información primaria de 10 empresas boyacenses, de las cuales el 50% son grandes empresas y el 50% restante son pequeñas y medianas empresas - PYMES.

5.2 Encuestas a Empresarios

Para efectos del presente capítulo se toma como base tres de las cinco áreas de evaluación, cada una contiene ocho preguntas, para un total de 24. Las áreas evaluadas son: I. Información Financiera, II Conocimiento Tributario y III. Conocimiento y Aplicación de Beneficios Tributarios Ambientales. (Rodríguez E. P., 2015)

- **Información Financiera**

En el área de información financiera los aspectos relevantes que se tuvieron en cuenta en el análisis lo componen las acciones económicas basadas en fuentes y usos de la organización sobre las cuales se toman decisiones estratégicas. Específicamente se analizan las estrategias que desde la gestión ambiental se desprenden, asignación de rubros presupuestales, inclusión de cuentas ambientales en los principales estados financieros, internalización de costos ambientales, decisiones inversionistas con respecto a la adquisición de maquinaria y equipo para protección ambiental, asignación de rubros en estrategias referentes a la implementación de sistemas de gestión medioambiental que soporten las acciones y

decisiones ambientales, obligatoriedad del pago de impuestos nacionales de IVA y Renta, asignación de cuentas de provisión y contingencias para daños ambientales, entre otros.

- **Conocimiento Tributario**

Esta área es la base de esta investigación por cuanto contiene información relevante para determinar los impuestos verdes a los que está obligado a responder y la conveniencia del uso de beneficios tributarios ambientales en el pago de impuestos nacionales de IVA y Renta.

También se analiza la robustez en el manejo estratégico de impuestos e incentivos a partir de los cuales se toman decisiones estratégicas en pro de mejorar la eficiencia en los flujos de efectivo, en relación con los beneficios que ofrecen las reformas tributarias. Igualmente se analiza la obligatoriedad del cumplimiento de normativa ambiental tales como cumplimiento de estándares ambientales, conocimiento de la existencia de beneficios tributarios en la adquisición de equipos y elementos nacionales o importados para la construcción, instalación o montaje para sistemas de control y monitoreo para el cumplimiento de las regulaciones y estándares ambientales. Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR, acciones de minimización de impactos ambientales negativos que conlleven a un beneficio tributario específico de acuerdo al sector al que pertenece.

- **Conocimiento y Aplicación de Beneficios Tributarios Ambientales**

El fin último de esta área es determinar el nivel de conocimiento y aplicación específica de beneficios tributarios ambientales en las organizaciones encuestadas. Se diferencian dos aspectos relevantes en este apartado; el primero se refiere al conocimiento de la existencia de la norma tributaria

ambiental, la concienciación de la empresa a partir de la posibilidad de aplicación a los mismos, pero sin realizarlo y la segunda se refiere a la aplicación efectiva del beneficio tributarios ambiental realizando los trámites en las entidades tales como la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, quien certifica el beneficio tributario y la Dirección de impuestos y aduanas nacionales DIAN quien autoriza la aplicación del mismo en el pago de impuestos nacionales de IVA y RENTA por medio de la deducción y exclusión. Por otro lado, se analiza la socialización de actividades ambientales en los diversos informes de sostenibilidad o de gestión que presenta cada organización .

5.3 Ponderación de las encuestas

Con base en la estrategia de la investigación realizada por (Rodríguez E. P., 2015), se determinan los siguientes intervalos de calificación, teniendo en cuenta que cada pregunta contenía cinco posibilidades de respuesta. Las respuestas totalmente afirmativas se ponderaban con 5.0 y 4.0, las respuestas medias 3.0, las respuestas negativas 2.0 y 1.0, y no sabe no responde 0.0. Con base en lo anterior, se determinaron cuatro niveles de respuesta cuya explicación se extracta de (Rodríguez E. P., 2015, pág. 43).

- **Nivel de Fortalecimiento: (de 100% a 75,5%, de respuestas afirmativas)**

Este intervalo, representa las empresas con programas de gestión ambiental que están en ejecución o en evaluación, Por lo tanto, se puede inferir que presenta un alto compromiso con prácticas ambientales. La empresa ha trazado un camino consistente de liderazgo que le permitirá ser referenciada por otras, por cuanto posee estrategias financieras basadas en la gestión ambiental e inversión responsable.

- **Nivel de Mejoramiento:(entre 75% a 50,5%, de respuestas afirmativas)**

Este intervalo, representa las empresas que han incorporado en su gestión algunas prácticas de cuidado ambiental, sin embargo, estas se encuentran en etapa de implementación o de estudio. Son conscientes de la responsabilidad que tienen con respecto a sus acciones con el medioambiente pero que son incipientes, incompletos o con falencias importantes. En esta categoría se encuentran empresas que aún no tienen un sistema de gestión ambiental completamente estructurado, por lo tanto, las decisiones no se basan en información ambiental relevante.

- **Nivel de Alerta: (de 50,4% a 25,5%, de respuestas afirmativas)**

Son organizaciones cuyas actividades de gestión ambiental están limitadas al estricto cumplimiento normativo que las rige, por lo tanto, no realizan actividades voluntarias que mejoren la situación ambiental de la organización y no están interesados en realizar inversión para control y monitoreo ambiental diferente al impuesto por ley. Estas empresas carecen de actividades para aprovechamiento de beneficios tributarios ambientales.

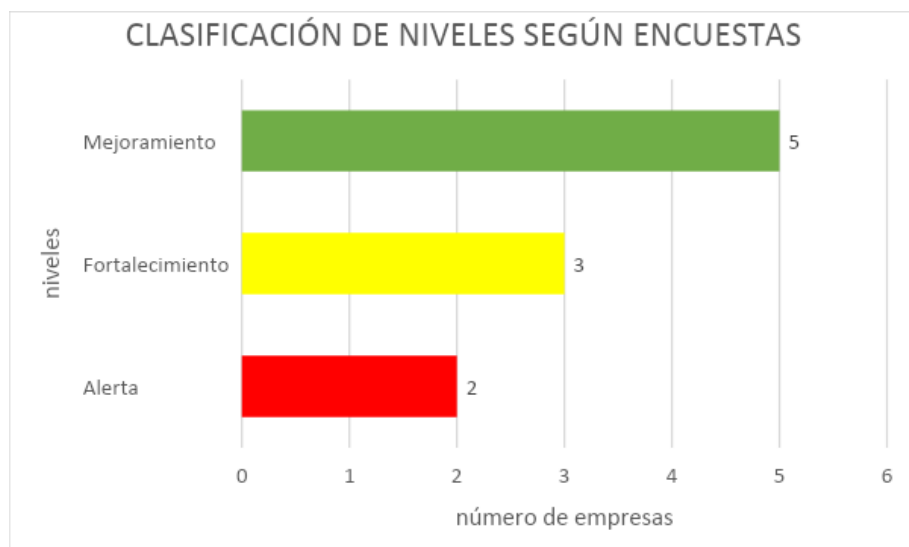
- **Nivel Crítico (de 25,4% a 0%, de respuestas afirmativas)**

Es el intervalo más bajo de la tabla, lo que representa que la empresa, aunque realiza algunas actividades de cuidado ambiental, no corresponde a una decisión estratégica ni formal. Se evidencia falta de interés en desarrollar inversiones ambientales. Dichas empresas no cumplen con los requerimientos mínimos de ley de acuerdo con la actividad de explotadora o de producción que realiza como objeto social. Corren un alto riesgo de ser cerradas, clausuradas y multadas por el incumplimiento normativo.

5.4 Resultados Generales por estándares de calificación

En este apartado se analiza las ponderaciones de los resultados generales en las encuestas, los cuales desarrollan las principales puntuaciones en el espacio de fortalecimiento, seguido por mejoramiento, alerta y crítico (véase figura 4)

Figura 4. Resultados por Niveles Analizados



Elaboración Propia

En este sentido, la ponderación de “Fortalecimiento” fue calificada por cinco empresas encuestadas que traduce en prácticas ambientales basadas en la aplicación de beneficios tributarios ambientales en pro de mejorar la gestión ambiental de procesos productivos del bien o servicio, realizando inversiones respaldadas por las certificaciones de las entidades competentes. En el caso de la ponderación “mejoramiento”, clasificaron tres empresas lo que traduce que apoyan algunos procesos de gestión ambiental, reconocen los beneficios tributarios ambientales pero no los aplica de manera general en sus procesos, desaprovechando aspectos que mejorarían las decisiones de flujos de caja, optimización

de sistemas de gestión ambiental e inversión en activos para el mejoramiento ambiental, entre otros. A su vez, la ponderación de “alerta”, incluyen las respuestas de dos empresas cuya obligatoriedad ambiental en procesos de disminuir impactos es relevante, sin embargo, no desarrollan actividades de minimización diferentes a los requerimientos relacionados con permisos o licencias de funcionamiento, por lo tanto, desarrollan una gestión ambiental incipiente o incompleta. Cabe destacar que ninguna de las diez empresas encuestadas calificó en la sección “crítica” que representa una ausencia de gestión ambiental en las organizaciones.

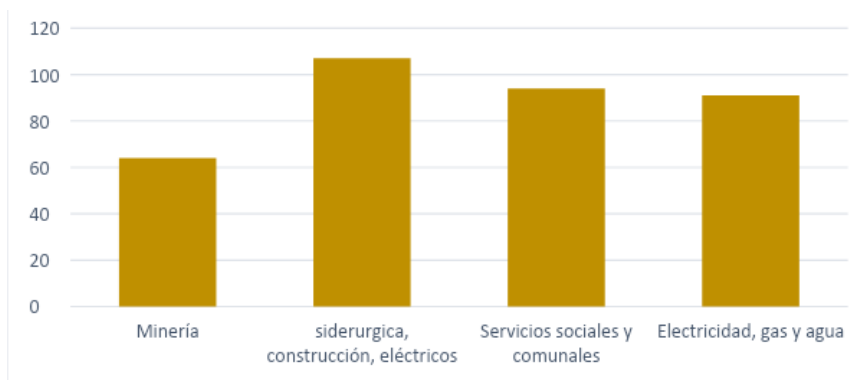
6. Análisis de Resultados

Las categorías establecidas y previamente explicadas, se relacionaron con las tres áreas que se extractan de la investigación finalizada, las cuales son: Información Financiera, Conocimiento Tributario y, Conocimiento y Aplicación de Beneficios Tributarios Ambientales:

6.1 Información Financiera

De acuerdo a (Rodríguez E. P., 2015), en esta área se determinan las características financieras y fiscales que tiene cada una de las empresas encuestadas. Las preguntas son específicas sobre estados financieros y temas tributarios, especialmente en lo referente a Renta e IVA. (Véase figura 5)

Figura 5. Resultados por categorías. Información Financiera

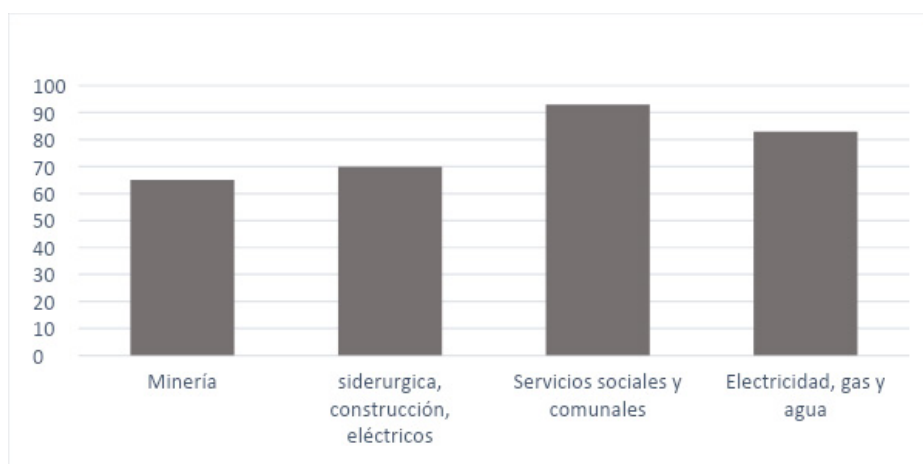


En los sectores evaluados para las empresas boyacenses encuestadas se observa que las mayores ponderaciones se encuentran distribuidas en siderúrgica, construcción y eléctricos con 107 puntos por servicios sociales (Corpoboyacá) 94 puntos y electricidad gas y agua 91 puntos. Se evidencia una ponderación baja en aspectos financieros en la categoría de minerías por cuanto solo alcanzaron a 64 puntos.

6.2 Conocimiento Tributario

Para (Rodríguez E. P., 2015), el conocimiento tributario se enfoca en las *encuestas* realizadas midiendo el reconocimiento sobre beneficios tributarios ambientales, específicamente los referentes a Producción Limpia - Exclusión de IVA y deducción de Renta. (Véase figura 6)

Figura 6. Resultados por categorías. Conocimiento Tributario



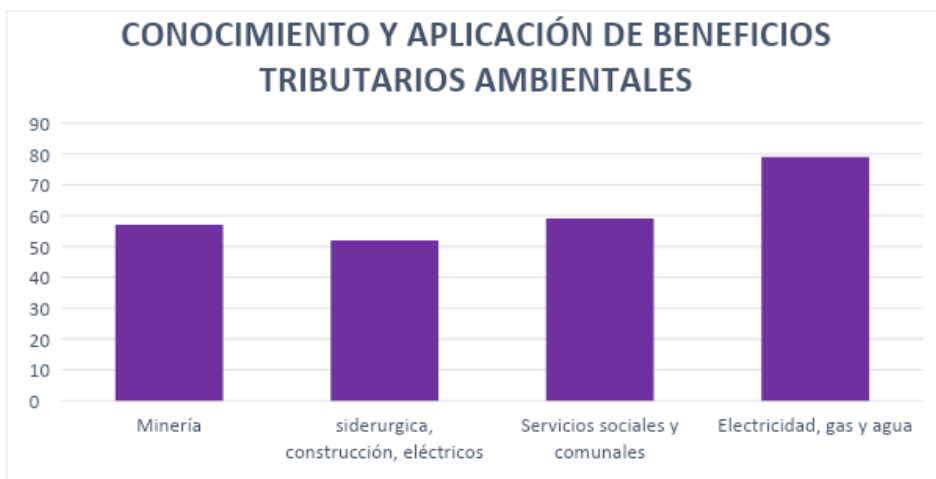
Los resultados obtenidos en estas áreas son concomitantes con el área de información financiera, ya que los sectores que encabezan las ponderaciones superiores son los mismos pero se modifican el orden de importancia por cuanto encabeza servicios sociales con 93 puntos, seguido por electricidad gas y agua 83 puntos y siderúrgicas construcción y eléctricos 70 puntos; sin embargo se denota una disminución generalizada de ponderaciones con

respecto a información financiera, lo que permite inferir que la especificación del tributo ambiental genera algunas dudas por la característica de información específica.

6.3 Aplicación de Beneficios Tributarios Ambientales

En esta área, se establece qué empresas conocen y certifican beneficios tributarios ambientales del grupo de Producción Limpia, específicamente exclusión de IVA y deducción de Renta; También se determina si la empresa realiza análisis de tipo financiero para determinar posibilidades de inversión desde la perspectiva de la gestión ambiental (Rodríguez E. P., 2015). (Véase figura 7)

Figura 7. Resultados por categorías. Conocimiento y Aplicación de Beneficios Tributarios Ambientales



Esta área contiene las ponderaciones más bajas del estudio, cuyos resultados generalizados evidencia poco conocimiento y uso de instrumentos ambientales referentes a la aplicación efectiva de beneficios tributarios ambientales. A partir de lo anterior, se observa que la categoría de Electricidad, Gas y Agua tiene las mayores ponderaciones, lo que infiere un uso de las certificaciones tributarias para activar los beneficios tributarios ambientales como exclusión de iva y deducción de renta. Las demás categorías

muestran un conocimiento limitado sobre el uso y aplicación de beneficios tributarios de este instrumento ambiental.

7. Análisis de Resultados obtenidos

Con el objetivo de analizar el grado de afinidad entre las tres áreas evaluadas, se realizó la matriz de análisis de correlación de Pearson (Véase Tabla 2). De acuerdo a Rodríguez E. P. (2015). Los parámetros estimados en la matriz corresponden a los totales de las ponderaciones de cada área evaluada en las encuestas a empresarios – Información Financiera IF- Conocimiento Tributario CT – Conocimiento y Aplicación de Beneficios Tributarios Ambientales BT

Tabla 8. Análisis de Correlación de Pearson - Áreas evaluadas en la Encuesta.

		TOTAL_IF	TOTAL_CT	TOTAL_BT
TOTAL_EE	Correlación de Pearson	0,679**	0,316	0,030
	Sig. (bilateral)	0,001	0,188	0,902
	N	19	19	19
TOTAL_PM	Correlación de Pearson	0,598**	0,592**	0,282
	Sig. (bilateral)	0,007	0,008	0,242
	N	19	19	19
TOTAL_IF	Correlación de Pearson	1	0,580**	0,499*
	Sig. (bilateral)		0,009	0,030
	N	19	19	19
TOTAL_CT	Correlación de Pearson	0,580**	1	0,769**
	Sig. (bilateral)	0,009		0,000
	N	19	19	19

TOTAL_BT	Correlación de Pearson	0,499*	0,769**	1
	Sig. (bilateral)	0,030	0,000	
	N	19	19	19

Cabe destacar que las tres áreas analizadas tienen una relación estrecha por cuanto pertenecen a aspectos económicos relevantes en la toma de decisiones de la organización, ya que abarca tópicos tributarios, contables y financieros que vislumbran las actuaciones en la construcción de los informes de gestión para usuarios internos y externos.

“La variable más destacada de la matriz es IF, dado que como se observa, los coeficientes alcanzaron pesos de entre 0,499 y 0,679. Esta variable está altamente relacionada con todas las demás observadas. Esta combinación coincide con la hipótesis de que dichas variables representan la complejidad organizativa basada en aspectos financieros que mueven y estimulan las inversiones ambientales. (Rodríguez E. P., 2015, pág. 114)

Conclusiones

- Los instrumentos económicos ambientales en Colombia se fundamentan en la legislación vigente, la cual evalúa las actuaciones del agente económico en dos caminos: el impuesto o el incentivo. El primero se basa en el principio del que contamina paga; en tanto el segundo premia las acciones voluntarias en pro del medio ambiente a partir de descuentos de impuestos nacionales en forma de deducción y exclusión
- Con respecto a la aplicación de impuestos verdes, se determina su eficiencia desde la perspectiva de la recaudación, pero no hay evidencia que demuestre que el principio del que contamina paga, incentive cambios genuinos en el comportamiento del

agente económico frente a la disminución de impactos negativos al medio ambiente.

- Desde la perspectiva de los beneficios tributarios ambientales, Colombia posee una reglamentación robusta que respalda acciones positivas en los flujos de efectivo de las organizaciones versus las acciones amigables realizadas por las empresas en el ejercicio de la adquisición de maquinaria y equipo para protección ambiental, sin embargo, este mecanismo no es de conocimiento generalizado lo que representa que las empresas no se benefician.
- Los resultados del trabajo de campo evidencian que las organizaciones con mejores prácticas de gestión ambiental y las que poseen mayores conocimientos en aspectos tributarios y el uso de beneficios tributarios ambientales son las grandes organizaciones que pertenecen a las categorizaciones de servicios públicos domiciliarios y siderúrgicos de la región evaluada.
- Con respecto a los trámites de certificación ante la ANLA, las empresas tienen una predilección por certificar exclusiones de IVA por cuanto son a corto plazo y sus dinámicas a nivel de flujos de efectivo son eficientes.
- Los resultados generales del estudio concluye que las empresas encuestadas tienen grados de desconocimiento de la norma tributaria ambiental, especialmente en aspectos de beneficios tributarios ambientales y en la certificación de los mismos, situación que se evidencia con más relevancia en las PYMES del sector minero; por lo anterior, las empresas pequeñas y medianas encuestadas desaprovechan las oportunidades de inversión en protección ambiental que apalancan los beneficios tributarios ambientales en lo referente a producción limpia.
- Las PYMES encuestadas basan sus decisiones de gestión ambiental al cumplimiento estricto de la norma ambiental

que los rige restando importancia a acciones voluntarias en el mejoramiento de la calidad ambiental en los procesos de producción y explotación.

Bibliografía

Acquatella, Jean. (2001). *Aplicación de los Instrumentos Económicos en la Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.

Anaya Fórez, E., & Rodríguez Cely, E. P. (2018). Política Pública Fiscal Ambiental. Una mirada desde la aplicabilidad de impuesto a las bolsas plásticas en Colombia. *Revista Adversia*, 1-9.

ANLA. (08 de 06 de 2018). *Portal Anla*. Obtenido de: <http://portal.anla.gov.co/funciones-anla>

ANLA. (3 de 04 de 2019). *www.anla.gov.co*. Obtenido de Anla.

Decreto 2811, Por el cual se Dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Presidencia de la República de Colombia 18 de 12 de 1974).

Field, B., & Azqueta, D. (1996). *Economía y Medio Ambiente*. Santafé de Bogotá: Panamericana.

Jean, Acquatella & Alicia Bárcena. (2005). *Política Fiscal y Medioambiente*. Santiago de Chile: CEPAL.

Labandeira, X. (1999). *Diseño y funcionamiento de impuestos ambientales*. España: Universidad de Vigo.

Lee, Yhony. (16 de 12 de 2013). *Análisis de impuestos verdes*. Obtenido de: <https://www.gerencie.com/analisis-de-los-impuestos-verdes-iii-tasa-de-aprovechamiento-forestal.html>

Ley 1819. (29 de diciembre de 2016). *Congreso de la República*. Bogotá: Diario Oficial No. 50.101 de 29 de diciembre de 2016.

Ley 99. (22 de 12 de 1993). *Congreso de la República*. Bogotá: Diario Oficial No. 41.146, de 22 de diciembre de 1993.

MADS. (08 de 06 de 2018). *Tasa Retributiva por vertimientos Puntuales*. Obtenido de: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1434-plantilla-negocios-verdes-y-sostenibles-51>

MinCIT. (05 de 05 de 2015). *Mincomercio Industria y Turismo*. Obtenido de: <http://www.mincit.gov.co/publicaciones.php?id=16724>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de 12 de 2016). *Los tributos a verdes de la reforma tributaria nos ayudan a cumplir con las metas ambientales del País*. Minambiente. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2602-los-tributos-verdes-de-la-reforma-tributaria-nos-ayudan-a-cumplir-con-las-metas-ambientales-del-pais-minambiente>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. (2018). *Recaudos Anuales instrumentos Económicos y financieros, 2017*. Bogotá: MADS.

Niño, J. (2017). *Tributación Ambiental en Colombia*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Rodríguez, E. P. (2015). *Beneficios Tributarios en Colombia. Oportunidades de Gestión e Inversión Ambiental en las Empresas Cundiboyacenses*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación 5ta. Ed.* México: McGraw-Hill.

