



## INGENIERÍA AMBIENTAL

### ALTERNATIVAS DE SOSTENIBILIDAD DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE CON ENFOQUE DE CICLO DE VIDA

Alejandro Giraldo Cardona  
Sergio Muñoz Penagos  
Oscar David Rodríguez López



Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales

VIGILADA MIMEDUCACIÓN

Obra de Iglesia  
de la Congregación



Hermanas de la Caridad  
*Dominicas de La Presentación*  
de la Santísima Virgen

**AGROINDUSTRIA DEL AGUACATE**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Ambientales**

**Asesor:**

**Javier Mauricio Naranjo Vasco**

**Autores:**

**Alejandro Giraldo Cardona**

**Oscar David Rodríguez López**

**Sergio Muñoz Penagos**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES**

**FACULTAD**

**INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**MANIZALES**

**2022**

# **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a nuestros padres quienes con su amor, esfuerzo y dedicación nos apoyan en el cumplimiento de todos nuestros proyectos, sueños y ambiciones.

Agradecer a los profesores y a la directora del programa, quienes dedicaron tiempo valioso para enseñarnos técnicas importantes para el desarrollo profesional, teniendo paciencia, determinación y aclarando todas nuestras inquietudes.

# Contenido

INTRODUCCIÓN.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
JUSTIFICACIÓN .....	14
OBJETIVOS.....	18
Objetivo general .....	18
Objetivos específicos .....	18
CAPÍTULO I: ECODISEÑO Y CÁLCULO DE HUELLAS EN LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE. ....	19
1.    Huellas Ecológicas y Principios de Economía Circular.....	20
2.    Huella de Carbono y Cambio Climático.....	23
2.1 ¿Qué es el cambio climático? .....	23
2.2 Sectores productivos y sus contribuciones.....	24
2.3 NAMA (Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación) del sector. ....	27
2.4 Huella de Carbono y Cálculo AFOLU. ....	29
3    Huella Hídrica Ahorro y Uso Eficiente del Agua.....	35
3.1 Introducción.....	35
3.2 Relación entre Huella hídrica y uso eficiente del agua con límites planetarios y cambios globales. ....	37
3.3 Importancia de la Huella Hídrica y uso eficiente del agua desde un enfoque de sostenibilidad en la cadena productiva.....	41
3.4 Comparación de las características del agua azul y verde.....	42
3.5 Guía metodológica:.....	43
4    Ecodiseño.....	48
4.1 Introducción al Ecodiseño.....	48
4.2 Relación entre ecodiseño y economía circular. ....	50
4.3 Importancia del ecodiseño desde un enfoque de sostenibilidad en la cadena productiva. ....	53
4.4 Importancia de la implementación de la matriz MET y la Rueda de Lids en una alternativa de ecodiseño.....	54
4.5 Matriz MET y rueda estratégica del ecodiseño (Anexo):.....	55
CAPÍTULO II: VALORIZACIÓN DE RESIDUOS.....	57
1.    Esquemas conceptuales de los residuos generados en la cadena productiva del aguacate, analizando los principales residuos, características y potencial de valorización. ....	58

2. Justificación de la importancia del manejo del residuo sólido de la cadena productiva del aguacate y su valorización considerando el marco normativo colombiano (PECTIA, CONPES, Estrategias de economía circular) .....	61
3. Identificación del residuo de la semilla de aguacate, y el análisis del impacto ambiental de su implementación en términos de emisión de gases efecto invernadero. ....	64
CONCLUSIONES.....	68
ANEXOS.....	70
Bibliografía .....	84

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis del modelo Canva para el uso de los residuos provenientes del aguacate. ....	22
Tabla 2. Resultados obtenidos con la herramienta EX-ACT desarrollada con el aplicativo de Excel .....	32
Tabla 5. Pesticidas .....	33
Tabla 6. Fertilizantes sintéticos.....	33
Tabla 4. Uso de fertilizantes orgánicos.....	33
Tabla 3. Parte del balance por gases de efecto invernadero, en tCO <sub>2</sub> eq. ....	33
Tabla 7. Usos potenciales de los residuos del aguacate .....	59
Tabla 8. Biorrefinería para el aprovechamiento del aguacate descartado en la producción. ....	60
Tabla 9. Impactos ambientales asociados al aprovechamiento de los residuos .....	67

# ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.Principales Zonas Productoras. Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales.....	15
Ilustración 2. Estado actual de los “Límites planetarios” .....	40
Ilustración 3. Implicaciones de la ecoeficiencia .....	50
Ilustración 4. Aprovechamiento de los residuos del aguacate .....	62

# ANEXOS

Anexo 1. Mapa mental Grupal.....	70
Anexo 2. Mapa mental Sergio .....	71
Anexo 3. Mapa mental Óscar .....	72
Anexo 4. Mapa mental Alejandro.....	73
Anexo 5. Cuadro Problemáticas ambientales y socioambientales alrededor del cultivo de aguacate .....	75
Anexo 6. Certificado módulo virtual Óscar.....	76
Anexo 7. Certificado módulo virtual Alejandro .....	77
Anexo 8. Certificado módulo virtual Sergio.....	78
Anexo 9. Matriz de MET.....	80
Anexo 10. Rueda de Lids.....	81
Anexo 11. Tabla de valorización .....	83

# INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill) es una fruta originaria del centro y este de México, el consumo de esta fruta data de aproximadamente 10.000 A.C en el municipio de Coxcatlán, Puebla, lugar en donde se encontraron además vastas plantaciones de la fruta. (Yabrudy Vega, 2012) Antes de la época de la colonización, México era el único país en donde se daba la planta, pero posteriormente hacia el siglo XVI en la época de la colonización, la ambición adquisitiva de los colonizadores llevó a distribuir no solo cultivos de aguacate, sino también otras plantas provenientes de otros países a través de Sudamérica. (Galeano, 1994)

El descubrimiento de esta zona es muy importante para la producción agrícola ya que por la gran cantidad de biodiversidad se pudieron establecer fácilmente cultivos de gran variedad de plantas, y esto es gracias tanto a su ubicación geográfica, como también a la influencia volcánica que ha tenido la parte occidental del continente, en donde se forma la cordillera de los Andes. Esta influencia volcánica le ha dado a la cordillera la característica de tener suelos con un nivel alto de fertilidad, pudiendo así encontrar una alta variedad de especies vegetales, y a su vez, especies de fauna que decoran ecosistemas únicos en el mundo. (Hernández, 2015)

Colombia ha sido privilegiado por su ubicación geográfica, ya que hay zonas en el territorio nacional que tienen suelos fertilizados por los materiales volcánicos, que son aprovechados para el crecimiento de las plantas tanto nativas como endémicas del territorio. En Colombia se pueden encontrar todos los pisos térmicos existentes, esta es una de las razones de su excelente biodiversidad. A través de la historia se han establecido cultivos de muchas plantas exóticas y foráneas en el país, y este es el caso del aguacate, el cual llegó al país en la época de la colonización, sumándose a las muchas especies vegetales que fueron sembrados en el país con fines económicos,

arrasando con gran parte de la biodiversidad, y deteriorando la salud de los pueblos que debían trabajar largas horas para sacar las cosechas. Posterior a la época de la colonización tanto el aguacate como otras plantas, fueron establecidas como principales caminos para el crecimiento de la economía nacional, aprovechando la gran diversidad ecológica que tiene Colombia. (Galeano, 1994)

A través de los años, el aguacate ha tenido diferentes usos: sus hojas, cáscaras, semillas y corteza se usa para extraer aceites que se aplican de forma medicinal; además se usa como materia prima en la fabricación de shampoo y cosméticos como cremas, aceites para la protección de la piel. Y la principal aplicación de la fruta es en el consumo alimenticio o en pulpa procesada. (Triana Vallejos & Gutierrez Leal, 2016)

Colombia representa el cuarto más productivo de a nivel mundial. El aguacate se puede sembrar desde el nivel del mar hasta casi los 2500 m.s.n.m, es por esta razón que en Colombia se han establecido cerca de 8,000 hectáreas de unas 10 variedades diferentes, en donde las zonas aptas para los cultivos están desde los 300 y los 2,500 m.s.n.m. Al día de hoy, departamentos como Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca y Quindío, representan casi el 86% de la totalidad del área sembrada en Colombia. (Agricultura, 2020)

En el país se han identificado diversos beneficios tanto económicos como sociales en torno a los cultivos de aguacates, alrededor de 62 mil personas se ven involucradas de forma directa e indirecta en los diferentes eslabones de la cadena productiva del aguacate. (Agricultura, 2020). Igualmente, si no se tiene un adecuado manejo de los cultivos de aguacate, se tendrán alteraciones en lo ambiental y lo social, ya que, al no tener un buen protocolo de los agroquímicos usados en los cultivos, se puede alterar el recurso suelo, el aire y el agua.

El presente artículo pretende analizar alternativas de sostenibilidad de la cadena productiva del aguacate con enfoque en el ciclo de vida y economía circular para el municipio de Pensilvania ubicado en el departamento de Caldas, con el fin de afianzar los procesos productivos de una forma social, económica y ambientalmente sostenible. Asimismo, se identificarán algunos factores que afectan la producción de aguacate e identificar los impactos socioeconómicos y ambientales que trae el proceso de producción de esta fruta en el municipio.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aguacate es una fruta la cual se ha sabido explotar en Colombia, generando interés por empresas agrícolas para la producción de aguacate, más específicamente en zonas como la del departamento de Caldas, debido a sus terrenos de alta montaña, agua abundante, clima tropical y una producción de dos grandes cosechas anuales las cuales ha generado buenos balances de la producción de la fruta en el suelo colombiano.

Para el departamento de Caldas el cultivo y producción de aguacate, es una actividad agrícola que genera miles de empleos directos a lo largo del departamento, como en los municipios de Manzanares, Salamina, Aguadas y Supía, pero el punto central en el que este trabajo se apoyará es en la producción de esta fruta en el municipio de Pensilvania, situado al norte del departamento, en donde se cuentan con más de 2.000 hectáreas sembradas para la producción de aguacate, lo que para Caldas significa el 40% de todas las ventas de aguacate Hass en el departamento, generando cerca de 800 empleos directos y 1.000 en época de cosecha únicamente en Pensilvania. (Rios, 2018)

El cultivo del aguacate implica el uso de grandes hectáreas de tierra que en muchos casos tienen una cubierta vegetal nativa la cual es removida provocando la pérdida de hábitat para muchas especies animales y vegetales, afectando el suelo, el agua y el aire. (Díaz Paz C. J., 2022)

Dentro del auge de la cosecha de aguacate, también ha aumentado la preocupación de las organizaciones medioambientales y de especialistas, los cuales advierten el fuerte impacto ambiental que genera, apenas, el cultivo de aguacate, sin siquiera estimar los impactos ambientales que hay en etapas posteriores. Tanto así, que en base con información de diversas organizaciones ambientalistas y sociales, se logró identificar que el aguacate es un gran consumidor de agua, genera tanto consumo que le disputa este recurso a los bosques nativos. Además de la deforestación que se genera desde

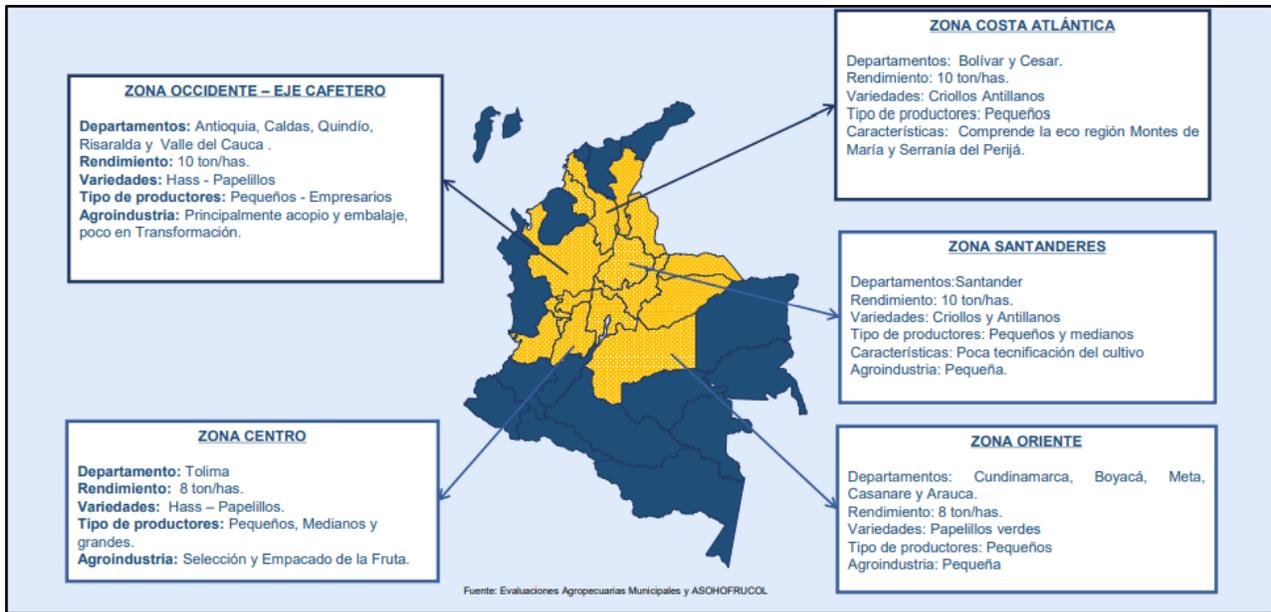
la alta montaña, en un análisis con datos de Water Footprint Network, se estimaron que para el cultivo de aguacate se necesitan 2.000 litros de agua para producir solo un kilo de aguacate; cuatro veces lo que necesitan las naranjas y 10 veces los tomates. Es habitual ver cultivos en vastas zonas de bosques talados en zonas de alta riqueza hídrica; muchos de ellos heredados de antiguas haciendas ganaderas (Cero Setenta, 2021)

A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta el fuerte impacto que genera la siembra del aguacate en el departamento de Caldas, se realizó un cuadro donde se pueden apreciar un poco mejor y de manera general las problemáticas ambientales y los conflictos socioambientales que genera la siembra del aguacate en Caldas. (*Ver Anexo 5*)

# JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales motivos para la producción de Aguacate Hass es su gran valor nutricional y energético que causa en la salud de las personas, ya que el aguacate es considerado un superalimento debido a sus cualidades, posee alrededor de 80% de ácidos grasos monoinsaturados, 13% de ácidos grasos poliinsaturados y 16% de ácidos grasos saturados. (Davenport., 2013) Esta fruta es utilizada para preparar diferentes platillos por la ventaja de consumirse crudo, la pulpa es utilizada en remedios caseros para mejorar la visión, problemas intestinales, úlceras bucales y estéticamente para tratar las estrías, el cabello y la piel seca, eliminar la caspa, entre otros. (Triana Vallejos & Gutierrez Leal, 2016). Asimismo, el consumo de aguacate tiene una gran demanda a nivel mundial, porque a parte de su rico sabor, ligereza al consumir y una buena suplementación al combinarse con diferentes comidas, es una fruta muy saludable con múltiples beneficios para las personas en su dieta alimenticia. (Gonzáles Asías, 2021)

Por lo mencionado anteriormente, Colombia y especialmente en Pensilvania, municipio perteneciente al departamento de Caldas, viene incursionando hace varios años en la producción de aguacate de tipo exportación, ya que por su ubicación y climatología presenta las características adecuadas para que este cultivo dé constantes frutos de excelente calidad y sea posible una gran oferta del mismo. Dentro de la cadena productiva del aguacate en Colombia, se encuentran los productores de la materia vegetal, las industrias de procesamiento, los proveedores de insumos, los comercializadores, entre otros, que acompañan el proceso como el Instituto Colombiano Agropecuario ICA y el SENA; y se valora que más de 13.000 productores dependen económicamente del cultivo de este fruto (Finagro, 2018)



*Ilustración 1. Principales Zonas Productoras. Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales.*

*Fuente: (Agricultura, 2020)*

El aguacate es una de las frutas más apetecidas por los colombianos por su agradable sabor y contenido nutricional, conocida como el “oro verde”, se ha convertido con el tiempo en el ingrediente principal de numerosos platillos en diferentes regiones de Colombia, por lo que el consumo per cápita de aguacate en fresco en Colombia es de 3.8 kilogramos al año. (Agricultura, 2020). Desde el nivel del mar hasta los 2.200 metros sobre el nivel de este, se cultiva aguacate, por tal razón el mercado local lo vende a bajos precios. Sin embargo, el de mejor calidad se exporta y quedan para el país los que no cumplieron con los estándares.

El aguacate ha logrado captar la atención a nivel mundial, es por eso que desde el año 2010, este ha tenido un crecimiento del 4.1% por año, el cual es un porcentaje bastante alto respecto a otras frutas (Agricultura, 2020). En Estados Unidos, Francia, Alemania, España y otros países, se ha incrementado el consumo del aguacate debido a sus múltiples propiedades, lo que ha ocasionado gran demanda para los principales productores y exportadores por lo que se estima que al terminar

el año 2022 la producción puede ser entre los 5.7 a 6.5 millones de toneladas de este fruto (FAO, 2019)

Por otra parte, el mal manejo de los protocolos para evitar plagas y enfermedades en la industria aguacatera, presenta afectaciones en el agua con respecto a las altas concentraciones de metales pesados, en el suelo alterando su pH y en el aire aumentando la cantidad de gases tóxicos y material particulado. Además de intervenir en variables meteorológicas como la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, punto de rocío, radiación la flora y la fauna solar y radiación ultravioleta. Perjudica gravemente de los alrededores, afecta la dinámica de sus hábitats e interviene negativamente en la cadena trófica. (Gonzáles Asías, 2021)

Por este importante motivo, la necesidad de una gestión ambiental se origina ante la problemática del cambio climático, el consumo excesivo de los recursos naturales del planeta y la degradación del suelo. Es por eso que las industrias tienen que acatar las normas que se tienen a nivel internacional, como lo son las normas ISO 14000, suministradas por la organización internacional de estandarización (ISO), con el fin de estandarizar y certificar la planeación de un sistema de gestión ambiental. (ORTIZ, 2009)

Según el Decreto Nacional 838 de 2005 de la normativa colombiana, se define como residuo sólido a cualquier material o sustancia sólida que haya resultado a partir de un proceso industrial, artesanal o de consumo y que comúnmente posee un bajo valor económico. Estos se clasifican en aprovechables y no aprovechables, como su nombre lo indica los aprovechables pueden implementarse para otra actividad o servir de materia prima para la elaboración de otro bien y los no aprovechables por sus características tóxicas o poco beneficiosas no deben utilizarse. Es por eso que a nivel mundial la familia de normas ISO 14000 juegan un rol muy importante en la gestión ambiental aplicada a la empresa, estandarizando los métodos de producción con fin de proteger al

medio ambiente sin disminuir la calidad de los productos. Dentro de estas, se destaca la norma ISO 14001 ya que establece específicamente las condiciones que se deben cumplir para llevar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo. (ORTIZ, 2009)

# OBJETIVOS

## **Objetivo general**

Proponer alternativas de sostenibilidad de la cadena productiva del aguacate con enfoque de ciclo de vida y economía circular.

## **Objetivos específicos**

1. Diagnosticar el sector productivo del aguacate en sus principales problemáticas y conflictos socioambientales.
2. Evaluar el impacto ambiental del proceso productivo basado en huella de carbono, huella hídrica y/o ecodiseño.
3. Analizar la viabilidad de alternativas de valorización de residuos orgánicos y su impacto en el ciclo de vida de los productos.

# **CAPÍTULO I: ECODISEÑO Y CÁLCULO DE HUELLAS EN LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE.**

## **Resumen**

Para este capítulo fue imperativo tener claridad en el concepto previo de toda la cadena productiva en cada una de sus etapas, precosecha, cosecha, postcosecha, producción y comercialización; ya que a partir de estos conocimientos se detectaron nuevas alternativas que podrían implementarse en un futuro próximo o que ya se implementan actualmente. Es importante mencionar que para conseguir el cálculo de cada una de las Huellas (Ecológica, Carbono e Hídrica) se debió reunir una serie de datos respaldados por estudios anteriores donde se pudiera constatar la veracidad de los mismos; esto permitió al proyecto tener un enfoque crítico de acuerdo lo que concierne la producción del aguacate y su posconsumo, tanto a nivel económico como a nivel de impactos negativos al medio ambiente. Es por esto que integrar la metodología del Ecodiseño a esta cadena de producción, implementando nuevas alternativas y estrategias para la mitigación en los impactos negativos en el medio ambiente y para que esta cadena realmente tenga un proceso de economía circular.

## **1. Huellas Ecológicas y Principios de Economía Circular**

El ser humano ha tenido que utilizar los recursos naturales para poder alimentarse, tener un hogar, y entre otras cosas, beneficiarse para todas las actividades que realice en el día a día. Sin embargo, por el incremento poblacional que se ha dado a través de los años, asociado al descubrimiento de nuevas formas más fáciles de hacer las actividades cotidianas (conseguir alimentos, acceder a la energía, obtener medicamentos, etc.), los ecosistemas del mundo han sido impactados por la extracción desmesurada de los recursos naturales. Esto ha generado que las áreas naturales tengan un deterioro mayor, haciendo que desaparezcan muchos de los factores importantes para la vida del ser humano en el planeta, como, por ejemplo, la pérdida de la fertilidad de los suelos en donde el humano cultiva sus alimentos.

Con el fin de determinar la cantidad de recursos naturales que se utilizan de los ecosistemas y los impactos que generan las actividades humanas, se definió la huella ecológica, que consiste en un indicador ambiental que determina el impacto que ejerce cierta actividad de alguna comunidad sobre su entorno (Castillo, 2008), en donde se consideran tanto las materias primas usadas por esta comunidad, como también la cantidad de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos) que se generan en las actividades humanas. En otras palabras, la huella ecológica mide el impacto de la demanda de la humanidad sobre la biósfera. En el último siglo la huella ecológica de la humanidad se ha triplicado, esto es principalmente, por la extracción desmesurada de los recursos naturales y por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Castillo, 2008). Es por esto que, para mitigar el impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas, los científicos han inventado alternativas en las que se pueda dar el uso de los recursos naturales, teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental.

La producción de aguacate rodea una alta huella ecológica, esto es principalmente porque para su desarrollo se debe usar volúmenes altos de agua para el riego de los cultivos, asimismo para el rociado de los fertilizantes, que en la mayoría de los casos se deben mezclar con agua para un mayor rendimiento. Según un estudio realizado en el departamento del Quindío por Naranjo et al, 2022; para la producción de un kilogramo de aguacate se necesitan aproximadamente 5000 litros de agua, esto representa una cantidad muy alta en comparación con otras líneas de producción. Igualmente, la huella de carbono asociada a la producción del aguacate es alta debido al uso de fertilizantes que por medio de la evaporación se unen a los gases que hay en la atmósfera, sin embargo, en ciertas ocasiones las emisiones de gases son compensadas por el buen manejo que se le da al área cultivada. Siguiendo con la mitigación y reducción de los impactos ambientales en torno a la producción de aguacate, está la economía circular para el aprovechamiento de los residuos. Está es una alternativa que se debe tomar para disminuir la contaminación ambiental, además se ha descubierto que la gran mayoría de residuos se pueden aprovechar en diversas alternativas que pueden ayudar al medio ambiente, como también a la sociedad.

En el contexto de los residuos orgánicos, se puede mencionar que las cáscaras, pulpas y semillas tienen muy buenas propiedades que pueden servir en áreas de la salud, cosmética, creando fertilizantes orgánicos y hasta para producir energía a partir de la biomasa. (Brito, 2019). Pero para el aprovechamiento de los residuos orgánicos se deben hacer estudios para descubrir y perfeccionar técnicas en las que se puedan extraer los componentes de todos los residuos y así poder aprovecharlos completamente.

A través de los años se han hecho importantes descubrimientos asociados a la industria del aguacate, en base en esto, se han implementado subproductos y representa una fuente de materia prima importante para la industria alimentaria y no alimentaria. Se han hecho hallazgos en torno a las pepas

y la cáscara del aguacate que pueden ayudar tanto a la industria alimenticia como también al campo de la cosmética, esto se da debido a la presencia de ingredientes bioactivos como los polifenoles, que ayudan en acciones antioxidantes y antiinflamatorias. Además, las cáscaras y las semillas del aguacate, se pueden usar en la descontaminación del agua por la producción de materiales carbonosos. (Raffaella Colombo, 2019)

<p><b>Socios Claves</b> </p> <p>Se dispone de un laboratorio para realizar la extracción del aceite, una fábrica donde se enfoca en la producción y envasado del producto para su posterior comercialización. La empresa cuenta también con grupos inversores a nivel público y privado que se interesan en apoyar el proyecto.</p>	<p><b>Actividades Claves</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Es delicioso y nutritivo como aderezo en las comidas</li> <li>● Es saludable para la piel</li> </ul>	<p><b>Propuesta de Valor</b> </p> <p>El aceite de aguacate es un producto 100% natural, que mantiene las propiedades benéficas del fruto mediante el uso de bajas temperaturas en el proceso de extracción y no se refina, considerándose entonces, un aceite de calidad extra virgen de gran aporte alimenticio y saludable para el organismo y el buen vivir.</p>	<p><b>Relación con el Cliente</b> </p> <p>El bienestar del cliente y la satisfacción es el principal objetivo del producto, por lo que la relación de la empresa con el cliente es directa y enfocada en que el producto sea de calidad y cumpla los objetivos y estándares planteados.</p>	<p><b>Segmento de Clientes</b> </p> <p>Dada sus características y propiedades naturales y su riqueza en vitaminas, el aceite de aguacate puede ser utilizado como multipropósitos, ya sea para uso culinario así como también para uso cosmético.</p>
<p><b>Estructura de coste</b> </p> <p>El aceite de aguacate hass en Terravocado tiene tres presentaciones (250 mL - 500 mL y 1L) y sus precios varían desde \$34.900 hasta \$89.900.</p>		<p><b>Fuentes de Ingreso</b> </p> <p>Contando que el aceite de aguacate es un subproducto del cual se beneficia del aguacate, la principal fuente de ingresos del producto es principalmente la venta a nivel nacional del aceite de aguacate hass.</p>		

Tabla 1. Análisis del modelo Canva para el uso de los residuos provenientes del aguacate.

Fuente: Plantilla de canva recomendada.

## **2. Huella de Carbono y Cambio Climático**

### **2.1 ¿Qué es el cambio climático?**

A menudo se asocia al cambio climático con la variación en el clima que hay en el mundo debido a las emisiones de gases que constantemente presentan las actividades antropogénicas, que generan un efecto de calentamiento global en el mundo; sin embargo, hay otras razones por las cuales se da el calentamiento, asociadas a eventos astrofísicos que se evidencian en las eras glaciales e interglaciares por las que el planeta pasa en ciertas temporadas. Es sabido que el calentamiento global se da, en parte, por las emisiones de gases de efecto invernadero que había en las erupciones volcánicas. Por otro lado, el movimiento traslacional (elíptico) de la tierra alrededor del sol tiende a variar, cambiando la temperatura promedio del planeta; la variación de la traslación del planeta hace que esté más cerca o más lejos del sol, por lo que esto determinará la cantidad de radiación solar que reciba, de allí nacen las eras glaciares (eras de frío) y eras interglaciares (eras de calor). (IDEAM)

El final de la última era glacial se dio hace aproximadamente 12 mil años, desde esto, el planeta ha venido experimentado un incremento de temperatura constante, sin embargo, este incremento tuvo un alza inusual desde el siglo XIX, en el que se dio la revolución industrial que estuvo representada por la creación de máquinas que facilitaron las actividades antrópicas y por el aumento de la extracción de materias primas por la población creciente; la energía con la que trabajaban las máquinas se obtuvo con la quema de carbón y posteriormente de combustibles fósiles. Por la quema de estos compuestos y por la deforestación de muchas hectáreas de bosques, hubo un incremento inusual de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y, por ende, hubo un cambio climático acelerado en el planeta. (Villator, 2008)

## **2.2 Sectores productivos y sus contribuciones.**

### **Ganadería**

La emisión neta de GEI en un sistema productivo dependerá de la relación entre el carbono emitido y el carbono secuestrado. Sin embargo, más importante que conocer las cantidades absolutas, puede resultar el conocimiento de la cantidad de GEI emitida por unidad de producto obtenido. En muchos de nuestros sistemas de producción agropecuaria conocemos con precisión lo que se produce y hasta la forma en que esa producción podría mejorarse, muchas veces sujeta a situaciones coyunturales, principalmente económicas. Lamentablemente no podemos decir lo mismo de la cantidad de GEI emitida, la cual no solamente es calculada en un 100% mediante Factores de Emisión no propios, sino que además el número de mediciones en condiciones de campo que posee el país es muy bajo. Sin embargo, la ganadería es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, ya que el 58% de los gases son generados a partir de las distintas fuentes derivadas del ganado bajo pastoreo. (Costantini, y otros, 2018)

### **Transporte**

El sector del transporte es uno de los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero, estas emisiones han venido aumentando en las últimas décadas llegando a valores nunca antes alcanzados a pesar de las mejoras tecnológicas implementadas en los medios de transporte. Esta situación requiere de especial cuidado sobre todo en ciudades en desarrollo donde su crecimiento económico y demográfico lleva consigo mayores niveles de motorización y de distancias recorridas (Bedoya, 2016) A lo largo de las últimas décadas trabajos como los del profesor Francisco Higón, han puesto de manifiesto que el transporte por carretera causaba algo más de la cuarta parte de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, las cifras del sector transporte muestran notable

crecimiento, un 1,9% anual en el caso del transporte de pasajeros y hasta un 2,7% en el de mercancías, cifras que rebasan las mejoras en la eficiencia energética experimentada por los diferentes modos de transporte. (Sotelo Navalpotro, 2011)

## **Energía**

Sin un uso consciente de la energía que consume, la población en crecimiento produce efectos irreversibles en el ambiente. La generación de energía con fuentes no renovables es responsable de impactos ambientales negativos por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). La concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera es un indicador GEI. Este gas tiene la capacidad de almacenar la energía de radiación de onda larga (calor) en su molécula y evitar el equilibrio térmico natural entre la tierra y el espacio extraterrestre. (Alonso Frank, 2016)

En un estudio que se realizó en México, en los resultados se observó que, en el escenario de Referencia las emisiones de GEI del sector eléctrico continúan incrementándose, pasando de 124 MMtonCO<sub>2</sub>eq (millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq) en el 2010 a 531 MMtonCO<sub>2</sub>eq en el 2070, aún con un importante ahorro de energía por el lado de la demanda de energía, un sector transporte con tecnologías eléctricas y un sector eléctrico creciendo con mayor proporción de ciclos combinados (tecnología de generación más eficiente actualmente). En el escenario de captura de CO<sub>2</sub> y nuclear, las emisiones de GEI se reducen a 53 MMtonCO<sub>2</sub>eq en el 2070, sin embargo se debe considerar los riesgos en el uso de la energía nuclear y la dependencia a los combustibles importados como en gas natural, carbón y combustible nuclear. El escenario de fuentes renovables se alcanza un sector eléctrico de cero emisiones y sin dependencia a combustibles de origen fósil, sin embargo, deben considerarse las grandes cantidades de terreno que se destinarán a centrales eólicas y solares, así

como el riesgo en la estabilidad y confiabilidad del sistema eléctrico en situaciones de falta de días soleados, falta de viento e incluso falta de lluvia. (Castrejón, 2012)

### **Residuos Sólidos**

Un estudio realizado en el país de México arrojó como resultado que, con excepción de Brasil, país en el cual no se encontró información precisa en las fuentes consultadas, en el resto de países se logró evidenciar el cálculo de la contribución de las emisiones de CH<sub>4</sub> como consecuencia del manejo de Residuos Sólidos en relación con el total de emisiones de gases en cada país. El mayor valor registrado corresponde a Alemania con 40%, seguido por EE. UU con 28%, Japón y México con 25%. Esta condición ubica a México más cerca de los países desarrollados que de los similares como Chile y Argentina (14%), lo que sugiere que en los países desarrollados la emisión de CH<sub>4</sub> por manejo de Residuos Sólidos tiene una importancia significativa en el valor total de Emisiones de Efecto Invernadero (GEI). De acuerdo con lo anterior, en las economías emergentes esta tendencia es inversa, con excepción del caso de México. (Solórzano, 2003)

El valor más alto en la generación de CH<sub>4</sub> per cápita lo obtuvo EE. UU (28 kg/hab) y el más bajo Japón (3 kg/hab). Lo anterior indica que Japón se acerca así al grupo de países en desarrollo, distinguiéndose de EE. UU y Alemania, países que junto con México presentan el mayor índice de generación per cápita. El bajo valor obtenido para Japón se explica por sus reducidas emisiones totales, en conjunción con una relativa elevada población. Por su parte, países como Argentina, Chile, Brasil y Uruguay presentan valores bajos, demostrando con ello un patrón homogéneo de acuerdo con sus características económicas. (Solórzano, 2003)

### **2.3 NAMA (Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación) del sector.**

En la agroindustria, por lo general es común el uso de fertilizantes los cuales evitan la generación de plagas y hongos en los cultivos, para garantizar la calidad y la producción de la cosecha, si bien es una herramienta importante en la agroindustria, el uso de fertilizantes minerales, genera alteración de las características del suelo, pero no solo es su afectación al suelo lo que genera el uso de fertilizantes, sino que dentro de la identificación completa de la cadena de producción en el caso de la industria del aguacate, el mero uso de fertilizantes abarca el 40% de la huella de carbono, de una cadena que comprende desde su siembra hasta la exportación. (Yara, 2015)

Para el tema de los agroquímicos, la empresa Yara en España marca como ejemplo, donde especifican la importancia del uso de los fertilizantes, destacando ser una herramienta importante, para garantizar la producción de aguacate, y durante su cálculo de huella de carbono, identificaron que la disminución del 90 % de ácido nítrico en las plantas reduce entre 30-40 % la huella de carbono en la cadena productiva, disminuyendo la deuda ecológica que deja el riego de estos químicos en el suelo y sus lixiviados que llegan a acuíferos o fuentes hídricas. (Yara, 2015)

Para medir la huella de carbono de un proceso como el del sector agrícola, es importante la identificación de cada uno de los factores que hacen parte del proceso y que generan emisiones de gases y material particulado, identificando el mayor impacto al inicio de la cadena, donde la apropiación del campo para la siembra es apenas el inicio de la cadena productiva y genera un fuerte impacto en la reducción de los captadores de carbono, donde actividades como la tala de árboles, la remoción de tierra, el desplazamiento de especies, y la disposición de tierra en cuencas generan un alto deterioro en el entorno ecosistémico, además de la deuda ecológica que queda pendiente y la reducción de la capa verde como colchón para la captación del carbono.

Con el cálculo de la huella de carbono, se puede estimar cuantitativamente los gases que se emiten en un tiempo determinado, al igual que los gases que se absorben en un área determinada de bosque productivo, ya sea de uso agrícola, silvicultivos u otro tipo de uso de suelo. Para este estudio se realizó el análisis cuantitativo de las emisiones de gases de efecto invernadero para el municipio de Pensilvania, Caldas, Colombia; con cultivos de la fruta denominada el “oro verde” por sus diversas propiedades nutritivas y curativas, el aguacate Hass. (Ayala, 2020)

Con lo anterior pasamos a la etapa de la cadena productiva de la siembra, donde se encuentran todo lo relacionado a la siembra, producción y cosecha, donde el principal sumador a la huella de carbono es el uso de fertilizantes, los cuales en su riego generan alteraciones al suelo y sus capacidades fisicoquímicas, además del posible flujo de lixiviados químicos a fuentes cercanas, lo que genera un fuerte impacto dentro de la cadena, ayudando a la huella de carbono del cultivo, pero también generando una especie de ola por el alcance que pueda tener el uso de fertilizantes, generalmente, el uso de fertilizantes y herbicidas aportan la emisión de gases de efecto invernadero en América latina en un 42% y globalmente en un 23%. (Coneo, 2019)

Para las demás etapas, la huella de carbono y deuda ecológica disminuyen un poco, entrando a lo que sería el proceso de transporte, transformación y exportación según el caso, todo esto genera una huella ecológica por uso de combustible, electricidad entre otros factores que han tenido evolución a lo largo de los años para reducir la emisión de gases u otros factores que afectan al cambio climático.

Para las posibles soluciones al aumento o reducción de la huella de carbono, podría estimarse desde el inicio de las etapas, donde encontramos impactos fuertes como la deforestación, la cual partiendo desde la importancia económica que genera la siembra de diferentes cultivos para la economía

nacional y para la generación de alimento, podría realizarse las remociones de capas de manera controlada y auditoreada que garantice el bienestar ecológico de la zona explotada, además de cumplir con saldar la deuda ecológica que se genera por la actividad, que por lo general es una actividad fuera de cumplimiento, para el uso de agroquímicos, la mejor solución sería adoptar estrategias de empresas que lograron disminuir su huella de carbono a base de la reducción de fertilizantes y herbicidas manteniendo sostenible la producción de sus cultivos a la par de la actividad ecológica.

## **2.4 Huella de Carbono y Cálculo AFOLU.**

La huella de carbono es una herramienta que permite cuantificar la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera, que son emitidos por las actividades industriales y agroindustriales que desarrolla el ser humano para su subsistencia. Los gases de efecto invernadero forman una capa gaseosa en la atmósfera que absorbe el calor de los rayos solares, incrementando el calor en la superficie terrestre, a este fenómeno se le conoce como efecto invernadero, que, a su vez, alimenta el incremento del calentamiento global. (César Espíndola, 2011). Sin embargo, es gracias a ese calentamiento global que puede existir vida en el planeta, si no existieran los gases de efecto invernadero toda la radiación solar saldría directamente del planeta, permitiendo que las temperaturas se mantengan bajo los cero grados centígrados (eras glaciares constantes).

No todos los gases de efecto invernadero generan la misma cantidad de calor en la atmósfera, ya que hay gases que se pueden quedar de manera semipermanente en la atmósfera y no responden a ningún cambio de temperatura, este tipo de gases se describen como “forzantes”; por otro lado, hay otro tipo de gases que reaccionan fácilmente a la temperatura y se evaporan fácilmente, a estos se les

nombra como gases “retroalimentadores”. (Lean, 2010). Los gases forzantes son los que han aparecido en una cantidad mayor en los últimos dos siglos, y en su mayoría, provienen de las actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles; los gases retroalimentadores siempre han estado presente en la atmósfera y son los principales responsables de que haya vida en el planeta.

Las altas concentraciones de gases de efecto invernadero a las que se ha enfrentado el planeta en los últimos siglos, han causado fuertes consecuencias en el medio ambiente, como el incremento en el nivel de los océanos, el acelerado derretimiento de los glaciares tropicales, colonización acelerada de ecosistemas en altitudes superiores y cambios en los sistemas hidrológicos, así como en el comportamiento de las precipitaciones. (Fernández, 2012)

Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera son el dióxido de carbono, el ozono, el metano y el óxido de nitrógeno, los cuales son producidos por las actividades antropogénicas. Se sabe que las actividades agrícolas “Agriculture, Forestry, Other Land Use” o en sus siglas: AFOLU, también son productoras de gases de efecto invernadero, debido a que en muchas plantaciones se deben quemar varias hectáreas de bosque y se deben talar muchos árboles para poder cultivar especies que cambian el equilibrio de los ecosistemas, generando un estrés alto en los recursos naturales; sin embargo, los ecosistemas forestales pueden absorber grandes cantidades de gases en biomasa y suelos. (ARBOLEDA, 2012)

O como lo afirma (ARBOLEDA, 2012):

*“Las especies arbóreas son de gran ayuda debido a que su crecimiento es continuo durante todo el año y por medio de la fotosíntesis acumulan una mayor cantidad de carbono en su biomasa”*

Con lo anterior, se deduce que las plantaciones agrícolas son excelentes adsorbentes de gases de efecto invernadero por los ciclos biogeoquímicos, sin embargo, si los cultivos se manejan con malas tecnologías y están mal diseñados, se tendrá un desgaste mayor en los ecosistemas, se dará una mayor migración de especies y habrá mayor alelopatía de los suelos, generando su rápida erosión.

Para el análisis de la huella de carbono del municipio de Pensilvania, se implementó la herramienta “EX-ACT” que permite saber si se está emitiendo más gases de efecto invernadero de los que se está capturando en un área de bosque determinada. Actualmente hay herramientas que permiten la estimación de la huella de carbono de una actividad en específico, estas herramientas permiten identificar qué cantidad de gases se están emitiendo, y si es el caso, cuánto se está compensando por la plantación de cultivos. Una de estas herramientas es Ex-Act, que consiste en un software que permite realizar estimaciones de los impactos de proyectos de desarrollo agrícola y forestal, sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y secuestro de carbono.(FAO, 2022) Por medio de la herramienta Ex- Act se hizo un ejercicio para estimar la huella de carbono en el municipio de Pensilvania, para este caso se analizaron 250 hectáreas de cultivo de aguacate Hass que actualmente hay en el municipio de Pensilvania. (Ayala, 2020). Es pertinente aclarar que el análisis fue un ejercicio teórico, ya que no se usaron datos técnicos sobre la producción del aguacate. Para que los cultivos de aguacates estén libres de plagas y enfermedades se debe usar fertilizantes y pesticidas, estos fertilizantes tienen alto contenido de nitrógeno, cobre, entre otros elementos. En el análisis con la herramienta EX-ACT se establecieron valores en toneladas para calcular la huella de carbono de todos los agroquímicos que se usan para la producción de aguacate, de los cuales, muchos se evaporan contribuyendo al aumento de los gases de efecto invernadero. A continuación, se evidencian los resultados obtenidos con datos hipotéticos de la huella de carbono para la producción de aguacate.

Summary GHG analysis	
<b>Continent</b>	South America
<b>Country</b>	Colombia
<b>Climate</b>	Tropical
<b>Moisture</b>	Wet
<b>Total areas (ha)</b>	250
<b>Project duration (in years)</b>	
<b>Implementation</b>	1
<b>Capitalization</b>	0
<b>Period analysis</b>	1

**MITIGATION POTENTIAL**

**3.431**

tCO<sub>2</sub>-e

+ = Source / - = Sink

*Tabla 2. Resultados obtenidos con la herramienta EX-ACT desarrollada con el aplicativo de Excel*

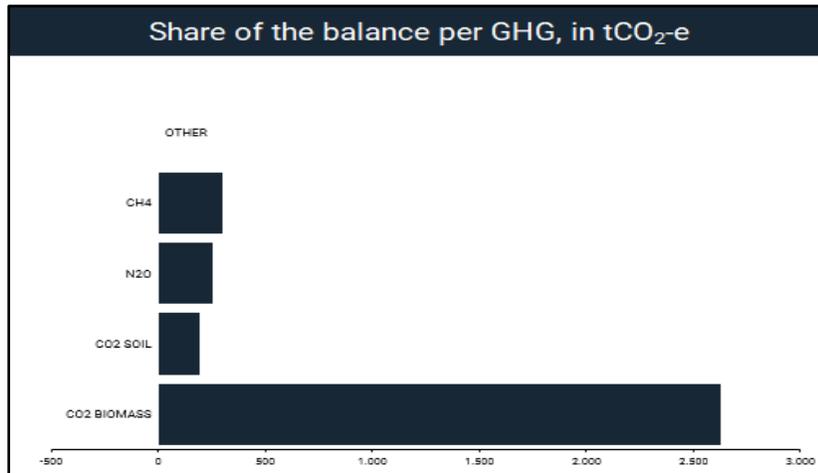


Tabla 6. Parte del balance por gases de efecto invernadero, en tCO<sub>2</sub> eq.

Organic N-fertilizers					
Sewage	0	0	D	0	D
Compost	0	0	D	4	D
Rendering waste, brewery waste, guano	0	0	D	0	D

Tabla 5. Uso de fertilizantes orgánicos

Pesticides					
Fungicides (tonnes of active ingredient)	0	0	D	1	D
Herbicides (tonnes of active ingredient)	0	0	D	1	D
Insecticides (tonnes of active ingredient)	0	0	D	1	D

Tabla 3. Pesticidas

Synthetic fertilizers					
Urea (tonnes of Urea per year)	0	0	D	2	D
Synthetic N-fertilizers other than Urea (tonnes of N per year)	0	0	D	3	D
Phosphorus (tonnes of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per year)	0	0	D	1	D
Potassium (tonnes of K <sub>2</sub> O per year)	0	0	D	2	D

Tabla 4. Fertilizantes sintéticos

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de huella de carbono con la herramienta EX-ACT, se puede ver que las hectáreas establecidas para el cultivo de aguacate en el municipio de Pensilvania (250 ha), tienen un flujo neto de 3.431  $tCO_2$ , este dato se analizó para un periodo anual. Para separar de forma cuantitativa los gases que se pueden emitir por la actividad agrícola, se obtuvieron resultados numéricos de las emisiones de metano ( $CH_4$ ) con valores aproximados a 294  $tCO_2$ , óxido nitroso ( $N_2O$ ) con valor de 256  $tCO_2$ , dióxido de carbono ( $CO_2$ ) del suelo con valor de 191  $tCO_2$ , y dióxido de carbono de la biomasa con un valor de 2628  $tCO_2$ .

## **3 Huella Hídrica Ahorro y Uso Eficiente del Agua**

### **3.1 Introducción.**

Los conceptos de agua virtual y de huella hídrica introducidos en 1998 y 2002 respectivamente, parecen apuntar a un cambio de paradigma en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y en las políticas hídricas, agropecuarias y comerciales en todo el mundo. Su estudio ayuda a identificar cómo y dónde, el consumo en un lugar, impacta los recursos hídricos de otro lugar. La huella hídrica indica, además del volumen de agua dulce empleado directa e indirectamente para producir un bien, el lugar preciso donde se obtuvo dicho volumen, especificando si se trató de agua verde o azul, la contaminación que generó y el lugar en que se consumió ese bien finalmente. De esta forma, permite visualizar patrones y tendencias de uso del agua, que tradicionalmente no eran tomados en cuenta, relacionándolos con los flujos de comercio de agua virtual. En el período 1996-2005, América Latina presenta grandes contrastes, Argentina y Brasil fueron los grandes exportadores de agua virtual de la región, ocupando además el segundo y quinto lugar en el mundo respectivamente. (Buenfil Rodríguez & Vásquez, 2020)

El uso eficiente del agua en el campo es uno de los factores fundamentales para poder garantizar la producción alimentaria y el trabajo de las familias mexicanas vinculadas con el sector agrícola. La "eficiencia en el uso del agua (EUA)" o "productividad del agua (PA)" es la relación existente entre la biomasa presente en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste en un determinado tiempo. Cuando se pretende enfocar el empleo del agua por un componente meramente productivo y económico, se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento en kg de producto por m<sup>3</sup> de agua utilizada. (Moreno, 2014)

$$E_f \text{ Agua} = \frac{\text{Producción (kg)}}{\text{Agua utilizada (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

La productividad del agua es un indicador importante en áreas con recursos hídricos esenciales y permite calcular el valor económico del agua de riego que puede ser maximizado y por lo tanto será uno de los prerrequisitos para las políticas de su uso en la producción de alimentos. (Moreno, 2014)

Es importante poder comprender la definición de la huella hídrica y la eficiencia del agua en el sector de la agricultura, y al contextualizarse con el cultivo de aguacate en nuestra zona local podemos aterrizar una idea general a una idea más específica. Si bien, el recurso hídrico es una fuente que abunda en las montañas de Caldas, siendo un gran atractivo para la producción de cultivos en el país, como lo es en el caso del aguacate uno de los grandes beneficiados de la riqueza hídrica que tenemos en el departamento.

El aguacate es una fruta que para su siembra y proceso de cultivo requiere para un solo árbol aguacate cerca de 50 a 60 litros de agua por día, casi 5 veces más que lo que consume un árbol de 12 metros de alto, detectando un altísimo factor de consumo de agua que es destinado a la cosecha de aguacate, por lo que es importante el conocimiento y una buena administración de la huella hídrica del cultivo de aguacate así como la optimización que se pueda lograr en la eficiencia del agua destinada al riego de estos cultivos. (Acuña, 2018)

### **3.2 Relación entre Huella hídrica y uso eficiente del agua con límites planetarios y cambios globales.**

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la vida en la biosfera, gracias a ella, se pueden dar grandes extensiones de áreas naturales, en donde se encuentran numerosas especies de plantas y animales que obedecen las dinámicas poblacionales establecidas por el clima, la topografía y el ciclo del agua. Esta dinámica se ha repetido durante aproximadamente 3800 millones de años, tiempo establecido en el que se dieron las primeras formaciones de vida en el planeta tierra.

El planeta tierra está conformado en un 70% por agua, que se distribuye en los océanos, ríos, humedales, aguas subterráneas, y vapor de agua. Los océanos tienen un 97,5% de agua del planeta, solamente el 2,5% es agua dulce, de esa cantidad casi el 80% se distribuye en los glaciares, 19% agua subterránea y solo hay acceso al 1% del agua dulce por medio de los ríos, lagunas y humedales. (Fernandez, 2012)

El agua es un recurso renovable que todos los seres vivos necesitan para poder vivir, está se distribuye por toda la superficie terrestre a través del ciclo hídrico por medio de fenómenos complejos como la precipitación, el escurrimiento, la evapotranspiración y la infiltración. (Fernandez, 2012). Sin embargo, hay zonas en las que el ciclo del agua se da en menores proporciones que en otras, y esto se da, ya que no todas las regiones son boscosas, estas son zonas en las que el sol incide en promedio más tiempo que en otras. Hay otros lugares en los que el ciclo del agua se da en mayores proporciones, esto se da principalmente porque son zonas en las que abundan los árboles, que son los principales absorbentes de agua por su ciclo de fotosíntesis en el que absorben el vapor de agua y el agua que se encuentra en el suelo.

Es gracias a esta acción que se forman los ríos, lagunas, y la razón por la cual hay agua subterránea, que posteriormente, por gravedad se juntará con la escorrentía de los ríos y las lagunas, que después abastecerá a gran cantidad de fauna, flora, y a ciudades enteras; es por esto que es importante proteger los ecosistemas de contaminación, para que no haya un nivel de degradación alto, el agua llegue limpia a las ciudades y ecosistemas, y esos servicios ecosistémicos no se pierdan con el tiempo.

Algunos servicios ecosistémicos que presta el agua son, a nivel natural: mantenimiento de los ríos, ecosistemas, transporte de sedimentos, y mantenimiento de reservas naturales; a nivel antrópico presta servicios como: aprovisionamiento doméstico, recreación, agricultura, ganadería, minería, industria, energía hidroeléctrica y paisajismo. (Fernandez, 2012). Sin embargo, el uso desmesurado a nivel antrópico ha generado que las pocas reservas de agua dulce, que tienen los seres vivos para poder vivir, se agoten fácilmente, o se contaminen con las sustancias químicas que son usadas en la mayoría de procesos industriales, desatando agentes tóxicos sobre el agua de la cual se abastecen los seres vivos causándoles enfermedades, y desgastes en el cuerpo, disminuyendo su ciclo vital.

En el mundo se registra una cifra aproximada de 7000 millones de habitantes de los cuales el 20% no beben agua potable y el 40% no tiene acceso a medios de saneamiento. (Fernández, 2012). Esta cifra inequitativa, se ha dado a través del tiempo porque las políticas públicas no velan por el bienestar de la población, y han establecido en el eslabón mayor a los ciclos productivos que incrementan las economías, las mismas economías que contaminan los ecosistemas y fuentes hídricas y en muchos aspectos esclavizan a la población carente del recurso hídrico.

Pero La Asamblea General de las Naciones Unidas estableció el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el bienestar de las poblaciones. (Fernandez, 2012)

Garantizar la disponibilidad de agua potable es garantizar la continuidad de la vida, sin embargo, este es un reto al que se enfrenta el planeta, ya que la contaminación a través de los años ha generado que haya un aumento en los índices del cambio climático que ha alterado al recurso hídrico y a toda su dinámica. Entre los efectos del cambio climático, se ha podido observar desequilibrios hídricos como lluvias torrenciales en momentos de sequía, inundaciones inesperadas, disminución de la precipitación generando períodos de sequía. Pero para evitar estas inestabilidades en el comportamiento hídrico se tiene la necesidad darle más importancia, de la común, a la conservación de los ecosistemas naturales con el fin de proveer agua más limpia a las ciudades y asegurar que el ciclo hídrico tenga un comportamiento no tan descontrolado.

Las actividades extractivas del ser humano sobre el medio ambiente, han desequilibrado las dinámicas ambientales que rodean el planeta, alterando entre otras cosas, la temperatura del planeta, la composición de los océanos y el agua, la atmósfera y, por ende, a la biodiversidad, generando migración y extinción masiva de especies por los cambios globales que genera la extracción desmesurada de los recursos naturales y su contaminación. Para determinar los cambios globales que genera la actividad humana sobre el planeta, en 2009 un grupo de científicos identificaron nueve (9) límites planetarios fundamentales para la sustentabilidad global de la vida humana sobre el planeta. Se definió que, mientras que la tierra se mantenga dentro de los límites, estará a salvo de cambios globales. Pero si se sobrepasan estos límites, se darán cambios globales que alterarán los ecosistemas globales. (Matteucci, 2018)

Para asegurar que el agua y los demás recursos estén fuera de peligro de contaminación o de sobreuso, se estableció el gráfico de “Los Límites Planetarios”, que invita a reflexionar sobre qué tan desmesurado es el uso de un recurso o la emisión de contaminantes. Los límites del planeta para los flujos de agua dulce han de garantizar flujos hídricos capaces de regenerar las precipitaciones y de mantener el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y sus servicios, asegurando la disponibilidad de agua para los ecosistemas acuáticos. Llegar a rebasar un consumo anual de 4000 km cúbicos de agua podría llevar a la humanidad a umbrales de riesgo a escala continental. (Matteucci, 2018)

A continuación, se muestra el gráfico de los límites planetarios, como se observa el agua está bajo los umbrales de riesgo, sin embargo, está situación podría cambiar en cualquier momento, si al mismo tiempo no se cambian las actividades desequilibrantes.

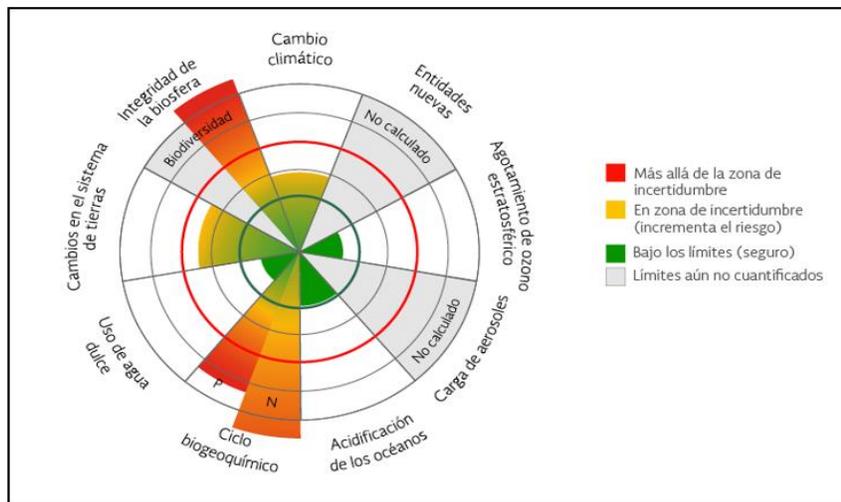


Ilustración 2. Estado actual de los “Límites planetarios”

Fuente: (Rockström, 2015)

### **3.3 Importancia de la Huella Hídrica y uso eficiente del agua desde un enfoque de sostenibilidad en la cadena productiva.**

Como lo indica (Rendón, 2015) en su documento “La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú”, la huella hídrica es un indicador que mide el volumen total de agua dulce consumido por una unidad específica en estudio, que puede ser un individuo, un cultivo, un área geográficamente definida, un país, entre otros. Se subdivide en tres componentes: el componente azul, que corresponde al consumo de agua proveniente de fuentes superficiales y acuíferos; el componente verde, que es el volumen total de agua consumida proveniente de las lluvias, y finalmente el componente gris, que se refiere a la cantidad de agua necesaria para diluir algún agente contaminante en el agua usada en el proceso de producción de un producto. En contraste con las huellas hídricas verde y azul, la huella gris es un indicador de implicaciones de la calidad del agua y no representa cantidades físicas de agua. En ese sentido, la huella hídrica gris es el volumen teórico de agua dulce que se requeriría para diluir o asimilar una carga de contaminantes en base a concentraciones en el entorno natural y estándares de calidad de agua del ambiente. (Rendón, 2015)

### **3.4 Comparación de las características del agua azul y verde**

Entre el 3 y el 14 de junio de 1992, en la ciudad de Río de Janeiro - Brasil, 178 países del mundo firmaron la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en dicho documento se expresaba la necesidad de definir indicadores para el concepto de sustentabilidad, para proveer las bases sólidas en la toma de decisiones para todos los niveles, y para contribuir “a la sostenibilidad autorregulada de sistemas ambientales y de desarrollo integrado”. (CNUMAD, 1992)

A toda esta situación se debe agregar otro problema: la contaminación. La mayoría de los ríos, lagos y mares se encuentra en un grado de deterioro tal, que urge tomar medidas para su protección. La atención a este tipo de problemas en forma integral requiere de la combinación de decisiones de orden político, económico, social y técnico. Por forma integral se entiende la atención de los problemas con determinada corresponsabilidad entre todos los países. Al interior de ellos es recomendable atender, al menos a nivel de cuenca, tomando en consideración sus interacciones con otras, las transferencias de recursos, actividad común en la mayoría de los países. (Cortés, 1991)

El crecimiento demográfico es otro indicador de la presión ejercida sobre los recursos naturales del planeta, no obstante, la cuestión más relevante se centra en la identificación de los impactos reales sobre los recursos naturales de zonas geográficamente delimitadas y cuantificar la huella generada por los hábitos de consumo de sus habitantes y/o las características de producción de sus empresas. Por la evidencia ampliamente difundida sobre los impactos humanos en las fuentes de agua y los problemas asociados a su gestión; la conciencia, el compromiso y la responsabilidad ambiental han aumentado notoriamente; en especial relacionado con el uso eficiente y la reducción del consumo de agua; no obstante, esta respuesta al problema parte de una visión parcial del uso del recurso, que no incluye el agua consumida en la cadena de producción y suministro que fue utilizada directa e

indirectamente para la producción de bienes y servicios de consumo cotidiano. (Diego Arévalo, 2011)

La agricultura representa el principal sistema consumidor de agua en la mayoría de los países. En ella se utilizan fuertes volúmenes para riego tanto en pequeños como en grandes sistemas; sin embargo, normalmente las eficiencias de aprovechamiento son muy bajas y pueden mejorarse con sistemas de control, conducción, distribución y aplicación del riego a los cultivos adecuados. (Dourojeanni, 2002). Existen muchas técnicas de uso eficiente para riego. (David E. Kromm, 1990) las han clasificado en tres grupos: métodos de campo, orientados hacia la retención y distribución del agua; estrategias administrativas, cuyo objetivo es programar el uso de manera eficiente y las modificaciones o la adaptación de nuevos sistemas de riego.

### **3.5 Guía metodológica:**

La huella hídrica establece cómo la actividad antrópica o los productores industriales están relacionados con la escasez de agua y su contaminación, además de estudiar alternativas más sostenibles para usar el recurso hídrico, considerando que el nivel de uso y de contaminación sea bajo. Para determinar el consumo hídrico de una actividad, se deberá cuantificar la cantidad del recurso hídrico que se usa y el tiempo en un área específica, se deberá analizar si el uso del recurso tiene una sostenibilidad medioambiental, en caso de que el análisis de la huella hídrica sea alto, se establecerá una estrategia de respuesta para reducir el uso y el impacto negativo que la actividad tenga sobre el recurso hídrico. (Hoeskstra, 2021). Para la evaluación de la huella hídrica se estudiarán cuatro procesos, estos son:

1. Definición de objetivos y alcance.
2. Contabilidad de la huella hídrica.

3. Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica.
4. Formulación de respuestas a la huella hídrica.

A continuación, se explicará detalladamente los procesos que se deben llevar a cabo para la evaluación del consumo hídrico en cualquier actividad productiva.

**Definición de objetivos y Alcance.**

El cálculo de la huella hídrica permite establecer la cantidad de agua usada en una actividad determinada, con el fin de saber si se está usando una cantidad más alta de la debida. Para determinar la huella hídrica, se debe saber la cantidad de agua se usa para el regado (verde, azul), y qué volumen de agro fertilizantes se están usando en un tiempo determinado para calcular qué volumen de agua se está contaminando (gris). (Hoeskstra, 2021)

En los cultivos de aguacate se hace riego por medio de aguas lluvias y por medio de sistemas de riego, estos son útiles para medir la cantidad de agua que se invierte en el riego de las plantas, y así poder usar la cantidad mínima óptima con la que la planta puede crecer sin ningún problema; cuando llueve esta agua deja de ser usada, ya que el agua lluvia da tiempo de economizar el agua que frecuentemente se usa para el riego, disminuyendo su uso casi que completamente. Sin embargo, normalmente los cultivos de aguacate tienen una alta demanda de uso de agroquímicos, que pueden generar un nivel de contaminación hídrica, ya que al rociarlos no solo se está afectando al aire, sino que también se está afectando al agua porque parte de estos químicos se infiltran en el suelo, deteriorando el agua subterránea de la que se abastecen las plantas y que luego lo harán algunos animales.

### **Datos necesarios para la cuantificación de la huella hídrica.**

Para el cálculo de la huella hídrica con precisión se suelen utilizar una serie de procesos, instrumentos y sensores en función del tipo de huella hídrica que se esté intentando medir los cuales se cuantifican dependiendo del tipo de huella a analizar. Para el cálculo de la huella hídrica azul es necesario la instalación de aforadores o contadores de caudal. Estos componentes van a permitir cuantificar la escorrentía proveniente de una fuente superficial o subterránea. En la huella hídrica verde es necesaria la información meteorológica diaria. Haciendo un seguimiento a los niveles de agua lluvia de la zona. Una vez se cuenta con el valor de agua lluvia y mediante el uso de instrumentos que permitan conocer el balance hídrico del suelo, se puede cuantificar el total del agua consumida por evapotranspiración. Para calcular la huella hídrica gris se hace una continua monitorización de la calidad del agua que entra y sale del sistema. Se evalúan los principales contaminantes causados por la fertilización. (Fundación Aquae, 2021)

### **Huella hídrica.**

Es un indicador para identificar el impacto generado por el consumo humano a partir del uso de agua dulce, en donde se pueden identificar 4 componentes básicos para la medición de la Huella Hídrica como el volumen, el color o clasificación del agua, el lugar de origen del agua y el momento de extracción del agua. Estos 4 componentes permiten la catalogación de la huella hídrica como un producto, bien o servicio en donde el volumen total de agua es utilizado para su elaboración, sumado en las diversas etapas de la cadena productiva. También hace referencia a dónde y cuándo se utiliza el agua, tiene una dimensión volumétrica, espacial y temporal. (Érika Zárate Torres, 2017)

Contextualizando la idea de la huella hídrica en los cultivos de aguacate, se entiende que la huella hídrica para el cultivo se toma desde el uso del agua dulce en un área donde se realiza la siembra sobre la producción de dicha área, entendiéndolo mejor en la siguiente fórmula. (Hoeskstra, 2021)

$$\frac{\text{Agua dulce utilizada en el cultivo (m}^3/\text{ha)}}{\text{Produccion del cultivo (Ton/ha)}} = \text{huella hidrica de un cultivo}$$

*Fórmula tomada de:* (Hoeskstra, 2021)

Y aterrizando la idea con la información de los cultivos de aguacate en el departamento de Caldas, podría realizarse un ejercicio rápido con datos locales.

- 55 toneladas producidas en Caldas.
- 3.531 hectáreas de aguacate sembrado
- 65 L agua por planta X 400 plantas X 1 ha =  $\left(\frac{26000L}{ha}\right) X \left(\frac{1m^3}{1000L}\right) = \left(\frac{26m^3}{ha}\right) = 7.36 m^3/ha$
- Agua dulce utilizada.

$$\left(\frac{55 ton}{3.531 ha}\right) = 15.57 ton/ha$$

Producción de cultivo.

$$\frac{7.36 (m^3/ha)}{15.57 (Ton/ha)} = 0.472 m^3/Ton \text{ huella hidrica de un cultivo}$$

### **Fórmulas de la huella hídrica (verde, azul y gris).**

**Huella hídrica Azul:** Este es un indicador del uso de agua dulce superficial o subterránea.

$$HH_{proc,azul} = \text{evaporación de agua azul} + \text{incorporación de agua azul} + \text{flujo de retorno perdido} \quad [1]$$

**Huella hídrica Verde:** Este es un indicador del uso que hacen los seres humanos a las precipitaciones terrestres que se almacenan en el suelo.

$$HH_{proc,verde} = \text{evaporación de agua verde} + \text{incorporación de agua verde} \quad [2]$$

**Huella hídrica Gris:** Este es un indicador del grado de contaminación de agua dulce que puede asociarse con la etapa del proceso.

$$HH_{proc,gris} = \frac{L}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}} \quad [\text{volumen/tiempo}] \quad [3]$$

La huella hídrica gris se calcula dividiendo la carga de contaminante (L, en masa/tiempo) entre la diferencia entre la norma de calidad ambiental del agua de ese contaminante que viene siendo la concentración máxima permitida ( $C_{m\acute{a}x}$ , en masa/volumen) y su concentración natural en la masa de agua receptora ( $C_{nat}$ , en masa/volumen).

### **Análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica**

Para la producción de aguacate es necesario el uso de agroquímicos para proteger a los cultivos contra insectos, hongos, plagas y enfermedades; sin embargo, el uso de estos químicos genera contaminación en los recursos naturales, como el agua, el aire y el suelo; esto es debido a que los agroquímicos están compuestos por sustancias químicas tóxicas que deterioran los recursos.

Los cultivos de aguacate tienen un impacto significativo en la contaminación del agua ya que, gran parte de estos químicos se filtran en el suelo contaminando la humedad que hay allí, al igual que todas las aguas subterráneas, que desembocan en los ríos y lagunas de las que se abastecen muchos animales de ecosistemas aledaños, al igual que una gran cantidad de población en las

cuencas bajas de los ríos. El consumo del agua contaminada por estas sustancias químicas podría tener consecuencias en la salud como el cáncer, alteración en el sistema nervioso, inmunitario y reproductivo.

### **Formulación de respuestas a la huella hídrica**

La disponibilidad de agua para el riego del cultivo es un factor determinante para definir el área de siembra en cada cultivo, y esto sumado al alto costo que implica la construcción de nuevas fuentes de captación de agua, así como también el alto costo de la energía para el bombeo, han hecho que el uso eficiente del agua y la optimización de su productividad se conviertan en un tema prioritario y estratégico para el sector aguacatero. En este sentido, resulta cada vez más importante adoptar estrategias de manejo que contribuyan al uso racional de este recurso. (Álvaro Roel, 2017)

Así que es imperativo desarrollar estrategias que mitiguen los impactos negativos que los cultivos de aguacate puedan tener en el agua. Uno de ellos, es determinar un rango mínimo de fertilizantes y pesticidas, esto con el fin de no contaminar el recurso hídrico cuando estos fertilizantes llegan a zonas de almacenamiento superficial o subterráneo de agua. Otra estrategia que puede llegar a ser muy productiva, es la implementación de agro fertilizantes (fertilizantes orgánicos) que tienen como objetivo la mitigación de daños a los recursos naturales, como lo es el agua dulce.

## **4 Ecodiseño**

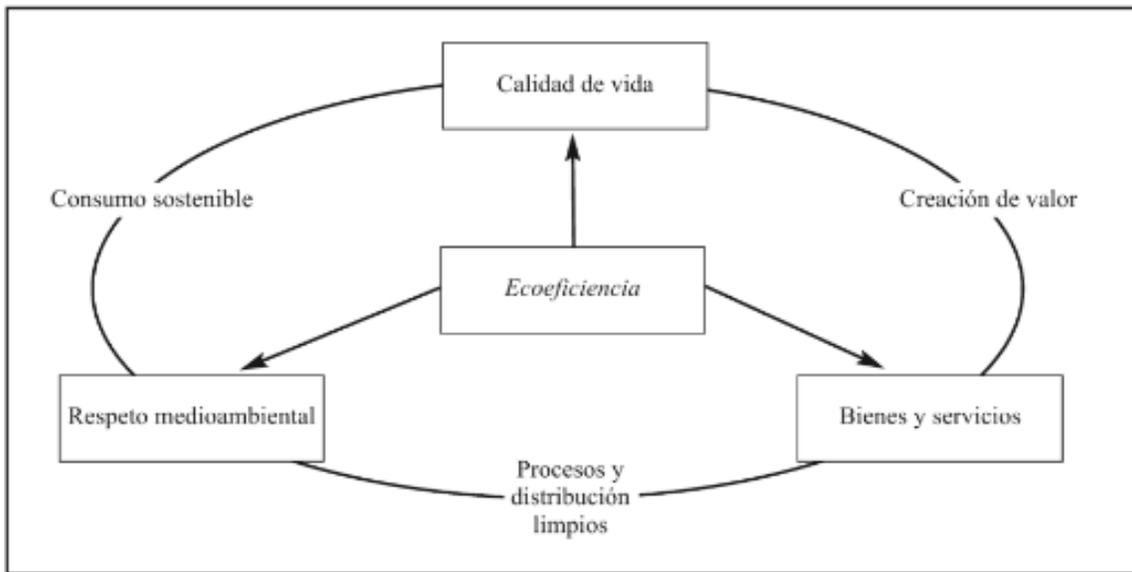
### **4.1 Introducción al Ecodiseño.**

En los últimos años se ha visto un incremento de la contaminación y la degradación del medio ambiente, debido, en parte, al uso desmesurado de las materias primas que ofrecen los recursos naturales, y al mal manejo de los residuos, sean sólidos, líquidos o gaseosos, los cuales son emitidos

al medio ambiente generando una alteración de los ecosistemas por diversos compuestos tóxicos que componen los residuos. Con respecto al deterioro ambiental, el ser humano se ha visto en la necesidad de diseñar nuevas alternativas que mitiguen o que disminuyan el deterioro ambiental que se ha generado desde la era industrial, en donde la contaminación aumentó por el uso de compuestos que alteran a niveles alarmantes el medio ambiente. La nueva era de la industria se ha visto en la necesidad de crear e implementar formas de usar racionalmente la energía y las materias primas, para ello se ha establecido la economía circular para disminuir la cantidad de residuos que van a los residuos sanitarios, y darles un valor agregado, como la generación de energías limpias, el uso de agro fertilizantes orgánicos más limpios, y hasta reutilizar objetos, que antes se creía que no servían para nada.

Con la implementación de estas nuevas alternativas, llegó el ecodiseño, que es la metodología para el diseño de productos industriales en el que la conservación del medio ambiente fue un pilar fundamental para el proceso de fabricación del producto. (Balboa, 2013). Con la implementación de estas alternativas, se pueden minimizar los impactos negativos hacia el medio ambiente, pudiendo generar, en un grado mayor, la conservación de los recursos naturales, y una mejora en la calidad de vida de la sociedad. El ecodiseño también permitió reducir costos de producción, optimizar la calidad y la vida útil de los productos, y seleccionar productos más sostenibles y con menor uso energético. (Balboa, 2013)

Para lograr el ecodiseño, la industria se ha visto beneficiada por la evolución tecnológica que se ha dado en los últimos años, ya que con la tecnología se ha podido conseguir la reducción en el uso de energía y materias primas, así como mejorar la eficiencia de los equipos e instalaciones, sin perder la calidad de sus productos.



*Ilustración 3. Implicaciones de la ecoeficiencia*

*Fuente: (Urón, 2010)*

La sostenibilidad ambiental se logra implementando procesos productivos más amigables con los recursos naturales, optimizando el uso las materias primas, e implementando estrategias como la economía circular y el uso de energías más limpias para la fabricación de los productos y servicios que prestan las empresas, sin perder de vista la calidad de vida y la calidad de los productos fabricados.

## **4.2 Relación entre ecodiseño y economía circular.**

El ecodiseño básicamente es la metodología para el diseño de productos industriales en el que el medio ambiente se tuvo en cuenta durante el proceso de desarrollo del producto como un factor adicional a los que tradicionalmente se utilizó para la toma de decisiones. El ecodiseño permitió

obtener oportunidades comerciales, así como hacer frente a las amenazas externas. Es decir, permitió: reducir costos de producción, el consumo de productos y recursos, optimizar la calidad y aumentar la vida útil de los productos, seleccionar recursos más sostenibles o con menor consumo energético, buscar la utilización de tecnologías más limpias, y minimizar los costes de manipulación de residuos y desechos y, al mismo tiempo, hizo frente a la normativa gubernamental y atendió a las presiones de los consumidores, entre otros. Por tanto, el eco-diseño permitió reducir los distintos impactos ambientales de un determinado producto/servicio a lo largo de todo su ciclo de vida. (Balboa, 2013)

Por otra parte, el origen de la Economía Circular no se remonta a una única fecha o un único autor. Desde finales de la década de los setenta sus aplicaciones prácticas en los sistemas económicos y procesos industriales modernos han cobrado impulso, han ido desarrollándose a lo largo de este tiempo y continuará en el futuro. En 1976, el arquitecto y economista Walter Stahel esbozó en su informe de investigación para la Comisión Europea, escrito junto con Genevieve Reday, la visión de una economía en bucles (o Economía Circular) y su impacto en la creación de empleo, competitividad económica, ahorro de recursos y prevención de residuos. Se le atribuye ser el inventor de la expresión “Cradle to Cradle” (de la cuna a la cuna) a finales de la década de los setenta. Stahel trabajó en el desarrollo de un enfoque de bucle cerrado para los procesos de producción y fundó el Product Life Institute en Ginebra hace más de 25 años. (Morocho, 2018)

Paralelamente, la sociedad, las empresas y los gobiernos han abordado la sostenibilidad como un objetivo con diferentes modelos industriales y desde una perspectiva lineal. Incluso muchos de los esfuerzos para solucionar los problemas ambientales suelen reducirse a técnicas correctivas o end of pipe y a la modernización tecnológica que puede comprar tiempo, pero no puede por sí misma comprar sostenibilidad. Es fundamental activar la transición hacia un nuevo modelo productivo que

reduzca la presión sobre el medio ambiente, y que sea capaz de generar desarrollo económico y social. En este escenario, el paradigma de la Economía Circular se presenta como la alternativa a este modelo lineal. La Economía Circular permite responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo actual porque promueve un flujo cíclico para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y la energía de productos y servicios disponibles en el mercado.

La Economía Circular es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible. (Vanessa Prieto Sandoval, 2017). La mayoría de empresas ya han orientado su política ambiental hacia un planteamiento global que contempló los flujos energéticos y de materiales entre el sistema productivo y su entorno; y percibió la variable medioambiental como una oportunidad estratégica para obtener ventajas competitivas. (Balboa, 2013)

En relación con la Economía Circular, el ecodiseño se consolidó como herramienta clave, con aceptación empresarial, entre las que se pueden señalar: reciclaje de materiales, incremento de la durabilidad del producto, empleo de materiales reciclables, menor consumo energético, rediseño/reacondicionamiento, menor desperdicio en producción, técnicas limpias de producción, reducción en el peso y/o volumen del producto, empleo de materiales o envases más limpios y reutilizables, y empleo de menor cantidad de envase. En consecuencia, la perspectiva de desarrollo de ecodiseño como práctica asociada a la producción más limpia es ahora más interesante. La economía circular constituye el marco de trabajo en el que se desarrolla el ecodiseño, como un modelo circular integral. Se toma el ecodiseño como la principal herramienta necesaria para la fabricación de productos y servicios que cumplan los criterios requeridos de eficiencia, sostenibilidad, socialmente responsables y diferenciadores. (Balboa, 2013)

### **4.3 Importancia del ecodiseño desde un enfoque de sostenibilidad en la cadena productiva.**

El ecodiseño puede entenderse como una metodología que tiene como objetivo el desarrollo o uso de los productos, reduciendo los impactos ambientales que puedan tener estos desde sus producciones. Puede decirse que es clave en los sistemas de gestión para alcanzar los objetivos de sostenibilidad económica, ya que mediante la creación y la reconfiguración de productos respetuosos con el medio ambiente permite frenar la degradación de los ecosistemas, el agotamiento de los recursos naturales y la cadena de efectos adversos sobre la salud humana. Según (Jaramillo, 2011), los principios para lograr con éxito un sistema con ecodiseño incluido son los siguientes:

- Eficiencia en la fabricación de productos, empleando la menor cantidad material y energética posibles.
- Diseño por desmontaje, para permitir en un futuro el reciclado de los productos.
- Elaborar los productos empleando un único material o materiales "bio".
- El empleo de formas y materiales de larga duración.
- Multifuncionalidad y posibilidad de reutilizar y reciclar los productos.
- Reducir las dimensiones del producto a fin de disminuir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en el transporte de los mismos.
- Considerar los productos como servicios y no como objetos.
- Apoyo en las nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia de los productos.
- Reducir las emisiones.
- Difundir e integrar el mensaje de sostenibilidad del producto en su diseño.

Hoy en día, entendemos el concepto de sostenibilidad ambiental como el equilibrio que se genera en una relación armónica entre el ser humano y la naturaleza. Tal y como afirma la fundación

Wiese, “implica promover el desarrollo económico y alcanzarlo, pero sin amenazar, ni degradar el ambiente, es decir, el impacto en el ambiente debe ser mínimo”. Sin embargo, en la actualidad, el desarrollo sostenible no comprende únicamente aspectos ambientales, sino también, como afirma la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), refleja “un complejo equilibrio entre distintas perspectivas sobre la relación entre medio ambiente y desarrollo económico y social”. De este modo, cuenta con tres pilares o dimensiones: el económico, el social y el ambiental (Márquez, 2020)

Ahora, si aterrizamos los dos conceptos, entre ecodiseño y sostenibilidad, podemos encontrar una variable similar, el cual es el desarrollo productivo en base con la preservación ambiental, en donde el ecodiseño con enfoque sostenible incita a la reprogramación de la cadena productiva para cambiar su cadena productiva hacia una que trabaje dentro de la economía circular, siempre y cuando esta nueva alternativa sea factible no solamente desde el ámbito ambiental, sino en lo económico, ya sea incorporando materiales reciclables y sin un alto grado de dificultad para incorporarse dentro del proceso productivo que eleve su valor comercial, afectando así, la sostenibilidad y viabilidad del producto.

#### **4.4 Importancia de la implementación de la matriz MET y la Rueda de Lids en una alternativa de ecodiseño.**

La matriz MET es un método cualitativo que ofrece una visión global de los aspectos e impactos medioambientales relacionados con el proceso de producción. Con el diseño de la matriz MET nos ayuda a identificar la información de cuáles son los aspectos ambientales prioritarios dentro de nuestra cadena productiva.

Esta matriz se divide en tres columnas: La primera, con la letra M, haciendo referencia a el uso de materiales siendo las entradas en el ciclo de vida. La segunda, la letra E, es el uso de la energía (entradas). La tercera, T, son las emisiones tóxicas, vertidos o todas las salidas del sistema.

En las filas se encuentran las fases del proceso de un producto: Obtención y consumo de recursos, producción, distribución, uso o utilización, mantenimiento, eliminación final.

De esta manera la matriz MET nos permite desglosar nuestra cadena productiva, que nos permitiría realizar un mejor análisis para desarrollar una estrategia de ecodiseño para nuestro producto, identificando en cada etapa de la cadena productiva los materiales que intervienen en la producción a lo largo de su ciclo de vida.

La Rueda estratégica de ecodiseño o Rueda LIDS (Life Cycle Design Strategies) Van Hemel (1995), es una herramienta que permite identificar las características de producción sustentable que van surgiendo durante la cadena constructiva de un producto. De esta manera, se logra que las marcas se involucren en un proceso consciente de sustentabilidad; donde logren integrar toda su cadena productiva en buenas prácticas, por ejemplo, minimizar el gasto de agua, la compra de materiales contaminantes como los sintéticos, trabajar con luz día, aprovechar los procesos artesanales y técnicas manuales, entre otros. (DÍAZ)

#### **4.5 Matriz MET y rueda estratégica del ecodiseño (Anexo):**

**4.2.1** Se realiza una matriz MET con la información de la cadena productiva del aguacate, con el fin de desglosar la información de materia orgánica, energía y sustancias tóxicas, en cada etapa de la cadena productiva, en donde se pudo analizar una alta influencia de emisiones de GEI y derrame de lixiviados a lo largo de las diferentes etapas dentro de la

cadena productiva del aguacate como se puede apreciar mejor en la matriz de MET realizada (*Ver anexo 9*).

**4.2.2** Rueda de Lids dentro de la cadena productiva, para la identificación de la viabilidad del riego de agua dentro de la cadena productiva, implementando como alternativa un sistema de recirculación de agua (*Ver anexo 10*).

**4.2.3** Tomar una de las propuestas de ecodiseño del punto anterior y priorizar los aspectos ambientales significativos a considerar y generar una escala de valoración (puede hacer una tabla de valoración). (**Ver anexo 11**)

# **CAPÍTULO II: VALORIZACIÓN DE RESIDUOS**

## **Resumen**

En la producción de alimentos hay un nivel de pérdidas muy alto, debido a esto se ha producido un descontrol en a nivel ambiental, sin embargo, se han diseñado estrategias que permiten la mitigación del deterioro ambiental por medio del aprovechamiento de todos los residuos orgánicos que se generan en la cadena productiva en procesos como la cosecha, postcosecha, producción y comercialización de frutas y verduras. En la producción del aguacate se generan muchos residuos orgánicos, que, hasta hace algunos años, no se tenía un plan de aprovechamiento adecuado, generando un deterioro ambiental alto; en el presente se han ingeniado alternativas de aprovechamiento de residuos como la cáscara, la semilla y la pulpa del aguacate, en el caso de las frutas que son descartadas en el proceso de selección. En el presente informe se presentan algunas alternativas de aprovechamiento de residuos orgánicos generados por la producción y consumo de aguacate. Para poder llegar al aprovechamiento de los residuos, se hablará de la biorrefinería para separar los compuestos de la fruta y darles un mejor aprovechamiento a sus propiedades.

## **1. Esquemas conceptuales de los residuos generados en la cadena productiva del aguacate, analizando los principales residuos, características y potencial de valorización.**

El aguacate es una fruta que se consume fresca o procesada, en la mayoría de procesos alimenticios se usa la pulpa para obtener diferentes productos alimenticios, como por ejemplo el guacamole, sin embargo, después de ser usada para la alimentación, se desecha la cáscara y la semilla o pepa, y en la producción de aguacate se descartan algunas frutas por tener imperfecciones físicas, gracias a estos residuos se pueden obtener diferentes productos para algunos procesos industriales. Gracias a la composición química del aguacate se pueden aprovechar de diversas formas los residuos orgánicos provenientes de su uso, como en la obtención de energía y de biogás a partir de la descomposición de la cáscara y la semilla del aguacate; del proceso de descomposición también se da el proceso de compostaje para obtener abono orgánico y agro fertilizantes para agregarles a las plantas, y así, tengan una adición de nutrientes y minerales que les ayudan en su crecimiento. Además, los residuos del aguacate se pueden usar en el tratamiento de aguas residuales, en la producción cosmética, en la producción de productos de cocina, entre otros. (Orrego Alzate Carlos Eduardo, 2020)

A continuación, se muestra los procesos de aprovechamiento que se le puede dar a los residuos del aguacate.

Tipo de generador	Tipo de residuo	Descripción	Métodos de aprovechamiento
Agrícola	Industria del aguacate	Residuos vegetales	Compostaje
			Lombricultivo
			Digestión anaerobia
			Fabricación de productos cosméticos
			Fabricación de Aceite de cocina
			Uso en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

*Tabla 7. Usos potenciales de los residuos del aguacate*

*Fuente: Elaboración propia*

Para obtener todos los productos y servicios que brinda el aguacate se debe llevar a cabo el proceso de biorrefinería, que consiste principalmente en la separación de los compuestos de la fruta para poder hacer uso de ellos, por ejemplo, para obtener los aceites que contiene el aguacate (ricos en grasa de omega 3) se pasa la pulpa a un termobatido para aislar el aceite de la materia prima, luego se hace la extracción del aceite por medio de un prensado en frío (Suárez, 2021), “*Se le denomina así porque se realiza a temperatura ambiente para evitar el proceso oxidativo del aceite por causa del calor*” (Olivetto, 2020), este proceso se hace a bajas temperaturas para asegurar la perdurabilidad del producto, y para finalizar, se hace la purificación del aceite por medio de centrifugación. La semilla y la cáscara son usadas para la producción de biogás a partir de digestión anaerobia. El biogás producido es alimentado a un sistema de cogeneración para la producción de energía. (Orrego Alzate Carlos Eduardo, 2020)

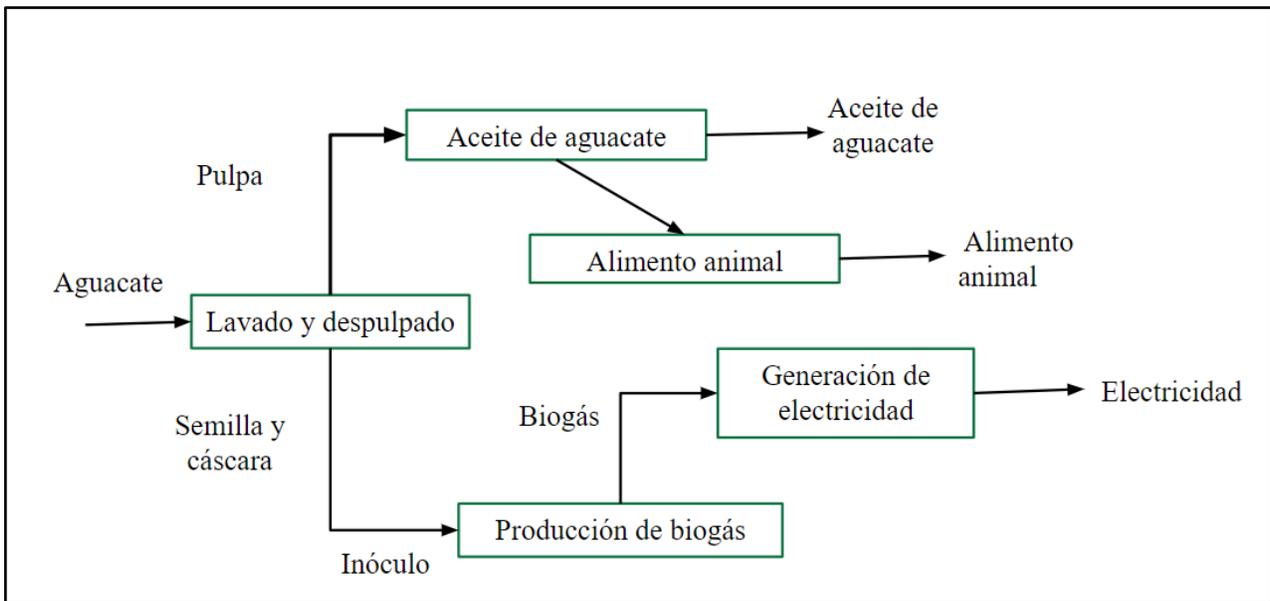


Tabla 8. Biorrefinería para el aprovechamiento del aguacate descartado en la producción.

Fuente: (Orrego Alzate Carlos Eduardo, 2020)

## **2. Justificación de la importancia del manejo del residuo sólido de la cadena productiva del aguacate y su valorización considerando el marco normativo colombiano (PECTIA, CONPES, Estrategias de economía circular)**

La utilización de los residuos sólidos orgánicos después de cumplir con su vida productiva inicial, permite la generación de nuevas cadenas productivas a residuos que no son por lo general aprovechados, principalmente el aprovechamiento de la materia orgánica permite reducir la contaminación, disminución de precios en generación y producción de materias primas y una reducción de los residuos que llegan al relleno sanitario, vertederos u otras formas de disposición poco adecuadas. (UNA Campus, 2014). En el caso del aguacate se estima que, por cada millón de toneladas cosechadas, más de la mitad de cáscaras y semillas se convierten en residuos, lo que en la industria alimentaria representa una gran cantidad de desechos y un problema de mayor escala. (Instituto Colombiano Agropecuario, 2012)

¿Hay alguna forma de darle algún otro uso a la semilla?

La semilla de aguacate es un residuo que por lo general es desechado debido al desconocimiento de las características químicas que tiene esta parte de la fruta, ya que la semilla es una gran fuente de almidón que posee una gran capacidad de antioxidantes, que dentro de un plan dietético ayuda a neutralizar radicales libres. Su consumo se ha dado dentro del sector alimenticio y cosmético en forma de aceite. Además de ser rica en aminoácidos, la semilla de aguacate también contiene ácidos grasos esenciales, que aportan beneficios a nivel cardiovascular. La particularidad de estos ácidos es que el cuerpo no los puede sintetizar de forma natural, por lo que necesita incorporarlos a través de la alimentación. (CEBALLOS, 2013)

Teniendo un alto índice de consumo por sus propiedades, aún se siguen desechando altas cantidades de residuos orgánicos provenientes del uso del aguacate, esta es la razón por la que hay un gran interés por parte de la comunidad científica y comercial de encontrarle uso a la semilla en la

fabricación de productos con fines económicos o de crear programas para su aprovechamiento. (Obispo, 2019). Recientemente los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia realizaron una prueba de un jarabe de almidón a partir del hueso de aguacate que creen pudiera tener más de 700 usos.



*Ilustración 4. Aprovechamiento de los residuos del aguacate*

*Fuente: (González, 2017)*

Con la información anteriormente descrita por parte de la reutilización de los residuos de la semilla del aguacate y tomando como guía la CONPES 3874 de 2016 de política nacional de gestión integral de residuos sólidos y la estrategia nacional de economía circular, se puede realizar una idealización para implementar esquemas para el tratamiento de residuos orgánicos provenientes del ciclo de vida del aguacate, tomando como base la semilla y la cáscara del aguacate, con el fin de generar un aprovechamiento de residuos, que, por lo general son desechados. La incorporación de tecnologías complementarias para la valorización de residuos sólidos orgánicos provenientes del aguacate, es una alternativa que permite aprovechar al máximo las propiedades químicas del aguacate, que según estudios sirve para fabricar productos medicinales, cosméticos y alimenticios. (Consejo Nacional de Política Económica y Social , 2008)

La escasez de recursos y el crecimiento poblacional son las principales razones para que se cambie el modelo lineal que siempre ha reinado, en el que se extraen, producen y se desechan productos sin la posibilidad de incorporarse a un nuevo sistema de aprovechamiento; ahora se apuesta por un modelo circular en el que después de usar un producto no se desecha, sino que se busquen nuevas alternativas de aprovechamiento, con esto, se lograría una reducción y eliminación de residuos sólidos con miras a la reutilización y reciclaje de los mismos.

El aprovechamiento de estos residuos, como anteriormente se menciona, permite un aprovechamiento de una materia prima rica en minerales y sustratos que pueden ser altamente beneficiados en un amplio mercado del sector económico. Además de generar un aporte a la disminución de residuos sólidos que, o pueden terminar como abono o como basura en vertederos, que, como lo menciona el CONPES 3530 de 2018 de los “*lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos*”; a través de los lineamientos allí establecidos se quiso generar un adecuado desarrollo y cumplimiento de la normatividad del servicio público de aseo, ajustar las condiciones técnicas para la ejecución de los proyectos en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos, mejorar el desarrollo empresarial en la prestación de los componentes del servicio público de aseo, propender por el desarrollo de esquemas financieros eficientes y promover el establecimiento de esquemas organizados de aprovechamiento en donde se plantean ideas para generar valor a un producto que tiene una cadena productiva con un alto costo energético y ambiental, con el fin de ser mejor aprovechado y pueda ser útil en las próximas cadenas productivas generando un impacto o demanda ambiental de menor escala o reducido. (Consejo Nacional de Política Económica y Social , 2008)

### 3. Identificación del residuo de la semilla de aguacate, y el análisis del impacto ambiental de su implementación en términos de emisión de gases efecto invernadero.

Teniendo en cuenta la composición de la fruta de aguacate, se ha considerado que la semilla (pepa) tiene múltiples variables para su reutilización a la hora de considerarse un residuo; es por esto que se ha determinado que el enfoque ideal estaría en esta semilla por los importantes aportes en procesos que se llevan a cabo en el posconsumo. De la semilla se pueden obtener diversos productos; algunos de ellos se mencionan a continuación con su respectivo análisis de impacto ambiental enfocado en los Gases de Efecto Invernadero (GEI):

Estrategias	Características	Impacto Ambiental
Aceite Vegetal (Alimento)	El aceite de aguacate, extraído de la semilla (pepa), cumple con las recomendaciones nutricionales que se enfocan a reducir la cantidad de grasa saturada en la dieta. Se caracteriza por contener una baja proporción de ácidos grasos saturados (entre un 10% y 19%), una elevada cantidad de ácido oleico (puede llegar hasta un 80 por ciento), un nivel aceptable de ácidos grasos poliinsaturados (11% - 15%) y nada de colesterol. Se ha demostrado que las dietas enriquecidas con aceite de aguacate son tan efectivas como aquellas que contienen aceite de maíz, aceite de soya o de girasol, para reducir el colesterol total. (Pérez Rosales, Villanueva Rodríguez, & Cosío Ramírez, 2005)	El impacto ambiental enfocado en los Gases de Efecto Invernadero (GEI), se concentran específicamente en el posconsumo del producto, en la generación de botellas plásticas y de vidrio las cuales contienen el aceite, estos se convierten en residuos sólidos.
	Avances tecnológicos demuestran que se puede	El principal impacto negativo en el medio ambiente recae

<p>Aceite Vegetal (Biocombustible)</p>	<p>obtener biocombustibles derivados del aceite vegetal. Los biocombustibles se producen en mayor proporción a partir de biomasa; se conocen como combustibles líquidos o gaseosos para el sector del transporte. La mayor diferencia entre los biocombustibles y los combustibles derivados del petróleo es el contenido de oxígeno, por lo cual se entiende que el bioetanol puede sustituir la gasolina y el biodiesel puede suplir al diésel.</p>	<p>principalmente en la tala indiscriminada e ilegal de árboles, pues se deforestan superficies demasiado extensas y con esto se incrementan los Gases de Efecto Invernadero (GEI).</p>
<p>Compostaje</p>	<p>La utilización de aguacate para la fabricación de compost hasta el momento no cuenta con un registro en Colombia, sin embargo, existe un seguimiento que permite tener datos verídicos de la calidad del compost obtenido y su utilización como fertilizante en cultivo. De todas formas, dada la composición de las frutas de aguacate la degradación es rápida porque que es un producto perecedero, la acumulación de las grandes cantidades atrae insectos para lo cual se utiliza la cal dolomita igual que en otros residuos, el compostaje es aerobio, o sea con presencia de oxígeno. (Fernanda Cardona, 2021)</p>	<p>Según establecen algunos datos verídicos, los impactos parecen ser sólo positivos, pues contribuye al incremento de materia orgánica de los suelos agrícolas, y por tanto a la mejora de su fertilidad, estructura y retención hídrica, previniendo así su erosión y degradación.</p>

<p style="text-align: center;">Carbón Activo</p>	<p>El carbón activado se puede obtener de diferentes residuos orgánicos que no tienen segundo uso; el aguacate es una fruta con alta generación de residuos de semillas (pepas), que tienen todas las condiciones para obtener carbón activado, es por esto que se ha elegido este residuo para el proceso de producción de carbón activado; para activar el carbón se utilizó ácido fosfórico (85%) a diferentes relaciones de impregnación (0.5, 1.0, 1.5, 2.0). (Soriano Lojero Shantal Stephanie, 2019)</p> <p>Es imperativo mencionar la alta capacidad que tiene el carbón activo de absorber los metales pesados en el agua residual, es por esto que se convierte en una estrategia interesante de implementar y aplicar en el tratamiento de aguas residuales, considerándose un parámetro con gran porcentaje de remoción. (José Herney Ramírez Franco, 2013)</p>	<p>Son imperceptibles los impactos negativos de este producto.</p>
<p style="text-align: center;">Aceite Vegetal (Almacenamiento o liberación de energía)</p>	<p>Es importante el desarrollo de nuevos materiales de cambio de fase que actúan a bajas temperaturas para facilitar su uso en contenedores de transporte y almacenamiento de productos. Al conocer que los aceites vegetales proveen buenas propiedades para este fin, se realizó el estudio al aceite proveniente de la pepa de aguacate por medio de la Calorimetría Diferencial de Barrido, Espectrometría</p>	<p>El impacto ambiental con enfoque en los Gases de Efecto Invernadero (GEI) se concentra básicamente en emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, polvo en suspensión, ruidos y vibraciones, residuos y el exceso de consumo energético.</p>

	Infrarroja y Termogravimetría para determinar sus propiedades y catalogarlo como un material de cambio de fase (Marmolejo Gómez, 2020)	
--	--	--

*Tabla 9. Impactos ambientales asociados al aprovechamiento de los residuos*

*Fuente: Elaboración propia.*

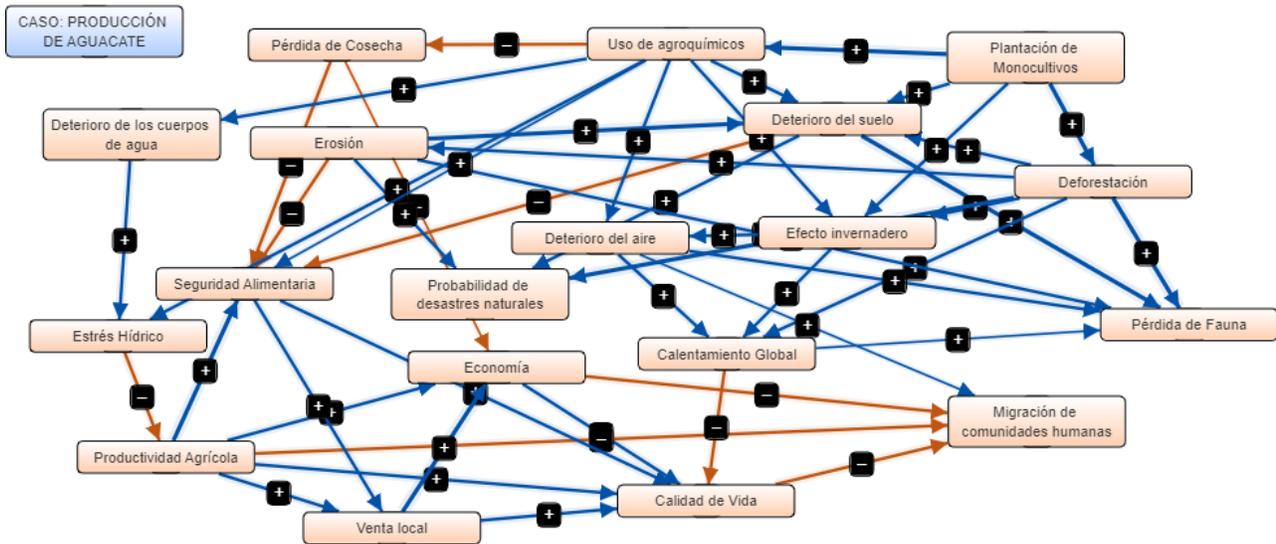
## CONCLUSIONES

- El aguacate Hass es una fruta que representa un alto crecimiento tanto económico como agrícola para el país, esto es gracias a que en Colombia hay suelos fértiles que permiten la fácil distribución del fruto a través del territorio nacional, pudiendo beneficiar a diversos productores y campesinos que laboran en los cultivos.
- Gracias a la determinación de cada Huella (Ecológica, de Carbono e Hídrica) es importante concluir que la problemática ambiental entorno a la cadena de producción de aguacate es muy alarmante, pues es una fruta que está teniendo un crecimiento exponencial desde hace varios años y debido al buen margen económico que tiene, tal parece que no tendrá techo su crecimiento. Por lo mencionado anteriormente, se deben tomar nuevas medidas implementando alternativas para la mitigación de los impactos negativos que esta conlleva y así esta cadena ser totalmente sustentable. Es imperativo integrar la metodología del Ecodiseño y Economía Circular como nuevas tecnologías que contribuyan a crear estrategias que tengan un enfoque positivo para el medio ambiente, desde la producción del aguacate hasta su posconsumo.
- El aprovechamiento de los residuos sólidos generados por la producción del aguacate puede ser una alternativa para la disminución de los GEI que se generan en los rellenos sanitarios; esto es gracias a que el aguacate tiene propiedades físico-químicas que favorecen la producción en diversas líneas industriales, como por ejemplo, la realización de productos cosméticos, el aprovechamiento de la semilla en el tratamiento de aguas residuales, la generación de biocombustibles, la fabricación de aceites vegetales con fines alimenticios, entre otros muchos usos con los que se puede afirmar que el

aprovechamiento de los residuos del aguacate es una buena alternativa tanto económica como también ambiental.

# ANEXOS

## 1. Mapa mental Grupal

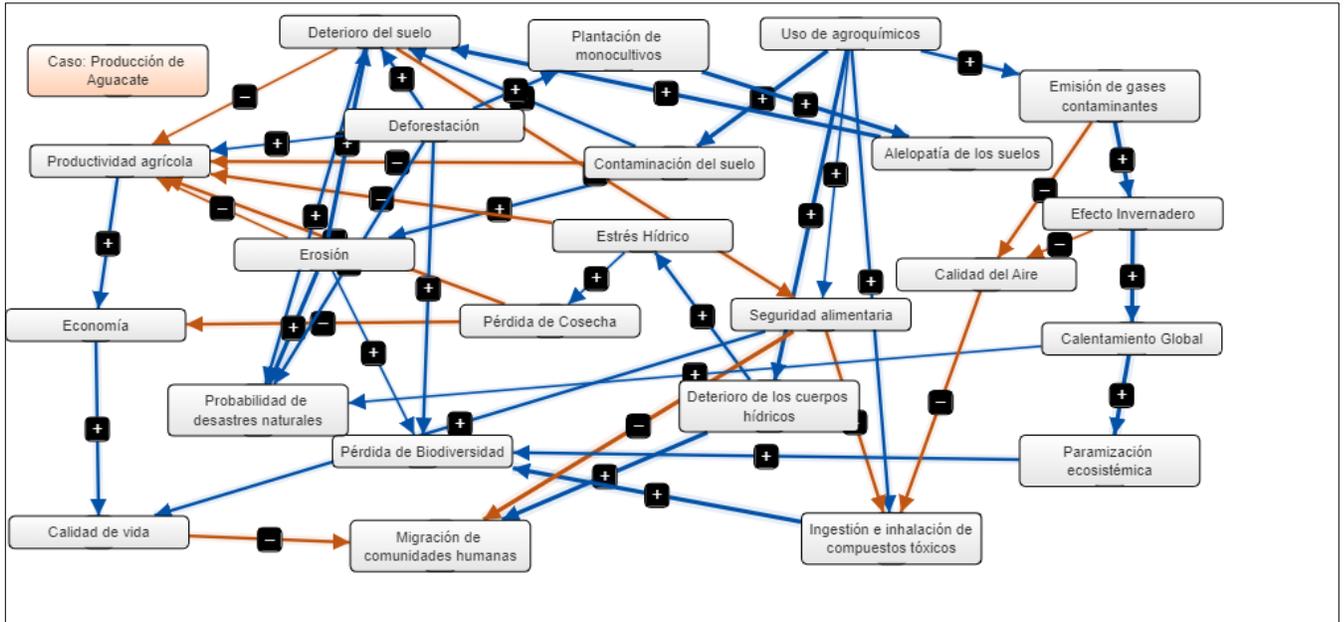


*Fuente: Elaboración propia.*

*Anexo 1. Mapa mental Grupal*

Con el fin de identificar los impactos ambientales asociados a la producción de aguacate a nivel general, se realizó un mapa mental con el aplicativo Mental Modeler, el cual permite emparejar de forma positiva o negativa las acciones llevadas a cabo en la producción con los impactos positivos y negativos. En el *Anexo 1*, se observa el mapa mental que combina los mapas mentales de los autores del texto, identificando los principales impactos de las acciones que se llevan a cabo en la producción de aguacate. Acciones como el uso de agroquímicos, plantación de monocultivos, deforestación, aumentan la probabilidad de impactos ambientales negativos como la pérdida de fauna, deterioro del aire y del suelo, aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y por ende un incremento de temperatura (calentamiento global). Sin embargo, la producción de aguacate aumenta la economía, y a su vez, la calidad de vida de los campesinos que dependen de esta actividad.

## 2. Mapa mental Sergio

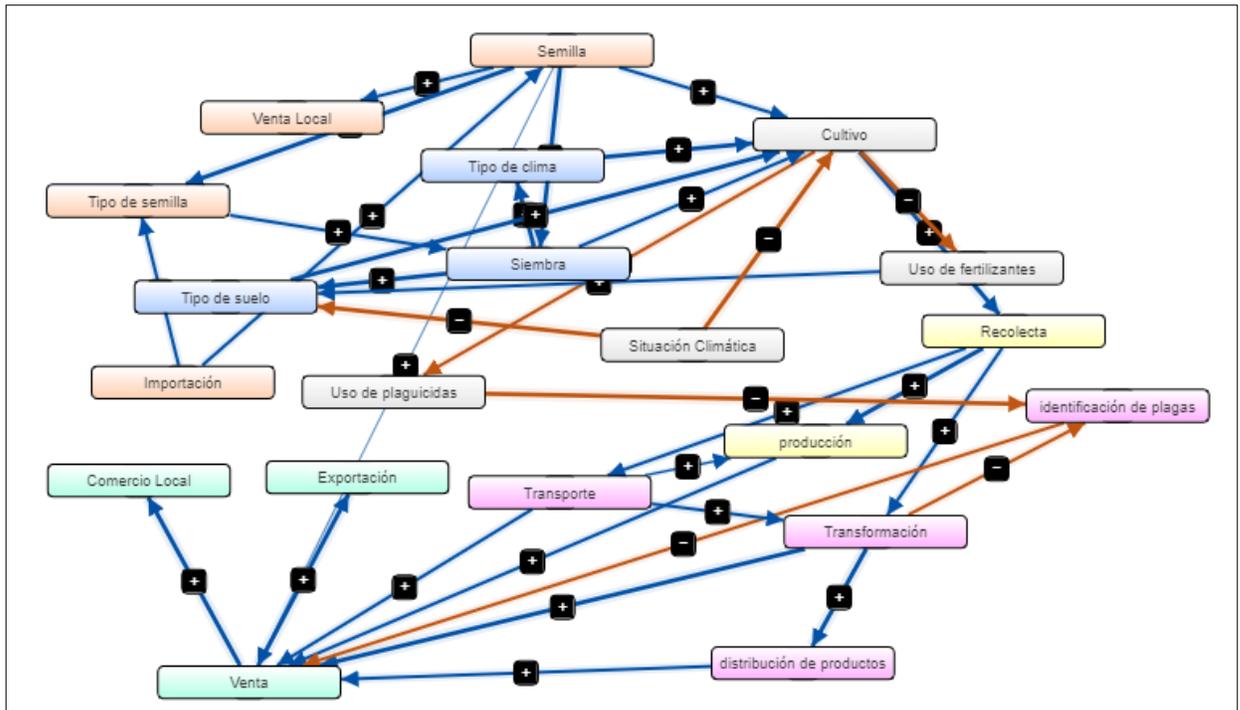


Anexo 2. Mapa mental Sergio

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 2 se puede identificar algunas acciones que se llevan a cabo a lo largo de la cadena productiva del aguacate que generan impactos tanto positivos como negativos. En las acciones que tienen un impacto negativo en el medio ambiente esta: la deforestación, el uso de agroquímicos, la deforestación; estas acciones generan impactos como la alelopatía de los suelos, emisión de gases de efecto invernadero incontrolada, aceleración en la paramización de los ecosistemas, erosión, inhalación de gases tóxicos por parte de la fauna y las comunidades humanas, entre otros impactos. De igual manera, al realizar estas acciones, las comunidades se ven beneficiadas económicamente ya que por medio de la plantación de los monocultivos se incrementan las ventas a nivel regional y nacional, a su vez esto incrementa la calidad de vida de las comunidades. Sin embargo, se le debe dar importancia a los aspectos ambientales, ya que si se genera un desequilibrio no se podrán dar a futuro las cosechas de aguacate, lo cual traerá una baja calidad de vida para las comunidades, y su eventual migración.

### 3. Mapa mental Óscar

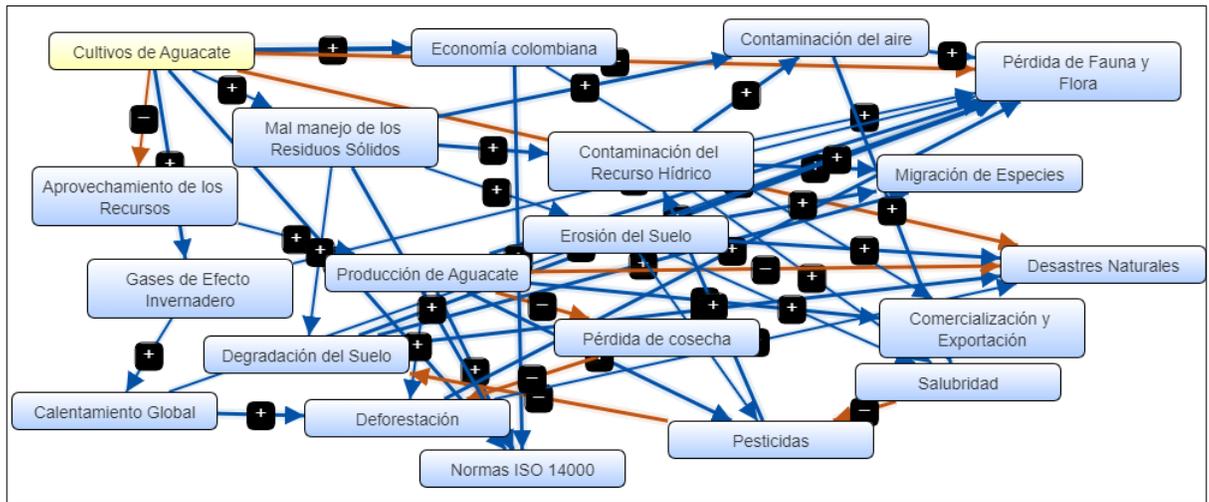


Anexo 3. Mapa mental Óscar

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del mental modeler, se construyó la cadena productiva principal del aguacate, en donde se pudiera identificar con facilidad cada etapa y dónde se fuera desglosada con las actividades que intervienen con las etapas de la cadena principal, en dónde se realizaron las intervenciones, según su grado de influencia en la etapa de la cadena y dentro de la cadena en general. A través del esquema del mental modeler, se puede ver qué grado de intervención tienen las actividades que, en el caso de la siembra de aguacate, intervienen la asociación económica, social y ambiental y las repercusiones o consecuencias de éstas dentro de la cadena.

#### 4. Mapa mental Alejandro



Anexo 4. Mapa mental Alejandro

Fuente: Elaboración propia.

En este mapa mental se pretende mencionar los principales y más significativos impactos que prevalecen en un cultivo de aguacate, desde la etapa de la cosecha hasta la etapa de posconsumo, resaltando las diferencias entre los que son directa e indirectamente proporcionales y la magnitud de cada uno de ellos. Fueron seleccionados 20 criterios, entre los impactos negativos más influyentes están: Contaminación del Recurso Hídrico, generación de Gases de Efecto Invernadero y Contaminación del Aire; a partir de ellos se desprenden los demás impactos que se generan alrededor de un cultivo de aguacate, lo que se permite establecer un panorama de inicio para comenzar a implementar nuevas alternativas desde el Ecodiseño y la Economía Circular y así conseguir mitigar los resultados negativos que sufre el medio ambiente, además de también alcanzar que un cultivo de aguacate sea completamente sostenible.

## 5. Cuadro Problemáticas ambientales y socioambientales alrededor del cultivo de aguacate

Problemáticas ambientales	Conflictos socioambientales
Deforestación en zona montañosa para la siembra del aguacate	Incertidumbre por parte de la comunidad por el actuar de las empresas aguacateras de la región.
Usos de fertilizantes, insecticidas y pesticidas durante la cosecha de la fruta	Contaminación del agua que es surtida en los hogares por el inadecuado o nulo postratamiento.
Remoción de tierra con máquinas amarillas para abrir y conectar vías, así como para abrir espacio para el cultivo.	Disminución del caudal de agua en zona media y baja por la disposición de masa de tierra sobre las quebradas.
Desplazamiento de especies por la actividad de deforestación y remoción de capa vegetal	Poca sanidad en las aguas que llegan a los hogares.
Estrés hídrico por el gran uso de agua para el cultivo de aguacate	Afectación a la calidad de vida de las comunidades aledañas
Turbidez del agua por el uso del elemento en las diferentes etapas de la siembra, así como por la contaminación por la remoción de tierra generando pantano y lodo aguas abajo.	Aumento de desastres naturales por el deterioro del suelo y cuerpos de agua
Pérdida de propiedades del suelo	Aumento de monocultivos

Deterioro de la calidad del aire	Aumento de enfermedades y plagas
----------------------------------	----------------------------------

*Anexo 5. Cuadro Problemáticas ambientales y socioambientales alrededor del cultivo de aguacate*

*Fuente: Elaboración propia.*

## 6. Certificado módulo virtual Oscar



Anexo 6. Certificado módulo virtual Óscar

## 7. Certificado módulo virtual Alejandro



Anexo 7. Certificado módulo virtual Alejandro

## 8. Certificado módulo virtual Sergio.



Anexo 8. Certificado módulo virtual Sergio.

## 9. Matriz de MET

	<b>Uso de Materiales (Entradas)</b>	<b>Uso de Energía (Entradas)</b>	<b>Emisiones tóxicas (salidas, emisiones, vertidos, residuos)</b>
<b>Diseño y Consumo de materiales. (Siembra)</b>	Consumo de agua, fertilizantes, pesticidas, semillas, plástico.	Uso de energía eléctrica en el sistemas de riego del cultivo.	Derrame de lixiviados y vertimientos de agua contaminada a fuentes hídricas, emisión de gases de aerosoles del uso de fertilizantes.
<b>Producción en Fábrica. (Cosecha)</b>	Uso de equipos de laboratorio para la limpieza y empaque de la fruta, uso del cartón y plástico para el empaque y transporte.	Uso de combustible fósil para el transporte de los productos, Energía eléctrica para la maquinaria de empaque.	Generación de gases de efecto invernadero por las emisiones provenientes del transporte de la fruta, deterioro de las propiedades del agua usada durante el proceso de producción.
<b>Distribución</b>	Uso de camiones, camionetas, motos, cuatrimotos para el transporte de los productos hasta el sitio de distribución. Uso de estopas, canastas, cajas de cartón y bolsas de plástico para el empaque y distribución de los productos.	Uso de combustibles fósiles en los vehículos que transportan la fruta.	Emisión de toneladas de gases de efecto invernadero.
<b>Uso o Utilización</b>	Alimento (agua, sal, azúcar), cosmético (sustancias químicas)	Uso de gas natural para la preparación de alimentos	Generación de mínimas cantidades de azufre, mercurio y otras partículas.
<b>Sistema de fin de vida - Eliminación final</b>	Semillas, pepas y cáscaras como residuos de la fruta. Botellas y plásticos en los casos de uso cosmético.	Uso de combustibles fósiles para transportar los residuos al relleno sanitario y energía eléctrica para	Emisión de gases de efecto invernadero y vertimiento de lixiviados por la degradación de la materia orgánica.

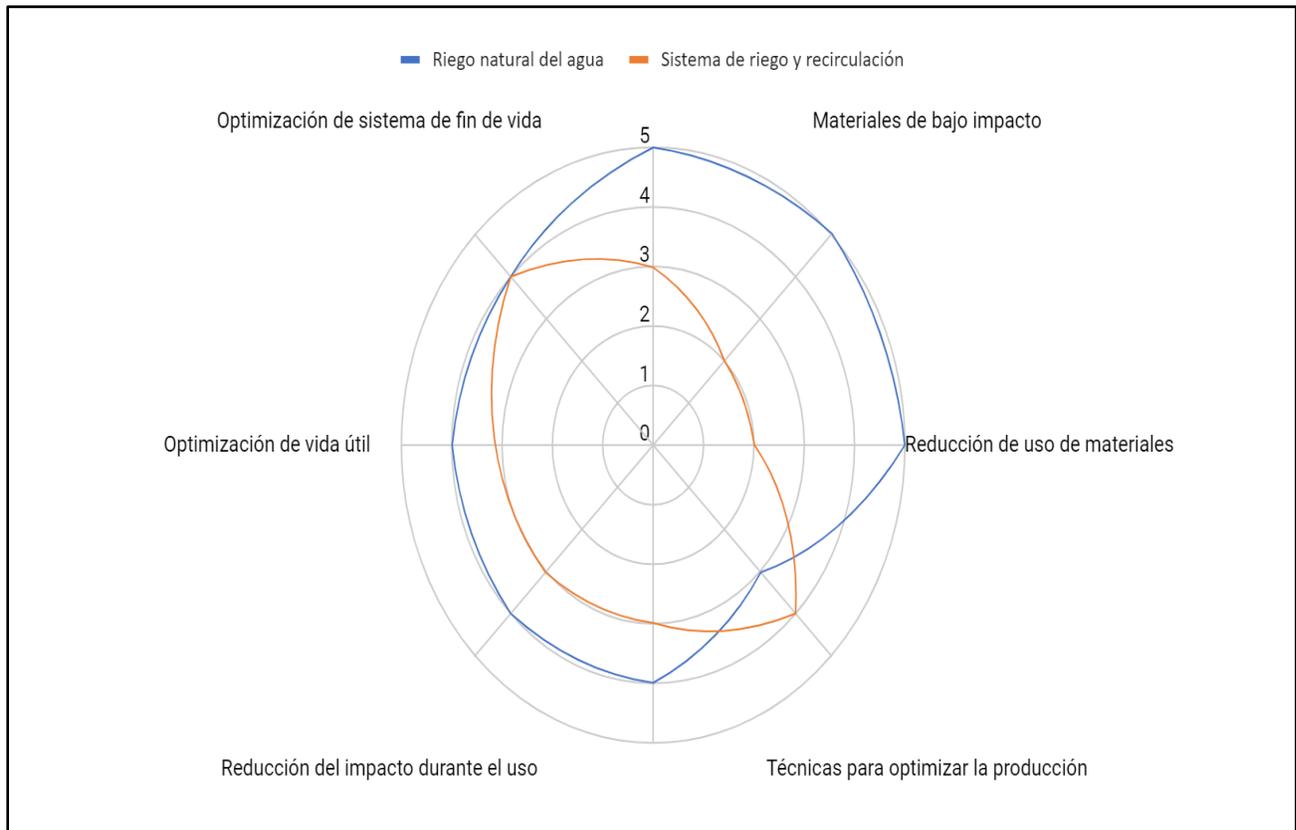
		procesar los residuos en el relleno sanitario,	
--	--	--	--

*Anexo 9. Matriz de MET*

*Fuente: Elaboración propia*

A partir de la matriz MET podemos identificar todos las entradas y salidas de material, energía y emisiones en cada proceso de la cadena productiva del aguacate. Si bien, es una herramienta importante, serviría de una mejor forma para un sitio en específico, ya que cada siembra de aguacate tiene diferentes situaciones, metodologías y cuidados, por lo que en está matriz MET intentamos basarnos en situaciones hipotéticas. en cuanto a materiales se destaca el uso de elementos plásticos, ya sean bolsas, envases o materiales de seguridad, para el factor de energía, se encuentran el uso de las fuentes energía eléctrica, así como el uso de combustibles fósiles y como sustancias tóxicas se destaca la generación de los lixiviados, sustancia generada a partir del uso de los fertilizantes, agroquímicos y demás sustancias que puedan alcanzar cuerpos de agua sin tratamiento previo.

## 10. Rueda de Lids.



*Anexo 10. Rueda de Lids.  
Fuente: Elaboración propia*

En esta gráfica lo que se pretende demostrar es la comparativa entre el Riego natural de agua y de un Sistema de Riego con Recirculación, siendo el Sistema de Riego una alternativa amigable con el medio ambiente, por lo que es imperativo implementar esta tecnología ya que en todos los criterios ilustrados en la gráfica presentan una gran mejoría en comparación con el Riego natural.

### 11. Tabla de Valorización

	Riego natural del agua	Sistema de riego y recirculación	Explicación
<b>Desarrollo de un nuevo concepto</b>	5	3	
<b>Materiales de bajo impacto</b>	5	2	El sistema de riego natural tiene menos impacto ambiental ya que no se deben alterar factores naturales para que funcione, a diferencia del sistema de riego por circulación, en el cual, se debe introducir materiales para que el agua llegue a cada planta.
<b>Reducción de uso de materiales</b>	5	2	Para el sistema de riego natural no se debe usar ningún tipo de material ya que se da por la precipitación, a diferencia del sistema de riego en el que se deben usar una alta cantidad de materiales.
<b>Técnicas para optimizar la producción</b>	3	4	Cuando se instala el sistema de circulación de está asegurando la hidratación de la planta, por el contrario con el sistema natural de riego, la hidratación no va a ser constante, a menos que la ubicación del cultivo tenga un alto índice de precipitación.

<b>Optimización sistema de distribución</b>	4	3	Con el riego natural se asegura la hidratación de todas las plantas; en cambio, para asegurar el regado de todas las plantas con el sistema de riego se debe implementar un uso de energía y de materiales considerables que pueden generar altos impactos ambientales.
<b>Reducción del impacto durante el uso</b>	4	3	Con el sistema de riego se facilita la distribución de las sustancias químicas, resultantes de la aspersión de los agroquímicos, por todos los sistemas de aguas subterráneas.
<b>Optimización de vida útil</b>	4	3.5	La duración de los materiales en el sistema de riego se pueden extender por mucho tiempo, sin embargo se debe hacer constante mantenimiento para asegurar el buen funcionamiento del sistema.
<b>Optimización de sistema de fin de vida</b>	4	4	Las mangueras usadas para el sistema de riego se pueden reusar por medio de la reparación en caso de que alguna de ellas presente fallas o daños.

*Anexo 11. Tabla de valorización*

*Fuente: Elaboración propia*

# Bibliografía

- Acuña, P. C. (02 de 08 de 2018). *Los riesgos del agua en el cultivo de aguacate*. Obtenido de <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/21802-riesgos-agua-cultivo-aguacate>
- Agricultura, M. d. (2020). *Cadena productiva del aguacate*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Alonso Frank, A. d. (2016). *Emisiones de dióxido de carbono originadas por el consumo de energía eléctrica en edificios de la Provincia de San Juan-Argentina*. Obtenido de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2352>
- Álvaro Roel, M. C. (2017). *Estrategias para minimizar el consumo de agua del cultivo de arroz en Uruguay manteniendo su productividad*. Obtenido de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482017000100109](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482017000100109)
- ARBOLEDA, J. A. (2012). *HUELLA DE CARBONO EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DOMINANTES EN EL MUNICIPIO DE FALÁN, TOLIMA*. Obtenido de <https://docplayer.es/40303554-Huella-de-carbono-en-los-sistemas-de-produccion-agricola-dominantes-en-el-municipio-de-falan-tolima.html>
- Ayala, H. J. (2020). *PRODUCCIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y EXPORTACIÓN DE AGUACATE HASS EN EL MUNICIPIO DE PENSILVANIA, CALDAS*. Obtenido de <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3064/1/prs-f-11%20%282%29.pdf>
- Balboa, C. H. (2013). *Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3*. Obtenido de [https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/71/84](https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/71/84)
- Bedoya, V. R. (2016). *Estimación de las emisiones de CO2 desde la perspectiva de la demanda de transporte en Medellín*. . Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5692938>
- Brito, H. F. (2019). *Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/104/10458194006/html/>
- Buenfil Rodríguez, M. O., & Vásquez, R. (21 de July de 2020). *Huella Hídrica de América Latina: retos y oportunidades*. Obtenido de Aqua-LAC: <https://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/86>
- Castillo, R. M. (04 de 2008). *Educación y huella ecológica*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/447/44780103.pdf>
- Castrejón, D. (2012). *Reducción de emisiones de GEI en el sector eléctrico ¿Renovables o Combustibles Fósiles y Energía Nuclear?* . Obtenido de <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-digital-universitaria/articulo/reduccion-de-emisiones-de-gei-en-el-sector-electrico-renovables-o-combustibles-fosiles-y-energia-nuclear>

- CEBALLOS, A. M. (2013). *EVALUACIÓN QUÍMICA DE LA FIBRA EN SEMILLA, PULPA Y CÁSCARA EN TRES VARIETADES DE AGUACATE*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a13.pdf>
- Cero Setenta. (21 de April de 2021). *El aguacate desata conflictos en el Eje Cafetero*. Obtenido de Ceroseventa: <https://cerosetenta.uniandes.edu.co/el-aguacate-desata-conflictos-en-el-eje-cafetero/>
- César Espíndola, J. V. (2011). *Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v23n1/art17.pdf>.
- CNUMAD. (1992). Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro.
- Coneo, M. (23 de October de 2019). *Fertilizantes de última generación podrían reducir la huella de carbono del agro*. Recuperado el 4 de July de 2022, de Agronegocios: <https://www.agronegocios.co/agricultura/fertilizantes-de-ultima-generacion-podrian-reducir-la-huella-de-carbono-del-agro-2923765>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social . (2008). *CONPES 3530*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3530.pdf>
- Cortés, F. A. (1991). *Uso eficiente del agua*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1274>
- Costantini, A., Perez, M. G., Busto, M., González, F., Cosentino, V., Romaniuk, R., & Taboada., M. A. (2018). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la producción Ganadera*. . Obtenido de <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/11/4-Costantini-cei68-5-5.pdf>
- Davenport., M. L. (02 de 05 de 2013). *Hass Avocado Composition and Potential Health Effects*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2011.556759>
- David E. Kromm, S. E. (1990). *ADOPTION OF WATER-SAVING PRACTICES BY IRRIGATORS IN THE HIGHT PLAINS*. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.1990.tb01435.x>
- Díaz Paz, C. J. (08 de 04 de 2022). *Implementación de un plan de manejo ambiental al sistema de producción de aguacate Hass en la finca Jireh, vereda La Claridad, municipio de Popayán*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33267/cjdiazp.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Díaz Paz, C. J. (s.f.). *Implementación de un plan de manejo ambiental al sistema de producción de aguacate Hass en la finca Jireh, vereda La Claridad, municipio de Popayán*. - 10596/33267. Recuperado el 21 de June de 2022, de Repositorio Institucional UNAD: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33267>
- DÍAZ, C. R. (s.f.). *El ecodiseño en la moda como alternativa divulgadora del desarrollo sostenible*. Obtenido de [https://javeriana.edu.co/unesco/buenvivir/contenido/ponencias/tema9/pdf/ponencia\\_03.pdf](https://javeriana.edu.co/unesco/buenvivir/contenido/ponencias/tema9/pdf/ponencia_03.pdf)
- Diego Arévalo, J. L. (2011). *Estudio nacional de huella hídrica colombia sector agrícola*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099/11915>

- Dourojeanni, A. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf)
- Érika Zárate Torres, A. F. (2017). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA*. Recuperado el 12 de July de 2022, de <https://www.unrn.edu.ar/archivos/planes/7/HUELLA%20HIDRICA%20Y%20AGUA%20VIRTUAL.pdf?v=1545071888>
- FAO. (2019). *Análisis del mercado de las principales frutas tropicales*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cb0834es/CB0834ES.pdf>
- Fernanda Cardona, L. (2021). *Búsqueda de alternativas en el aprovechamiento eco-eficiente del aguacate residual en el Municipio de Norcasia, Caldas*. . Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41138/lfcardonaac.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernandez, A. C. (2012). *El agua: un recurso esencial*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fernández, J. L. (22 de 11 de 2012). *EL CAMBIO CLIMÁTICO: SUS CAUSAS Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817473>
- Finagro. (2018). *FICHA DE INTELIGENCIA DEL AGUACATE*. Obtenido de [https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha\\_aguacate\\_version\\_ii.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_aguacate_version_ii.pdf)
- Fundación Aquae. (2021). *Instrumentos para calcular la huella hídrica*. Recuperado el 12 de July de 2022, de Fundación Aquae: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/componentes-de-la-huella-hidrica/>
- Galeano, E. (1994). *Úselo y Tírelo*.
- González Asías, L. (2021). *Potencialidades del aceite de la semilla de aguacate en la salud y su sostenibilidad ambiental y económica*. . Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4213>.
- González, C. N. (24 de 05 de 2017). *ESTUDIAN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE*. Obtenido de <https://www.residuosprofesional.com/estudian-aprovechamiento-residuos-aguacate/>
- Hernández, T. (2015). *La ceniza volcánica y sus efectos en la agricultura*. Obtenido de <https://desdeelsurco.com.ec/2015/09/la-ceniza-y-efectos-a-la-agricultura/>
- Hoeskstra, A. Y. (2021). *Manual de la evaluación de la huella hídrica*. Madrid: AENOR.
- IDEAM. (s.f.). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>.
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (25 de May de 2021). *En Caldas se realizan mesas de trabajo para aumentar la productividad y las exportaciones de aguacat*. Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario - ICA: <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-caldas-mesas-trabajo-aguacate-hass>

- Instituto Colombiano Agropecuario. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de aguacate Hass*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/->
- Jaramillo, D. H. (2011). *¿Cómo el diseño se convierte en factor innovador para el objeto en desuso?* Pereira: Grafica disciplinares de la UCP.
- José Herney Ramírez Franco, Ó. M. (2013). *Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula*. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2725>
- Lean, J. (2010). "Cycles and trends in solar irradiance and climate," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 1.
- Marmolejo Gómez, C. (2020). *Propuesta metodológica de gestión de riesgos para el transporte de aguacate hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca*. Universidad del Valle. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10893/19672>
- Márquez, A. (29 de 12 de 2020). *Ecodiseño: qué es y ejemplos*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/ecodiseno-que-es-y-ejemplos-3147.html>
- Márquez, A. (29 de December de 2020). *ECODISEÑO: qué es y ejemplos - Resumen*. Recuperado el 17 de July de 2022, de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/ecodiseno-que-es-y-ejemplos-3147.html>
- Matteucci, S. D. (2018). *Límites planetarios y Ley de bosques*. . Obtenido de [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/102781/CONICET\\_Digital\\_Nro.bb586038-ab97-4393-9d7b-87eb8e63e80a\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/102781/CONICET_Digital_Nro.bb586038-ab97-4393-9d7b-87eb8e63e80a_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Moreno, R. S. (02 de 03 de 2014). *La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n2/v5n2a12.pdf>
- Morocho, F. R. (2018). *La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo*. *INNOVA*, 21.
- Obispo, L. M. (2019). *Con semilla de aguacate logran productos de alto valor*. Obtenido de <https://transferencia.tec.mx/2019/06/10/productos-de-alto-valor-derivados-de-la-semilla-de-aguacate/>
- Olivetto. (2020). *PRENSADO EN FRÍO VS. OTROS TIPOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE*. Obtenido de <https://www.olivetto.com.co/oliva-a-la-mesa/diferencia-entre-prensado-en-frio-y-tipos-de-extraccion-de-aceite/>
- Orrego Alzate Carlos Eduardo, C. A. (2020). *Informe técnico sobre propuestas de desarrollo de biorefinerías a partir del uso de residuos de cosecha, postcosecha e industrialización de la fruta fresca, para su aprovechamiento en la producción de energía u otros subproductos*. . Obtenido de [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_12.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_12.pdf)
- ORTIZ, L. M. (10 de 2009). *NORMAS ISO 14000 COMO INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL*. Obtenido de <https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/LORENA-MENDEZ-ORTIZ.pdf>

- Pérez Rosales, R., Villanueva Rodríguez, S., & Cosío Ramírez, R. (2005). *EL ACEITE DE AGUACATE Y SUS PROPIEDADES NUTRICIONALES*. . Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000310.pdf>.
- PLASENCIA, L. (s.f.). *RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACION DE TRIPS FITOFAGOS (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE) Y DEPREDADORES (THYSANOPTERA: PHLAETHIRIPIDAE) ASOCIADOS A CULTIVOS COMERCIALES DE AGUACATE Persea spp. EN LOS ...* Recuperado el 20 de June de 2022, de SciELO Colombia: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472004000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000100003)
- Raffaella Colombo, A. P. (2019). *Avocado (Persea americana Mill.) by-products and their impact: from bioactive compounds to biomass energy and sorbent material for removing contaminants*. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ijfs.14143>
- Raigosa Díaz, C. (s.f.). *El ecodiseño en la moda como alternativa divulgadora del desarrollo sostenible*. Recuperado el 17 de July de 2022, de Universidad Javeriana: [https://javeriana.edu.co/unesco/buenvivir/contenido/ponencias/tema9/pdf/ponencia\\_03.pdf](https://javeriana.edu.co/unesco/buenvivir/contenido/ponencias/tema9/pdf/ponencia_03.pdf)
- Rendón, E. (2015). *LA HUELLA HÍDRICA COMO UN INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD Y SU APLICACIÓN EN EL PERÚ*. Obtenido de <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/2015.-La-Huella-H%C3%ADdrica-como-un-indicador-de-sustentabilidad-y-su-aplicaci%C3%B3n-en-el-Per%C3%BA.pdf>
- Rios, M. J. (3 de 11 de 2018). *El aguacate hass gana terreno en Caldas*. Obtenido de Caracol: [https://caracol.com.co/programa/2018/10/13/al\\_campo/1539391080\\_055124.html](https://caracol.com.co/programa/2018/10/13/al_campo/1539391080_055124.html)
- Rockström, J. (2015). *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Obtenido de <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>
- Salazar Moreno, R., Rojano Aguilar, A., & López Cruz, I. L. (2013). *La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada*. Obtenido de SciELO México: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000200012&script=sci_arttext)
- Solórzano, G. (2003). Aportación de gases de efecto invernadero por el manejo de residuos sólidos en México: el caso del metano. *Gaceta Ecológica*, 66.
- Soriano Lojero Shantal Stephanie, B. P. (2019). *Obtención y caracterización de carbón activado granular a partir de semilla de aguacate*. Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lqi/lojero\\_soriano\\_ss/etd\\_4061013107482.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqi/lojero_soriano_ss/etd_4061013107482.pdf)
- Sotelo Navalpotro, J. A. (2011). *LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR TRANSPORTE POR CARRETERA*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17622555005>
- Suárez, B. G. (2021). *BIORREFINERÍA DEL AGUACATE*. Obtenido de <https://www.studocu.com/co/document/universidad-tecnologica-de-pereira/ingenieria-en-procesos-agroindustriales/biorrefineria-del-aguacate/18383987>

- Tamayo, P. J., & Isaza, J. (30 de June de 2007). *Enfermedades del Aguacate | Revista Politécnica*. Recuperado el 20 de June de 2022, de Revistas Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid: <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/62>
- Triana Vallejos, J. A., & Gutierrez Leal, M. D. (2016). *Estudio de gestión ambiental para el cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill) en el municipio de La Calera (Cundinamarca)*. . Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54800336/Evaluacion\\_de\\_impactos\\_ambientales\\_aguacate\\_Hass-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1655178692&Signature=LzOqQmD3NfhNQ6Ujsj07ygzcHGgoWpTLtwIXQAZxYG15QzzakJ8k4OSMvOj~iISE6L~H7Rivhbe-bJQmOoKfFNOezR3SnEtocZklj0kXrWM2](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54800336/Evaluacion_de_impactos_ambientales_aguacate_Hass-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1655178692&Signature=LzOqQmD3NfhNQ6Ujsj07ygzcHGgoWpTLtwIXQAZxYG15QzzakJ8k4OSMvOj~iISE6L~H7Rivhbe-bJQmOoKfFNOezR3SnEtocZklj0kXrWM2)
- Urón, A. A. (2010). *Ecodiseño y análisis de ciclo de vida*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Vanessa Prieto Sandoval, C. J. (2017). *Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación*. Obtenido de Economía Circular (unav.edu)
- Villator, F. R. (25 de 06 de 2008). *La última edad de hielo hace 11700 años finalizó bruscamente en sólo 1 año*. Obtenido de <https://francis.naukas.com/2008/06/25/la-ultima-edad-de-hielo-hace-11700-anos-finalizo-bruscamente-en-solo-1-ano/>
- Yabrudy Vega, J. (2012). *Documentos de trabajo sobre economía regional*. . Obtenido de [https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser\\_171.pdf](https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_171.pdf)
- Yara. (2015). *Huella de carbono del aguacate*. Obtenido de Yara: <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/aguacate/huella-de-carbono/>



Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia  
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad  
*Dominicas de La Presentación*  
de la Santísima Virgen

*Universidad Católica de Manizales*  
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia  
PBX (6)8 93 30 50 - [www.ucm.edu.co](http://www.ucm.edu.co)