

**Propuesta de diseño de un sistema de contención biodegradable para reemplazar el uso de plástico en el proceso de siembra en los cultivos agrícolas del Huila**

Angie Nathalia Castillo Méndez

Asesor

Rodolfo Andrés Villareal Pazos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Diseño Industrial

2026

**Nota de Aceptación**

Rodolfo Andrés Villareal

Nombre Director de Trabajo de Grado

Javier Augusto Romero

Jurado

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo especialmente a mi familia, que siempre han sido mi mayor fortaleza durante este proceso académico, además ellos fueron mi fuente de inspiración para desarrollar esta investigación, su trabajo diario en el campo me motivó a desarrollar esta propuesta siempre buscando el beneficio no solo de ellos sino además de todos los agricultores de Colombia.

Agradezco el apoyo constante, la confianza y la paciencia que tuvieron, estos elementos me han permitido avanzar con determinación en cada etapa de esta investigación.

También lo dedico a todas las personas que trabajan día a día en el campo huilense, mis conocidos, amigos, vecinos de finca sin su apoyo, experiencias y conocimientos no hubiese sido posible, además son ellos quienes con su esfuerzo inspiran la búsqueda de soluciones que protejan el ambiente y fortalezcan la agricultura sostenible. Este proyecto está pensado para ellos y para las generaciones futuras que dependen de un territorio más limpio y saludable.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a Dios, por brindarme la sabiduría, la perseverancia y la tranquilidad necesarias para culminar este proceso investigativo.

Extiendo un agradecimiento especial a mi asesor, Rodolfo Andrés Villareal Pazos, por su orientación, dedicación y por acompañar de manera profesional el desarrollo de esta propuesta.

Su guía fue fundamental para fortalecer el enfoque técnico y sostenible del proyecto.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería y al Programa de Diseño Industrial, por ofrecerme las herramientas académicas que hicieron posible la construcción de este trabajo.

A los agricultores del departamento del Huila, especialmente a mi familia, conocidos y vecinos quienes compartieron su conocimiento, experiencias y percepciones durante el proceso de recolección de información. Sus aportes permitieron comprender las necesidades reales del territorio y dieron sentido al diseño del sistema de contención biodegradable.

A mi familia y seres queridos, gracias por su apoyo emocional, por su palabra de ánimo en los momentos difíciles y por motivarme a continuar con este proyecto que busca aportar a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo agrícola de la región.

Este logro es el resultado de un camino recorrido en compañía de quienes creen en mí y en la importancia de construir soluciones responsables con el ambiente y con la comunidad.

## Resumen

El proyecto presenta una propuesta de diseño industrial orientada a desarrollar un sistema de contención biodegradable capaz de sustituir el plástico utilizado en la siembra agrícola del Huila. Para ello, se identificaron materiales biodegradables con alta capacidad de degradación, buena disponibilidad local y propiedades funcionales adecuadas para la etapa inicial del cultivo. Se empleó un enfoque mixto combinando pruebas sobre resistencia, degradación y viabilidad técnica, junto con encuestas y entrevistas a agricultores para conocer su percepción y disposición frente al uso de materiales alternativos. Los resultados muestran la potencialidad de las fibras vegetales, biopolímeros simples y papel reciclado como insumos viables para el diseño. La propuesta final integra criterios funcionales, técnicos y sostenibles, representados mediante bocetos, planos y vistas tridimensionales que evidencian el aporte del diseño industrial. Este trabajo es un referente para futuras iniciativas que busquen reducir la contaminación plástica y fortalecer la sostenibilidad agrícola en la región.

**Palabras clave:** agricultura sostenible, biodegradables, diseño industrial, plásticos, sistemas de contención.

### **Abstract**

The project presents an industrial design proposal aimed at developing a biodegradable containment system capable of replacing the plastic currently used in agricultural planting practices in Huila. To achieve this, biodegradable materials with high degradation capacity, local availability, and functional properties suitable for the initial crop stage were identified. A mixed-methods approach was employed, combining tests on resistance, degradation, and technical feasibility with surveys and interviews conducted with farmers to assess their perceptions and willingness to adopt alternative materials. The results highlight the potential of plant fibers, simple biopolymers, and recycled paper as viable inputs for the design. The final proposal integrates functional, technical, and sustainable criteria, represented through sketches, technical drawings, and three-dimensional views that demonstrate the contribution of industrial design. This work serves as a reference for future initiatives seeking to reduce plastic pollution and strengthen agricultural sustainability in the region.

***Keywords:*** sustainable agriculture, biodegradable materials, industrial design, plastics, containment systems.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	12
Planteamiento del Problema .....	13
Justificación .....	15
Objetivos .....	17
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Referencial.....	18
Antecedentes .....	18
Antecedentes Internacionales .....	18
Antecedentes Nacionales.....	21
Antecedentes Locales .....	23
Marco Teórico.....	23
Los Plásticos, Concepto y Composición.....	24
Uso de Plásticos en la Agricultura .....	25
Contenedores en Siembra y Cultivos .....	26
Alternativas Biodegradables en el Sector Agrícola.....	28
Marco de Sostenibilidad Aplicado a la Práctica Agrícola Sostenible.....	31
Brecha entre Teoría y Práctica en el Uso de Contenedores Biodegradables.....	33
Marco Metodológico.....	35
Enfoque y Diseño de Investigación.....	35
Población y Muestra.....	35
Técnicas de Recolección de Datos .....	36

Hipótesis.....	37
VARIABLES DE ESTUDIO .....	38
Plan Piloto Propuesto .....	38
Indicadores de Evaluación.....	39
Análisis de Viabilidad de la Propuesta .....	41
Productos Esperados .....	44
Limitaciones.....	49
Conclusiones.....	51
Recomendaciones .....	53
Referencias Bibliográficas .....	54
Apéndices.....	61

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Boceto a Mano Alzada Contenedor Biodegradable</i> .....	45
<b>Figura 2</b> <i>Plano Técnico en 2D Diseño Propuesto</i> .....	46
<b>Figura 3</b> <i>Vista Isométrica Modelo de Contención</i> .....	47

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</i> .....	36
<b>Tabla 2</b> <i>Variables del Estudio</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Indicadores de Evaluación</i> .....	39
<b>Tabla 4</b> <i>Presupuesto Estimado para el Desarrollo de la Propuesta</i> .....	42
<b>Tabla 5</b> <i>Cronograma de la Propuesta</i> .....	43
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados Esperados del Plan Piloto, Modelo Proyectado</i> .....	44

**Lista de Apéndices**

**Apéndice A** *Cuestionario de Percepción de Aceptación para Agricultores* ..... 61

**Apéndice B** *Guía de Entrevista Estructurada para Líderes Agrícolas* ..... 63

## Introducción

El presente proyecto propone el diseño de un sistema de contención biodegradable que sustituya el uso de plásticos en la siembra agrícola del Huila. La propuesta se basa en la identificación de materiales de bajo impacto ambiental y alta capacidad de degradación, capaces de mantener la funcionalidad requerida en la etapa inicial del cultivo y, al mismo tiempo, integrarse al suelo aportando nutrientes. Con ello, se busca responder a una problemática local y transitar hacia prácticas agrícolas más responsables con el ambiente, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con la producción y el consumo responsables, la acción por el clima y la protección de la vida terrestre.

El proyecto se estructura iniciando con el planteamiento del problema, donde se describe la situación actual del uso de plásticos en la agricultura y sus impactos ambientales. Luego se presentan la pregunta de investigación, los objetivos y la justificación que explica la pertinencia y beneficios de la propuesta. El marco teórico ofrece el soporte conceptual y una revisión de antecedentes sobre plásticos, agricultura, alternativas biodegradables y sostenibilidad; en el marco metodológico se detallan el enfoque, diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos, variables y el plan piloto.

Por último, se presentan las conclusiones que integran los hallazgos con los objetivos del proyecto, el cual aparte de ser una propuesta de diseño industrial con perspectiva ambiental, es también una iniciativa transformadora para fomentar la conciencia ecológica en la comunidad agrícola, ofrecer soluciones viables para la reducción del plástico en el campo y contribuir al fortalecimiento de la sostenibilidad en el Huila con proyección hacia otras regiones.

## Planteamiento del Problema

Hoy en día se está hablando más acerca del uso masivo de los plásticos porque es uno de los tantos desafíos ambientales, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2023) cada año se producen alrededor de 400 millones de toneladas de plástico en el mundo donde por lo menos el 36% es destinado a empaques y/o envoltorios de un solo uso, siendo productos que en su mayoría no se reciclan de manera adecuada y entre el 11% y el 13% terminan en los océanos, suelos y fuentes hídricas. Este problema tiene consecuencias visibles, invisibles y peligrosas ya que muchos de los plásticos contienen sustancias químicas tóxicas que se pueden liberar durante su uso y descomposición, llegando a dañar la salud humana, sobre todo la de mujeres y niños (PNUD, 2024).

Ante esto, es necesario mencionar que para el sector agrícola es también una problemática que se agudiza en relación por el uso extensivo de los plásticos en actividades como el acolchado del suelo, la protección de los cultivos, las bandejas de germinación, macetas temporales y bolsas para semilleros (ONU, 2022). En el contexto colombiano, el Ministerio de Ambiente (2021), hace referencia a que se estima que el 50% de los residuos plásticos agrícolas no se gestionan de forma adecuada, lo cual incrementa la contaminación de los suelos.

Lo anterior, corresponde particularmente al proceso de siembra ya que se emplean envoltorios y contenedores plásticos que después de cumplir su función inicial, se desechan sin una ruta clara de aprovechamiento o de biodegradación, sobre todo que son materiales que pueden permanecer en el ambiente por cientos de años descomponiéndose en micro plásticos que alteran los ciclos ecológicos del suelo y también limitan la absorción de nutrientes para las plantas.

Con base a lo expuesto, el proyecto se centra en el contexto agrícola del departamento del Huila, una región que se caracteriza por la vocación agropecuaria y de cultivos que son representativos como lo es el café, el arroz, el cacao y algunas hortalizas. En este departamento los pequeños y medianos agricultores suelen hacer uso de bolsas plásticas en las etapas iniciales de siembra precisamente por el bajo costo de estas y la facilidad de su uso. Sin embargo, el inadecuado desecho de las bolsas está generando impactos visibles en suelos y fuentes hídricas locales, especialmente en las zonas rurales que no cuentan con una infraestructura de reciclaje o con programas de gestión ambiental.

Además, según lo manifiesta el boletín agroclimático regional de la Mesa Técnica Agroclimática del Huila (MTA Huila, 2024), el departamento presenta condiciones climáticas y edafológicas que resultan ser propicias para considerar y evaluar nuevas formas de siembra con las que se respeten los principios de la agricultura sostenible, favoreciendo la transición hacia los materiales orgánicos, de bajo impacto y aprovechables como son las fibras vegetales, el papel reciclado o los mismos residuos agroindustriales. Por lo tanto, se propone la siguiente pregunta para guiar el proceso de investigación:

¿Cómo diseñar un sistema de contención biodegradable que sustituya el uso de plástico en la siembra agrícola en el Huila, promoviendo la sostenibilidad ambiental y disminuyendo la contaminación por residuos plásticos?

## Justificación

El proyecto surge como respuesta a la problemática ambiental que ha generado la contaminación por plásticos de un solo uso empleados en las actividades agrícolas y que es urgente de atender en esta época. Por ello, el diseño de un sistema de contención biodegradable que sustituya los empaques plásticos en la siembra es una alternativa necesaria y pertinente para poder mitigar el impacto ambiental que dicho tipo de materiales genera sobre todo en el suelo, el agua, el aire y por extensión, en la salud humana y en la biodiversidad. Estos daños se han demostrado con cifras y estadísticas a nivel tanto internacional como nacional, donde se ratifica que anualmente se producen más de 430 millones de toneladas de plástico en el mundo y que al menos 139 millones de toneladas son de plásticos de un solo uso (PNUD, 2024).

En este contexto, en el cual se considera la agricultura como una de las actividades que más depende del plástico para la realización de tareas diversas en su proceso, y en el departamento del Huila donde dicha actividad es fundamental en la economía, se ha evidenciado que esa dependencia del plástico agrava la problemática ambiental local, razón por la cual desarrollar un sistema de contención biodegradable es una oportunidad para el diseño industrial de poder contribuir de forma directa a la sostenibilidad del territorio.

Es así como desde el área del diseño industrial, el proyecto tiene un valor estratégico al combinar creatividad, funcionalidad y compromiso ambiental, es decir, que el diseño responde a necesidades estéticas, técnicas y a su vez, a desafíos sociales y ecológicos contemporáneos, pues en este caso, se pretende llegar a la creación de una solución que sea práctica, resistente, biodegradable, accesible y adaptable a distintos tipos de cultivos y que, además, puede ser adoptada por agricultores y otros grupos que se dediquen al cultivo en general.

De igual forma, el proyecto busca que se fomente la conciencia ambiental en toda la comunidad agrícola porque se ofrece una alternativa concreta que reduce el uso de los plásticos y mejora la calidad del suelo, pues al permitir que los materiales de origen natural se descompongan y aportan nutrientes, el suelo va a mejorar. Esto conlleva a contemplar que también haya un impacto desde la perspectiva educativa y social invitando a la reflexión crítica sobre todos aquellos materiales que se usan en la vida cotidiana y que tienen impacto ambiental, en este caso, el diseño será una herramienta de transformación de objetos, de prácticas y de mentalidades. En consecuencia, el proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles, específicamente con el ODS 12 que se orienta a la producción y consumo responsables, el ODS 13 que habla de la acción por el clima y el ODS 15 que se refiere a la vida de los ecosistemas terrestres (ONU, 2015).

En cuanto a la viabilidad técnica, la propuesta resulta factible porque en el mercado ya existen experiencias previas de desarrollo de materiales biodegradables a partir de recursos naturales como fibras vegetales, residuos agroindustriales y biopolímeros, esto demuestra que es posible reemplazar los plásticos de un solo uso en la agricultura. Los procesos de transformación necesarios como mezclado, moldeado o prensado de materiales orgánicos, son relativamente sencillos y pueden adaptarse a tecnologías locales que no requieren maquinaria altamente costosa

Así mismo, el proyecto tiene un alto potencial de escalabilidad, ya que, si el sistema de contención biodegradable demuestra ser resistente, económico y amigable con el suelo, podría aplicarse en el Huila y en otros departamentos agrícolas de Colombia y, a largo plazo, convertirse en un modelo replicable a nivel nacional e incluso internacional, por lo que sería una alternativa con capacidad de crecimiento que puede transformar la manera en que se manejan los cultivos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un sistema de contención biodegradable, funcional y de bajo costo que sustituya el uso de plástico en la siembra de cultivos agrícolas en el Huila, con el fin de reducir el impacto ambiental y fomentar prácticas agrícolas sostenibles.

### **Objetivos Específicos**

Identificar materiales biodegradables de bajo costo y con alta capacidad de degradación que puedan ser aplicados en sistemas de siembra.

Proponer el diseño de un sistema de contención biodegradable que responda a criterios de sostenibilidad técnica, ambiental y económica.

Evaluar el impacto social, ambiental y la disposición de los agricultores frente a la adopción del sistema propuesto.

## Marco Referencial

### Antecedentes

Se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos académicas y en repositorios universitarios, orientada al enfoque de este proyecto y con una antigüedad de 5 años. En relación con el tema y la propuesta investigativa, se encontraron estudios publicados a nivel internacional, nacional y local, sin embargo, a nivel local se evidencia un vacío en la producción de este tipo de conocimiento en lo que respecta a los últimos 5 años.

### *Antecedentes Internacionales*

Empezando el ámbito internacional, la investigación de Thanawarananta (2020) se centró en buscar soluciones para reducir los residuos plásticos que se generan desde otra industria diferente a la agrícola, en Tailandia y el objetivo fue proponer un diseño ecológico utilizando materiales biodegradables. Se realizaron entrevistas y grupos focales con personas relacionadas con el tema para entender sus necesidades y opiniones; como resultado, se identificaron materiales y estilos de diseño sostenibles que podrían usarse en el futuro para ofrecer productos menos contaminantes y aunque los materiales biodegradables pueden ser más costosos, su uso es fundamental para disminuir la contaminación.

Luego, se encontró que Escalante (2021) en Sevilla, España buscó explicar por qué es importante dejar de usar plástico y ayudar a reducir la contaminación. Hizo una revisión de literatura enfocándose en la química verde que busca hacer procesos químicos más seguros y menos contaminantes y en el modelo de economía circular, donde todo se reutiliza o se recicla, y nada se desperdicia. Se encontró que desde hace décadas se intenta reducir el uso de plásticos y la pandemia del COVID-19 provocó un aumento en su producción, sin embargo, también se está avanzando en crear plásticos hechos de materiales naturales que puedan usarse en medicina,

empaques y transporte sin dañar el medio ambiente. Con ayuda de la química verde y los nuevos materiales sostenibles, se pueden hacer productos seguros que se descompongan fácilmente y no afecten la salud ni el planeta.

Álvarez (2021) en Monterrey, México, se propuso entender cómo se pueden usar materiales ecológicos en el diseño de productos, con el fin de crear estrategias que ayuden a cuidar el medio ambiente, se investigaron diferentes formas de aplicar el ecodiseño, se analizaron herramientas que ayudan a planear un diseño ecológico como el análisis del ciclo de vida del producto y una matriz que analiza el uso de materiales, energía y las emisiones tóxicas. Se estudió cómo los diseñadores pueden tomar decisiones más responsables con el ambiente y se habló de la teoría de las 3 R (reducir, reutilizar y reciclar), se concluyó que, si se tienen en cuenta estas ideas y herramientas, se pueden crear diseños que usen materiales ecológicos.

Gutiérrez (2021) en Valladolid, España, hizo un estudio para encontrar una solución más ecológica al problema del exceso de plásticos, diseñando 8 envases reutilizables hechos de cartón y pensados para vender productos a granel en supermercados y tiendas pequeñas. Los resultados muestran que una de las claves para reducir la contaminación es volver reutilizar los envases y fomentar la venta a granel, en lugar de comprar productos en empaques individuales. Otra solución es usar materiales biodegradables que se descomponen solos si no se reciclan como el cartón, siendo una de las mejores opciones porque es reciclable, biodegradable y bien aceptado por las personas que cuidan el medioambiente.

En cuanto a Abrar (2023), buscó una solución ecológica para reducir el uso de plásticos desechables que contaminan porque son difíciles de reciclar y suelen terminar en basureros o en el mar. La propuesta se centró en usar vasos hechos de papel biodegradable con semillas incrustadas y que se pueden plantar después de usarse. Se demostró que si la gente usara estos

vasos se podría reducir la basura plástica y al mismo tiempo aumentar los espacios verdes, tanto en las ciudades como en el campo. La idea ayuda a que las personas tomen mayor conciencia sobre el cuidado del planeta, sin embargo, se reconoció que hay desafíos como los costos más altos de producción y la necesidad de educar a los consumidores para que sepan cómo usarlos bien.

Rani, et al. (2024) hicieron un estudio acerca del manejo de residuos plásticos desde la perspectiva bio-circular-verde, abordando el problema global del plástico, analizaron cómo se gestionan los residuos plásticos en diferentes regiones del mundo y sectores como la agricultura, la alimentación, el turismo o la salud. El objetivo fue identificar prácticas que puedan ayudar a reducir la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida del plástico y se propusieron estrategias como el uso de bioplásticos, la mejora en los sistemas de recolección y reciclaje, el compostaje industrial y nuevas tecnologías de reciclaje que usen energía renovable. Se discutió la implementación de impuestos al plástico, incentivos económicos y la responsabilidad extendida del productor, pues si bien el plástico seguirá siendo parte de la vida, se puede lograr una gestión sostenible si se trabaja en conjunto entre gobiernos, empresas y ciudadanos.

La investigación de Calle (2024) en el Ecuador, propone fabricar empaques hechos a mano utilizando almidón de yuca, como alternativa ecológica frente al uso de plásticos contaminantes. Para saber si el negocio sería rentable se aplicaron varios análisis financieros como el Valor Actual Neto (VAN); la Tasa Interna de Retorno (TIR); y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI), concluyendo que el estudio propone una alternativa amigable con el medioambiente y demuestra que con buena planificación este tipo de negocio artesanal y sostenible puede funcionar bien en lo económico.

Duque (2024) también en Ecuador, buscó crear un nuevo material ecológico a partir de cáscaras de plátano verde para usarlo en la fabricación de empaques como una alternativa amigable con el medio ambiente. Los resultados evidenciaron que la lámina elaborada cumplió con características importantes de sostenibilidad por ser biodegradable y reutilizable; se concluyó que es posible transformar residuos como la cáscara de plátano en materiales útiles y ecológicos, aportando una solución innovadora y sustentable para el problema de los empaques contaminantes.

Más recientemente, Waisarikit, et al., (2026) crearon bolsas de vivero biodegradables para sembrar plantas, usando un plástico ecológico llamado ácido poliláctico (PLA) y restos de café que sobran después de prepararlo; Las bolsas hechas con esta mezcla eran de color marrón claro y bloqueaban la luz ultravioleta, siendo más suaves y manejables que las hechas solamente con el plástico PLA. La investigación ofrece una forma sostenible y ecológica de reemplazar las bolsas plásticas que se usan en la agricultura y se aprovechan residuos del café ayudando a reducir la contaminación y cuidar el planeta.

### ***Antecedentes Nacionales***

Desde la perspectiva nacional Chilito (2020) buscó la forma de dejar de usar las bolsas plásticas en el proceso de siembra mediante el uso de materiales naturales y que sirvieran para hacer contenedores que no contaminen el ambiente y puedan resistir bien al agua y al peso de la planta. Se encontró que el papel hecho con hoja de piña tenía buena resistencia, pero el que se fabrica con caña de azúcar funcionó mejor, se creó una aplicación para celular donde las personas pueden aprender más sobre jardinería y el cuidado de las plantas y se concluyó que sí es posible reemplazar el plástico por materiales biodegradables como papel de caña de azúcar.

Trejos (2022) desarrolló un estudio experimental para evaluar diferentes tipos de bolsas biodegradables utilizadas en el cultivo de café, en el proceso se probaron 11 tipos de bolsas, incluyendo algunas hechas con almidón de yuca, biopolímeros compostables, polietileno reciclado con aditivos que aceleran la biodegradación y materiales oxobiodegradables. Estas bolsas destacaron por su buena resistencia y porque permitieron ahorrar tiempo en las labores agrícolas. Se concluyó que, aunque las bolsas biodegradables no afectan el crecimiento en vivero, sí pueden limitar un poco el desarrollo de las raíces en el campo y aun así representan una alternativa positiva en términos de reducción del impacto ambiental.

Romero y Muñoz (2024) diseñaron un sistema ecológico para el cultivo de plantas en el hogar, aplicaron una metodología de ecodiseño con el fin de desarrollar un producto sostenible, funcional y visualmente atractivo. Este prototipo fue útil para observar cómo se comporta el material, si mantiene la humedad, permite un buen desarrollo de la planta y resiste condiciones como la manipulación y los cambios del entorno. Al final, se concluyó que sí es posible crear productos amigables con el medio ambiente que también cumplan funciones estéticas y prácticas en espacios domésticos, siempre que su diseño esté cuidadosamente planificado desde el inicio.

Rojas y Mosquera (2024) en el departamento del Caquetá, evaluaron la posibilidad de reemplazar las bolsas plásticas tradicionales por contenedores biodegradables hechos con fibras naturales de palma y coco, utilizando un método experimental llamado diseño de bloques completos al azar (DBCA), que permite comparar distintos tratamientos de manera equitativa. Se observaron características de las plantas como el número de hojas, el largo y el ancho de las hojas, la altura y el grosor del tallo, el tiempo (en días) que tarda la planta desde que se siembra hasta que se puede injertar y finalmente, el costo de producción según el tipo de contenedor utilizado.

### ***Antecedentes Locales***

El estudio realizado por Rojas y Prieto en 2020 propuso una iniciativa empresarial que respondiera a las necesidades reales del mercado a través del análisis de la oferta y la demanda, pero al mismo tiempo aportando a la solución de problemas ambientales. Los autores estructuraron una propuesta de negocio que usa materiales orgánicos en lugar de plásticos con el fin de reducir los daños al ambiente. Los resultados del estudio muestran que, si se usan recursos naturales y biodegradables para reemplazar productos contaminantes como el plástico, se puede tener un impacto positivo desde el mismo momento en que se inicia la actividad productiva.

Es decir, que los beneficios ambientales se generan desde la fuente, o sea, desde el mismo diseño del producto o la idea de negocio y no solo al final del proceso. Se concluyó que sí es posible desarrollar ideas de negocio que, además de ser económicamente viables, también estén comprometidas con la protección del medio ambiente. El uso de materiales orgánicos es una alternativa concreta para reducir el daño ecológico en el contexto agropecuario, donde el mal manejo de residuos plásticos es un problema frecuente y por ello se debe fomentar el enfoque agroecológico como una forma de promover la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida para las personas y para los ecosistemas que habitan.

### **Marco Teórico**

Se presenta el marco teórico que sustenta la propuesta de investigación y que fundamenta el alcance del objetivo planteado mediante el reconocimiento de la problemática del uso de plásticos en la agricultura, las alternativas biodegradables en el sector agrícola, el diseño de sistemas de contención agrícola y la importancia de la práctica agrícola sostenible.

### ***Los Plásticos, Concepto y Composición***

Según López y Franco (2021), los plásticos son materiales sintéticos derivados de polímeros, formados por cadenas de monómeros que pueden provenir de fuentes naturales o producirse de manera completamente artificial. Su desarrollo se consolidó en la segunda mitad del siglo XX cuando desplazaron a materiales tradicionales como el vidrio o el metal gracias a ventajas como su bajo peso, resistencia a la corrosión, maleabilidad y versatilidad, no obstante, también presentan limitaciones como su baja rigidez y moderada resistencia mecánica.

En cuanto a su composición, los polímeros pueden ser naturales como caucho o almidón, semisintéticos como la nitrocelulosa o sintéticos, estos últimos derivados del petróleo y responsables de la mayor parte de los plásticos usados actualmente (Castañeda et al., 2020). Hitos como la creación de la baquelita en 1907 y el nailon en 1938 marcaron el inicio de su producción masiva, dando paso a un crecimiento acelerado de 2 millones de toneladas en 1950 a más de 380 millones en 2015 (Castañeda et al., 2020). Pero este aumento ha generado una crisis ambiental debido a su lenta degradación y al alto uso en productos de un solo uso.

Su durabilidad ocasiona acumulación de residuos y formación de microplásticos menores a 5 mm y nanoplásticos menores a 1  $\mu\text{m}$ , los cuales pueden originarse directamente en productos comerciales como microplásticos primarios o a partir de la fragmentación de plásticos mayores como microplásticos secundarios (Castañeda et al., 2020). Estos materiales incluyen aditivos como plastificantes, colorantes o estabilizantes, algunos con riesgos para la salud humana, como el estireno, clasificado como posible carcinógeno.

Actualmente, los microplásticos se encuentran en agua, suelo, aire e incluso en ecosistemas remotos, afectando organismos terrestres y marinos mediante ingestión, asfixia o alteraciones reproductivas, además de actuar como vehículos de otras sustancias tóxicas

(Castañeda et al., 2020). Esta situación confirma que la contaminación por plásticos es uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI.

### ***Uso de Plásticos en la Agricultura***

Desde hace un tiempo el uso de los plásticos en la agricultura empezó a convertirse en algo común ya que se emplean en muchas formas, por ejemplo, para recubrir semillas, cubrir el suelo, proteger cultivos con túneles e invernaderos, fabricar bolsas para plantas e incluso en fertilizantes sólidos que se esparcen en los campos, considerándose como una tecnología útil para mejorar la producción agrícola, hacer que los cultivos sean más eficientes y permitir que algunas tierras improductivas se conviertan en zonas agrícolas viables (Polanía & Peña, 2013), sin embargo, aunque estos materiales han dado beneficios en el corto plazo, están generando problemas ambientales y de salud del suelo.

Uno de los principales inconvenientes es que la mayoría de estos plásticos no se biodegradan fácilmente ya que cuando se terminan de usar, algunos agricultores no los eliminan de manera adecuada y los dejan en el suelo, donde se van deshaciendo en pedazos pequeños que se mezclan con la tierra, según Luna (2020), estos pueden permanecer allí por décadas o siglos sin descomponerse del todo y en otros casos, amontonarse en los bordes de los terrenos o incluso quemarse por lo cual liberan sustancias tóxicas al aire, que después pueden volver a caer al suelo o al agua, afectando a los seres vivos del entorno.

Esta acumulación de plástico en los campos, aparte de dañar el paisaje, también altera las propiedades físicas del suelo ya que se ha demostrado que reduce su porosidad dificultando el paso del agua y del aire afectando directamente a los microorganismos y a otros seres vivos que habitan bajo tierra, disminuyendo de igual forma la fertilidad natural del suelo y, a largo plazo, puede llegar a afectar la productividad de los cultivos (ONU, 2022).

Luna (2020) considera que los plásticos agrícolas pueden liberar sustancias químicas peligrosas y uno de los más preocupantes son los ftalatos que se usan como aditivos para darle flexibilidad a muchos plásticos. Estos compuestos ya se han encontrado en concentraciones elevadas en suelos y plantas, especialmente en zonas con mucho uso de plásticos. También se han identificado pesticidas adheridos a los restos plásticos, los cuales pueden filtrarse y contaminar las aguas subterráneas o los alimentos cultivados, llegando incluso a las personas.

Aunque en algunos países se han empezado a implementar medidas para mejorar el manejo de estos residuos, la ONU propone que la agricultura debe avanzar hacia un enfoque más sostenible donde se busquen soluciones que respeten los ciclos de la naturaleza, usando materiales ecológicos que no dañen el suelo ni la biodiversidad.

### ***Contenedores en Siembra y Cultivos***

En la agricultura los contenedores juegan un papel fundamental en la etapa inicial del cultivo y tradicionalmente, estos recipientes han sido fabricados con plástico, pero hoy en día se han venido desarrollando alternativas biodegradables que buscan reducir el impacto ambiental sin sacrificar la calidad del cultivo, ante esto, Postemsky et al. (2015), hacen referencia al uso de contenedores orgánicos elaborados con cáscara de girasol y paja con cascarilla de arroz, ambos modificados con un hongo llamado *Ganoderma lucidum* usados para cultivar plántulas de tomate y se compararon con contenedores plásticos tradicionales. Los que estaban hechos con cáscara de girasol ofrecían crecimiento y vigor similares al del plástico e incluso presentaban mayor fuerza en las plantas, y los contenedores hechos con paja y cascarilla de arroz las plántulas no crecieron tanto, aunque las propiedades físicas y químicas eran similares.

Por otro lado, Poggio et al. (2016) se refieren a un contenedor biodegradable a base de gelatina bovina mezclada con urea que también puede actuar como fertilizante y para lo cual fue

necesario usar técnicas de inyección para moldear los recipientes y aplicar recubrimiento de cera de abeja para aumentar la resistencia al agua. Las pruebas demostraron que estos contenedores eran mecánicamente aptos para su uso en cultivos y que el recubrimiento mejoraba mucho su estabilidad, haciéndolos adecuados para su uso en campo. Este tipo de diseño permite sembrar la planta directamente con el recipiente y aporta nutrientes al suelo durante su descomposición.

Desde un enfoque más amplio, Harris et al. (2020) hablan acerca de cómo es percibido el uso de contenedores biodegradables entre productores y jardineros del estado de Georgia, en Estados Unidos. A pesar de que hay varios tipos de estos contenedores disponibles en el mercado, el estudio encontró que su uso todavía es muy bajo y la mayoría no compra estos productos, y quienes lo hacen prefieren los contenedores de turba. Los autores comprobaron que hay productores y proveedores que tienen poco conocimiento sobre las ventajas de los contenedores biodegradables y de si realmente mejoran el crecimiento de las plantas o el uso del agua.

Fuentes et al. (2021) fabricaron contenedores a partir de varios residuos orgánicos como gelatina, harinas de desecho de maíz y trigo, cáscaras de arroz y girasol, yerba mate usada y papel reciclado. Evaluaron la resistencia de estos materiales al agua, su capacidad de biodegradación y su desempeño en el cultivo de plántulas de ají. Los recipientes a base de gelatina fueron más eficaces porque se descompusieron rápidamente, ayudaron al crecimiento de las plantas y actuaron como fertilizante natural. Por el contrario, los contenedores hechos con harinas de trigo y maíz se degradaron de forma más lenta, dificultando el desarrollo de las raíces y afectando negativamente el crecimiento de las plántulas.

Lo anterior, demuestra la existencia de alternativas biodegradables al uso del plástico en la siembra, con beneficios importantes tanto para el ambiente como para el desarrollo de las

plantas, ya que los contenedores hechos con materiales biodegradables reducen la contaminación por plásticos y pueden mejorar el vigor de las plantas facilitando su adaptación tras el trasplante. Sin embargo, para lograr una adopción más amplia es necesario fortalecer la difusión del conocimiento sobre estas tecnologías, mejorar su disponibilidad en el mercado y evaluar continuamente su comportamiento en condiciones reales de campo.

### ***Alternativas Biodegradables en el Sector Agrícola***

Riera y Palma (2018), consideran que una de las soluciones más explorada es la utilización de almidones termoplásticos como base para la elaboración de empaques y películas biodegradables, representando un importante paso hacia la sustitución de plásticos tradicionales. Según los autores, existen diversas materias primas de origen vegetal y orgánico que han demostrado un alto potencial en este campo como el fruto de la palma de melocotón, la cáscara de papa, desechos de alimentos reciclados y proteínas extraídas de la canola, ya que estos materiales al ser modificados térmica y químicamente pueden transformarse en biopolímeros funcionales aptos para usos agroindustriales y alimentarios.

Se destacan también los “hidratos de carbono como almidón, la celulosa y los alginatos; proteínas; lípidos como ceras y acetoglicéridos; además de polímeros sintéticos biodegradables entre los que se mencionan el PLA (ácido poliláctico), PHA (polihidroxicanoato) y polihidroxitirano PHB” (Riera & Palma, 2018, p. 71). La factibilidad de obtener películas plásticas flexibles y biodegradables a partir de las materias primas como la yuca, el plátano, la papa, el maíz o incluso la pectina, ha sido demostrada en múltiples investigaciones posicionando estos materiales como alternativas viables para empaques de alimentos (Riera & Palma, 2018).

El aprovechamiento de desechos animales en la producción de bioplásticos se destaca porque tiene componentes como el colágeno, la queratina, la quitina y el quitosano, que han sido

extraídos de residuos del procesamiento cárnico como pieles, plumas, cáscaras de huevo, exoesqueletos de crustáceos y harinas de hueso (Riera & Palma, 2018). Una línea interesante ha sido el desarrollo de películas bioplásticas a base de gluten de trigo combinado con polvo de cáscara de camarón, mostrando mejoras en resistencia térmica y morfológica gracias a los minerales presentes tras el proceso de calcinación (Riera & Palma, 2018).

Cornejo et al. (2019) generaron una alternativa sostenible en la producción de bioplásticos agroindustriales, empleando cultivos ricos en almidón como la papa y la yuca, mediante procesos térmicos y químicos con los cuales lograron modificar la estructura molecular de estos almidones para transformarlos en materiales termoplásticos moldeables, aptos para la elaboración de películas biodegradables, siendo una iniciativa que se alinea con los esfuerzos globales por mitigar la contaminación generada por los plásticos derivados del petróleo que, además de liberar grandes cantidades de gases de efecto invernadero, representan una amenaza directa para la biodiversidad.

De acuerdo con Chuiza et al (2020), los plásticos convencionales pueden tardar entre 100 y 1000 años en descomponerse completamente generando acumulación en los suelos agrícolas y ecosistemas aledaños, siendo precisamente este panorama el que ha impulsado la búsqueda de soluciones sostenibles, entre las que se destacan los materiales biodegradables derivados de fuentes naturales considerando también como alternativa el almidón. En este sentido, Chuiza et al. (2020) desarrollaron una lámina biodegradable a base de almidón extraído de la *Arracacia xanthorrhiza*, una planta andina conocida comúnmente como arracacha y a través de procesos de extracción húmeda y seca donde se obtuvo el almidón posteriormente procesado con diferentes proporciones de plastificantes y sometido a pruebas físico-mecánicas evidenciando que las

láminas obtenidas presentaban propiedades óptimas de elasticidad y eran capaces de degradarse en un periodo de 30 días.

Otros estudios también han demostrado el potencial de fibras naturales obtenidas a partir de subproductos agrícolas, Aguiar, García y Vallejo (2020) utilizaron fibras de tallo de plátano para elaborar utensilios biodegradables cuyo proceso de elaboración reveló características similares a las de los plásticos sintéticos, pero con la ventaja de una rápida degradación tras su uso. Desde una perspectiva más amplia, Ribba et al., (2021) hicieron una clasificación técnica de los bioplásticos para entender su diversidad ya que estos materiales pueden ser bio-basados, biodegradables o ambas cosas y se obtienen directamente de biomasa, por síntesis química de monómeros naturales o mediante la acción de microorganismos.

En función de su origen, se dividen en plásticos de primera generación que son los provenientes de cultivos alimenticios; segunda generación a partir de residuos agrícolas o cultivos no comestibles; y tercera generación derivados de microorganismos. Según los autores Ribba et al., (2021), esta taxonomía es fundamental para diseñar estrategias agrícolas que incorporen bioplásticos a partir de su fuente, propiedades y condiciones de degradabilidad ya que la biodegradación de estos materiales puede darse en ambientes aeróbicos o anaeróbicos e influir en los productos generados como CO<sub>2</sub>, agua o metano, lo cual también debe ser considerado en su implementación agrícola.

En este contexto, López, Mefleh y Puerchambud (2022) plantean que los residuos agroindustriales como los generados en la comercialización del maracuyá, poseen alto potencial para ser reutilizados como materia prima en la elaboración de plásticos biodegradables, tratándose específicamente de la pectina extraída de estos residuos la cual muestra propiedades

gelificantes ideales para la formación de biopelículas, lo que abre nuevas posibilidades en la producción de empaques agrícolas compostables y sostenibles.

Fernández, Padilla y Sánchez (2024) destacan que el uso de bioplásticos derivados de fuentes renovables como el ácido poliláctico (PLA), los polihidroxialcanoatos (PHA), el almidón y otros polímeros naturales mitigan la contaminación ambiental y reducen la huella de carbono del sector agrícola, uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero por el uso de plásticos de un solo uso, sin embargo, la incorporación de estos materiales debe ir acompañada de políticas públicas, incentivos económicos y regulaciones normativas que garanticen su calidad, viabilidad y aceptación por parte de los agricultores.

### ***Marco de Sostenibilidad Aplicado a la Práctica Agrícola Sostenible***

Los efectos negativos de la actividad humana sobre el medioambiente y los recursos naturales generan preocupación y ha dado lugar al interés por modelos de desarrollo que equilibren las dimensiones económica, social y ecológica y en este contexto, la sostenibilidad se expone como un principio rector que busca armonizar la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. La agricultura, siendo una de las actividades base de la alimentación humana y motor económico de las regiones rurales, juega un papel fundamental en este paradigma, pero su vinculación con prácticas intensivas y contaminantes ha generado tensiones ambientales, destacando la importancia y urgencia de la transición hacia un modelo agrícola sostenible.

Los socioambientales contemporáneos aún no han sido superados, pese a los avances tecnológicos y del conocimiento científico (Rizo, Vuelta, & Lorenzo, 2017), de esta manera, el desarrollo sostenible más allá de ser una meta alcanzada es aún un horizonte por conquistar, sobre todo en el ámbito agropecuario. Para Rizo, Vuelta, & Lorenzo (2017) desde la producción

agrícola es posible contribuir a dicho objetivo a través de alternativas de producción que respeten los límites ecológicos y promuevan el bienestar de las comunidades integrando prácticas como la agroecología, la agricultura orgánica, la agricultura de precisión y la biotecnología aplicada con enfoque ambiental.

Hussen Muhie (2022) plantea que el aumento acelerado de la población mundial es un desafío para la seguridad alimentaria y pone también en riesgo la disponibilidad futura de recursos naturales esenciales como el suelo fértil y el agua potable, por eso advierte que la humanidad está explotando hoy los recursos que deberían estar disponibles para el mañana, comprometiendo el derecho de las futuras generaciones a una alimentación adecuada y a un entorno saludable. Frente a ello, promueve la adopción de enfoques agrícolas innovadores como la agricultura climáticamente inteligente, la intensificación sostenible, la agricultura regenerativa y los sistemas integrados de producción, entre otros, ya que todas estas estrategias persiguen un mismo fin que es asegurar la sostenibilidad ecológica, económica y social de la agricultura.

En línea con estas perspectivas, López, Urrego y Urrego (2023) proponen una ruta metodológica para la adopción de buenas prácticas agrícolas sostenibles en contextos rurales de Colombia, a partir de la identificación de 4 fases para implementar prácticas agroecológicas, de gestión del agua y del suelo, así como el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC), siendo algo pertinente ya que parte del contexto real de los productores, teniendo en cuenta sus necesidades, capacidades y limitaciones, por lo tanto, esta propuesta constituye un ejemplo práctico de cómo el conocimiento técnico y científico puede articularse con las realidades del campo colombiano para avanzar hacia un modelo de producción más sostenible.

Cruz y Cruz (2024) resaltan la importancia de mejorar la calidad de los suelos como condición indispensable para una agricultura sustentable, demostrando cómo la degradación del

suelo afecta gravemente la capacidad productiva del territorio, razón por la cual proponen una serie de medidas como la agricultura orgánica, la rotación de cultivos, el uso de coberturas vegetales y la construcción de terrazas, todo ello enmarcado en una estrategia de manejo sostenible del suelo. Auquilla (2024) aborda el caso del cultivo de mango poniendo de relieve cómo las prácticas agrícolas sostenibles influyen directamente en la productividad y calidad del producto, demostrando también que la implementación de técnicas como la cobertura del suelo, el uso de vegetación autóctona y el manejo integrado de plagas permite mejorar el rendimiento de los cultivos y preservar la salud del ecosistema.

El marco de sostenibilidad aplicado a la agricultura exige que haya una transformación de los sistemas productivos, basada en una visión holística que considere los aspectos ecológicos, económicos y sociales de manera articulada y dicha transformación debe apoyarse en políticas públicas efectivas, en la educación ambiental de todos los actores involucrados y en la innovación tecnológica, sin dejar de lado la equidad social y la participación comunitaria. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles es una opción viable y una necesidad urgente en un mundo amenazado por el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la inseguridad alimentaria.

### ***Brecha entre Teoría y Práctica en el Uso de Contenedores Biodegradables***

A través del marco teórico se destaca la definición de los plásticos, por qué contaminan, cómo se usan en la agricultura y qué alternativas biodegradables se han explorado. No obstante, hoy día todavía existe una brecha importante, pues, aunque se están desarrollando y probando muchos contenedores biodegradables en distintas condiciones, todavía faltan soluciones que sean viables, adaptadas a realidades locales y lo suficientemente consolidadas como para reemplazar los plásticos en potreros, viveros y apuestas agrícolas regionales. Los estudios revisados

mencionan con frecuencia retos como el alto costo de estos materiales, la degradación impredecible según clima y microorganismos del suelo y la falta de estándares o certificaciones claros que faciliten su uso consciente y confiable.

Esto significa que aún se necesita un paso más como el de diseñar sistemas de contención que sean biodegradables, asequibles, robustos, adaptables a cultivos agrícolas reales y a condiciones de terreno como las del Huila. El proyecto propuesto interviene justo en ese punto porque busca ofrecer una alternativa diseñada que pueda realmente sustituir al plástico y ser aceptada por los agricultores. Es decir, pese a que hay avances interesantes, aún no existe una propuesta técnico-socialmente viable y contextualizada para la siembra agrícola local.

## **Marco Metodológico**

### **Enfoque y Diseño de Investigación**

El proyecto se enmarca en un enfoque mixto de carácter exploratorio - descriptivo, combinando métodos cuantitativos y cualitativos con el fin de formular y sustentar técnicamente una propuesta de diseño, sin llegar a la fase de fabricación ni validación experimental en campo. De acuerdo con Hernández Sampieri, et al., (2014), los estudios mixtos permiten integrar diferentes fuentes de información para fortalecer la comprensión del problema y sustentar decisiones de diseño en etapas tempranas de investigación.

Desde el componente cuantitativo, se recurre al análisis documental, revisión de estudios previos, parámetros técnicos reportados en la literatura y simulaciones teóricas relacionadas con resistencia mecánica, biodegradación y costos estimados de materiales biodegradables. Desde el componente cualitativo, se emplean encuestas y entrevistas exploratorias a agricultores del departamento del Huila, orientadas a identificar percepciones, necesidades y criterios de aceptación frente a un sistema de contención biodegradable.

El diseño metodológico es no experimental, dado que no se construye un prototipo físico ni se ejecutan pruebas piloto en campo, y se orienta a la formulación conceptual y técnica del diseño, lo cual es coherente con el alcance definido del proyecto.

### **Población y Muestra**

La población objeto de estudio está conformada por agricultores de distintos municipios del departamento del Huila, quienes representan una diversidad de cultivos, prácticas agrícolas y niveles de tecnificación. La muestra, de carácter intencional y exploratorio, se selecciona con base en criterios de accesibilidad y pertinencia, priorizando productores vinculados a cultivos perennes y transitorios.

Para el desarrollo de esta investigación, se trabajó con una muestra total de 20 participantes, distribuidos de la siguiente manera: 15 agricultores locales para la aplicación de encuestas de percepción (ver Anexo A) y 5 líderes o productores con amplia trayectoria para la realización de entrevistas semiestructuradas (ver Anexo B). Esta cantidad permite una triangulación de datos suficiente para un estudio de carácter proyectual.

Es importante precisar que las parcelas agrícolas no se utilizaron pruebas piloto ejecutadas, sino como referentes contextuales, a partir de visitas de reconocimiento y observación, que permiten comprender las condiciones reales de uso (tipo de suelo, humedad, radiación solar y prácticas de manejo), insumos necesarios para definir los criterios de diseño del contenedor biodegradable.

### **Técnicas de Recolección de Datos**

Los ensayos de resistencia y biodegradación se consideran referencias teóricas y comparativas, basadas en literatura especializada y datos secundarios, no en pruebas experimentales propias. Paralelamente, las encuestas recogen información cuantitativa sobre la percepción, aceptación y disposición de los agricultores, complementadas con entrevistas que profundicen en la comprensión cualitativa de sus experiencias, necesidades y resistencias potenciales. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la integración de encuestas y entrevistas favorece la triangulación de la información, fortalece la validez y confiabilidad del estudio.

### **Tabla 1**

#### *Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos*

Técnica	Instrumento	Propósito
Ensayos de resistencia mecánica	Pruebas de laboratorio	Determinar capacidad del material frente a esfuerzos físicos.

Técnica	Instrumento	Propósito
Pruebas de biodegradación en suelo	Cámaras de degradación controlada	Medir tiempo y condiciones de descomposición en ambientes naturales.
Análisis de costos	Matriz comparativa de costos	Calcular viabilidad económica del material frente a opciones tradicionales.
Encuestas	Cuestionario cerrado	Recoger información cuantitativa sobre aceptación y disposición de los agricultores.
Entrevistas	Guía de entrevista	Profundizar en percepciones, experiencias y barreras percibidas por los agricultores.

*Nota.* Cabe aclarar que los ensayos técnicos descritos se abordan desde una fase proyectada y teórica, mediante revisión documental, simulaciones conceptuales, sin ejecución directa de laboratorio. No obstante, para la validación de los requerimientos de diseño y la aceptación social, se aplicaron instrumentos de recolección de datos primarios consistentes en 15 encuestas (ver Apéndice A) y 5 entrevistas estructuradas a agricultores locales (ver Apéndice B).

### **Hipótesis**

Si se formula un sistema de contención biodegradable, funcional y de bajo costo, a partir de criterios técnicos, ambientales y sociales, entonces será posible plantear una alternativa viable para reemplazar el plástico usado en la siembra agrícola del Huila, contribuyendo a la reducción de la contaminación y fomento de prácticas más sostenibles.

## Variables de Estudio

Las variables del proyecto se organizan en torno a 2 dimensiones, la primera está relacionada con las características técnicas de los materiales evaluando aspectos como tiempo de degradación, resistencia a la humedad, peso y aporte de nutrientes al suelo. La segunda corresponde a la dimensión económica y social, en la cual se analizarán el costo por unidad y el nivel de aceptación por parte de los agricultores, indicadores para determinar la viabilidad y factibilidad de implementación en la región.

**Tabla 2**

### *Variables del Estudio*

Dimensión técnica	Indicadores / variables a medir
Tiempo de degradación	Días/semanas requeridas para descomposición total
Resistencia a la humedad	Nivel de absorción en condiciones de alta humedad
Resistencia al peso	Capacidad de carga sin ruptura
Aporte de nutrientes al suelo	Porcentaje de materia orgánica liberada
Dimensión económica y social	Indicadores / variables a medir
Costo por unidad	Valor producción e implementación por material
Nivel de aceptación de agricultores	Grado de disposición a utilizar (alta, media, baja)

*Nota.* Hernández Sampieri et al. (2014).

## Plan Piloto Propuesto

Esta fase se plantea como un escenario metodológico proyectado, cuyo propósito es definir cómo podría evaluarse el comportamiento del sistema de contención biodegradable en condiciones reales de cultivo en una etapa posterior del proyecto. El piloto propuesto considera

su aplicación en al menos dos tipos de cultivos (perenne y transitorio), con el fin de analizar la adaptabilidad del diseño en diferentes contextos productivos.

No obstante, en el marco del presente trabajo no se ejecuta el piloto en campo, limitándose a la definición metodológica de las pruebas, los indicadores de evaluación y los criterios técnicos necesarios para su futura implementación. Esta proyección permite garantizar coherencia entre el diseño propuesto y las condiciones reales de uso, sin exceder el alcance definido del proyecto.

### ***Indicadores de Evaluación***

Con el fin de garantizar una evaluación integral del sistema de contención biodegradable, se definieron indicadores que permiten medir su desempeño desde la dimensión técnica, ambiental, económica, social y productiva. Estos indicadores responden a la necesidad de verificar la resistencia, biodegradabilidad del material, viabilidad en términos de costos, aceptación entre los agricultores e incidencia en el rendimiento de los cultivos. La definición de estos parámetros es un insumo importante para validar la pertinencia de la propuesta de diseño condiciones reales de uso.

### **Tabla 3**

#### *Indicadores de Evaluación*

Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Propósito
Técnica / Ambiental	Tiempo promedio de degradación del material en condiciones de cultivo	Días	Determinar rapidez y eficacia proceso de biodegradación.

Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Propósito
Ambiental	Reducción del peso de residuos plásticos generados por hectárea	kg	Cuantificar impacto positivo en disminución de contaminación plástica.
Económica	Costo unitario del sistema biodegradable en comparación con bolsas plásticas	%	Evaluar viabilidad económica frente a métodos tradicionales.
Social	Porcentaje de agricultores dispuestos a adoptar el sistema propuesto	%	Medir aceptación de actores para su posible implementación.
Productiva	Variación en la germinación y crecimiento de los cultivos	%	Identificar efecto del sistema en rendimiento agrícola.

Con los anteriores indicadores se hará la valoración objetiva del impacto del sistema propuesto y se podrá asegurar la coherencia con los objetivos de investigación. De esta manera, se posibilita la identificación de fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora en el diseño, contribuyendo a la toma de decisiones informadas para su implementación y eventual escalabilidad en el sector agrícola del Huila.

Los indicadores definidos cumplen una función proyectiva, orientada a establecer los parámetros que se deberán ser medidos en una futura fase de validación experimental del diseño.

## **Análisis de Viabilidad de la Propuesta**

La viabilidad de la propuesta se fundamenta en 3 dimensiones, la técnica, económica y ambiental, para poder valorar la factibilidad de diseñar un prototipo de contenedor biodegradable para uso agrícola en el contexto del Huila. Este análisis integra los hallazgos obtenidos mediante los instrumentos de recolección de datos (ver Anexos A y B), permitiendo contrastar la teoría con la realidad del sector agrícola local.

Viabilidad técnica, el diseño planteado es factible debido a la disponibilidad regional de materiales biodegradables como fibras vegetales y subproductos agroindustriales (cascarilla de arroz y residuos de café). Los resultados de la encuesta (Anexo A) indican que el 90% de los agricultores identifica estos residuos como abundantes en sus zonas, lo que asegura el suministro de materia prima. Asimismo, los métodos industriales de moldeado o prensado son tecnologías adaptables. A través de las entrevistas (Anexo B), se determinó que el contenedor debe poseer una resistencia mecánica mínima de 60 días en condiciones de vivero, requerimiento técnico que ha sido incorporado en las especificaciones del diseño final para garantizar su funcionalidad antes del trasplante.

Viabilidad económica, La propuesta resulta razonable, pues si bien los costos iniciales pueden ser superiores a los plásticos convencionales, el diseño se orienta a un producto con valor agregado. En la consulta realizada, se identificó que el 75% de los agricultores estaría dispuesto a pagar un sobre costo de hasta el 10%, siempre que el contenedor reduzca los tiempos de labor al permitir el trasplante directo. Este atributo, sumado a posibles incentivos fiscales y programas de producción sostenible, proyecta un escenario económico favorable. Además, el uso de materiales locales de bajo costo ayuda a mitigar la brecha de precios frente a los polímeros derivados del petróleo.

La viabilidad ambiental, Es el argumento central del proyecto, ya que responde a la necesidad de reducir los residuos plásticos que, según los entrevistados, representan una carga logística y ambiental crítica en sus fincas. Los materiales contemplados disminuyen la carga contaminante y aportan nutrientes al suelo. La investigación confirma que el uso de este sistema contribuye directamente a los ODS 12, 13 y 15, transformando un residuo (como la cascarilla) en un insumo productivo, cumpliendo así con los principios de la economía circular.

**Tabla 4**

*Presupuesto Estimado para el Desarrollo de la Propuesta*

Rubro	Detalle	Cantidad	Valor unitario	Subtotal
Personal	Coordinadora del proyecto	6 meses	1.000.000	6.000.000
	Asistente de campo para piloto	10 jornales	60.000	600.000
Materiales y suministros	Muestras de materiales biodegradables (fibras, biopolímeros, subproductos agrícolas para pruebas exploratorias pequeñas)	1 lote pequeño	500.000	500.000
	Insumos básicos para pruebas exploratorias (sustrato, semillas)	1 lote	300.000	300.000
	Computador y Software de diseño	1	1.000.000	1.000.000
Transporte y logística	Traslados a fincas o zonas piloto (visitas exploratorias, entrevistas y toma de muestras)	4 salidas	100.000	400.000

Rubro	Detalle	Cantidad	Valor unitario	Subtotal
Instrumentación y pruebas	Kit básico de análisis de suelo (pH, humedad, textura)	1 kit	250.000	250.000
	Pruebas preliminares de biodegradación	5 muestras	100.000	500.000
Misceláneos	Papelería, copias, transporte urbano, imprevistos	—	—	200.000
Total				\$9.750.000

**Tabla 5***Cronograma de la Propuesta*

Actividades	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes
	1	2	3	4	5	6
Revisión bibliográfica y definición de requerimientos	■					
Mapeo de productores y visitas de reconocimiento		■				
Selección preliminar de materiales y pruebas básicas			■			
Diseño conceptual del modelo y validación				■		
Análisis factibilidad técnica, económica y ambiental					■	
Redacción del informe final y socialización						■

## Productos Esperados

Teniendo en cuenta que el alcance del proyecto corresponde a la formulación de una propuesta de diseño y no a la producción o implementación del contenedor biodegradable, no se desarrolló un prototipo físico ni se ejecutó un piloto en campo. Las actividades asociadas al plan piloto se limitan a la fase proyectiva y exploratoria, que incluye revisión de literatura, visitas de reconocimiento, observaciones de contexto y simulaciones teóricas, orientadas a la definición de criterios técnicos y de diseño del modelo final.

La ausencia de ejecución práctica se sustenta en las limitaciones de tiempo, recursos y alcance académico del proyecto, por lo que los resultados se concentran en la conceptualización y representación técnica y validación teórica del diseño, sin llegar a su fabricación.

**Tabla 6**

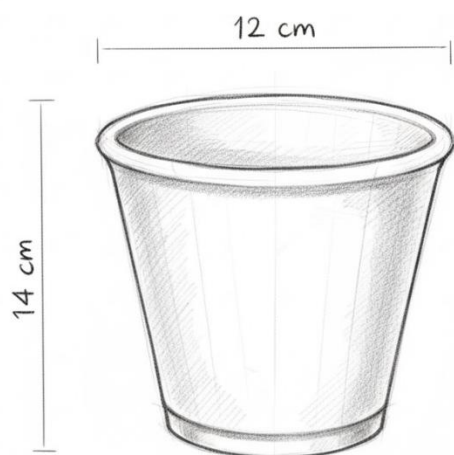
*Resultados Esperados del Plan Piloto, Modelo Proyectado*

Variable analizada	Método proyectado	Resultado esperado/estimado	Finalidad en el diseño
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación del material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de literatura y comparativos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60–120 días según tipo de fibra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección del material principal</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación con kits de referencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora ligera en estructura del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilidad con uso agrícola</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preferencias del productor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas exploratorias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predominio de interés por materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste ergonómico y de dimensiones</li> </ul>

Variable analizada	Método proyectado	Resultado esperado/estimado	Finalidad en el diseño
		económicos y resistentes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones del ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observaciones de campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta humedad y exposición solar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios del espesor y forma</li> </ul>

**Figura 1**

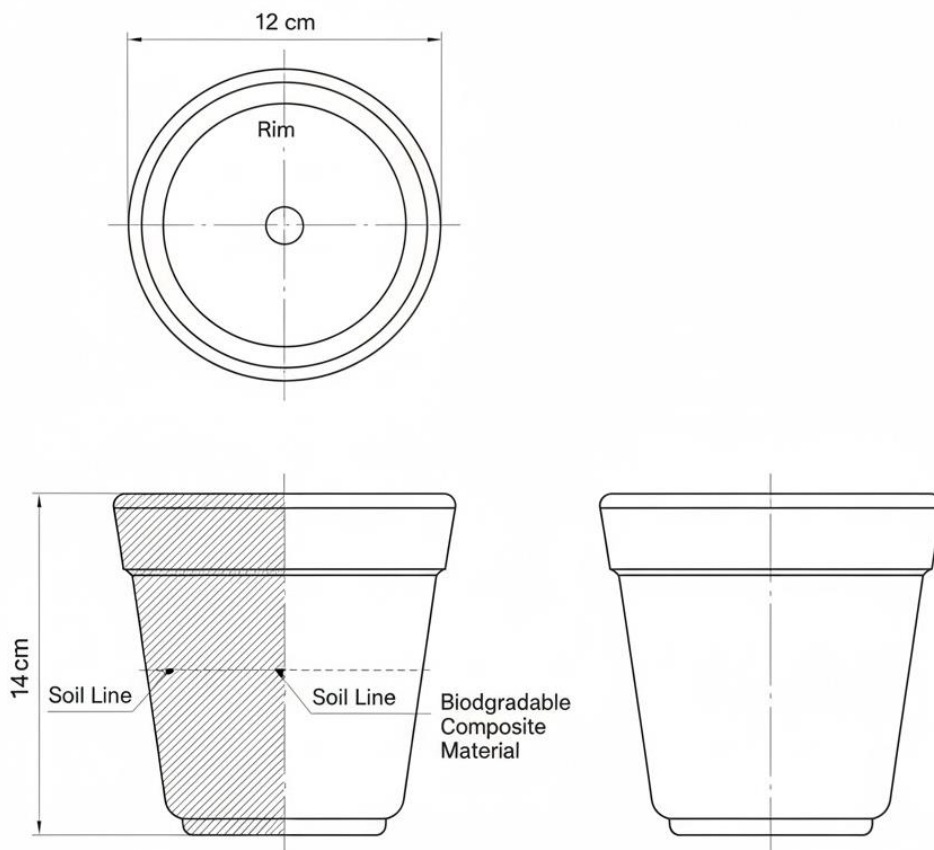
*Boceto a Mano Alzada Contenedor Biodegradable*



*Nota.* El dibujo muestra el diseño preliminar del contenedor, destacando su forma orgánica y dimensiones básicas.

**Figura 2**

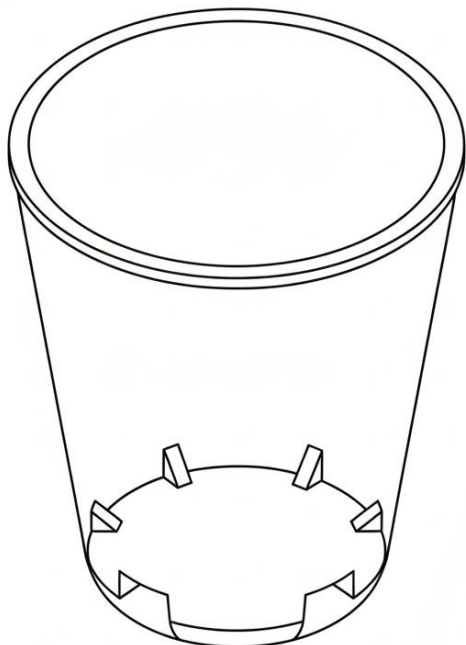
*Plano Técnico en 2D Diseño Propuesto*



*Nota.* Representación técnica que detalla las medidas exactas y los ángulos de apertura para el proceso de fabricación.

**Figura 3**

*Vista Isométrica Modelo de Contención*



*Nota.* Proyección tridimensional que permite visualizar el volumen final y la textura del material proyectado.

### **Criterios Técnicos y Restricciones del Diseño**

El diseño del sistema de contención biodegradable se fundamentó en una serie de criterios técnicos verificables, definidos a partir de la revisión de literatura, referentes normativos y condiciones de uso agrícola. Entre los principales criterios se incluyen:

- **Requerimientos funcionales:** resistencia mecánica básica durante la etapa de vivero, estabilidad dimensional, facilidad de manipulación y compatibilidad con bandejas de germinación.

- Restricciones ambientales: degradación progresiva en contacto con el suelo, ausencia de compuestos tóxicos y aporte potencial de materia orgánica.
- Restricciones productivas: posibilidad de fabricación mediante procesos simples (moldeado, prensado), tolerancias amplias y uso de materiales regionales de bajo costo.
- Criterios normativos y de referencia: parámetros reportados en estudios sobre macetas biodegradables, envases compostables y materiales lignocelulósicos para uso agrícola.

Estos criterios orientaron la selección del material, la geometría, el espesor y el volumen del contenedor, garantizando coherencia entre la propuesta de diseño y su posible aplicación futura.

El proceso de diseño del sistema de contención biodegradable se centró en establecer criterios técnicos que permitieran definir un modelo funcional, seguro, adaptable a las condiciones agrícolas locales y coherente con el propósito general del proyecto. Los resultados corresponden a una construcción conceptual respaldada por referentes teóricos, análisis de materiales, validación de medidas y exploración gráfica mediante bocetos, planos y representaciones digitales.

Uno de los primeros aspectos definidos fue el material biodegradable, el cual debía cumplir requisitos de resistencia mecánica básica, capacidad de retención de humedad, permeabilidad moderada y descomposición natural en un periodo razonable. Con base en la revisión documental, se seleccionó como referencia un compuesto mixto de fibras vegetales de cascarilla de arroz, cáscara de girasol o bagazo, combinadas con un aglutinante de origen biopolimérico. Estos materiales presentan buena estabilidad inicial y degradación progresiva que favorece la integración al suelo sin afectar la calidad del cultivo.

A nivel estructural, se definió un espesor promedio de 2 a 4 mm, suficiente para mantener la forma durante la etapa de vivero, pero lo bastante delgado para permitir la ruptura natural y la salida de las raíces. Este espesor puede variar según el tipo de fibra seleccionada, pero se mantuvo dentro de un rango técnico que asegura equilibrio entre resistencia y biodegradabilidad. De igual forma, se establecieron tolerancias amplias para facilitar su producción en procesos artesanales o semiindustriales, reconociendo que los materiales naturales suelen presentar variaciones que no comprometen la funcionalidad del contenedor.

La forma adoptada corresponde a un recipiente troncocónico de paredes ligeramente inclinadas, base plana reforzada y bordes suavemente redondeados. Esta geometría mejora la estabilidad en bandejas de germinación, facilita la manipulación y reduce el riesgo de fracturas. La elección del tronco de cono también favorece el desarrollo radicular y la salida de las raíces hacia el exterior cuando inicia la degradación del contenedor, teniendo en cuenta también que esto hace más eficiente el proceso de trasplante y disminuye el estrés de la planta.

En cuanto a la capacidad, se definió un volumen aproximado de 450–600 ml, equivalente al tamaño utilizado comúnmente en cultivos semicomerciales para la producción de plántulas. Este volumen asegura un espacio adecuado para el desarrollo inicial de las raíces, sin exceder un tamaño que incremente el costo de materiales o prolongue demasiado el tiempo de degradación. La capacidad propuesta es compatible con diversas especies agrícolas y puede adaptarse mediante escalas proporcionales si se requieren variantes del diseño.

### **Limitaciones**

El presente estudio se limita a una fase de diseño conceptual y validación teórica. La falta de un prototipo físico impide verificar el comportamiento mecánico real bajo condiciones climáticas extremas del Huila y la interacción química exacta con los microorganismos del suelo

local. Asimismo, el análisis de costos es preliminar y requiere un estudio de economía de escala para determinar su competitividad en mercados masivos.

## Conclusiones

La propuesta de un sistema de contención biodegradable para sustituir el uso de plástico en la siembra agrícola del Huila demuestra que el diseño industrial puede aportar soluciones concretas y pertinentes frente a los desafíos ambientales actuales. El proceso desarrollado permitió identificar materiales, considerar su pertinencia y formular un modelo conceptual de diseño con criterios funcionales, técnicos y sostenibles, respondiendo a las necesidades reales del sector agrícola local.

El estudio evidenció que existen materiales biodegradables viables, de bajo costo y disponibles en el contexto regional, como fibras vegetales, biopolímeros simples y pulpa de papel reciclado. Su selección se justifica por características como su rápida degradación, compatibilidad con el suelo, disponibilidad local y mínima huella ambiental. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de avanzar hacia una transición tecnológica donde la agricultura reduzca la dependencia del plástico y adopte soluciones derivadas de recursos renovables.

Con el proceso de diseño se pudo estructurar un sistema de contención biodegradable funcional, adaptable y orientado a la sostenibilidad técnica, económica y ambiental. Aunque el prototipo no se materializó físicamente, se definieron criterios fundamentales del diseño industrial como geometría adecuada para el desarrollo radicular, espesor y tolerancias que garantizan resistencia inicial y degradación controlada, modularidad para su uso en diferentes cultivos, facilidad de producción con tecnologías locales y una ergonomía orientada al agricultor.

Los bocetos, planos 2D, vistas isométricas, ilustran la propuesta y evidencian el dominio de herramientas de representación propias del campo del diseño industrial. Así, la monografía aporta un modelo de referencia que puede ser desarrollado, adaptado o escalado por futuros proyectos académicos, instituciones agrícolas o emprendimientos.

El análisis social y ambiental permitió comprender que los agricultores del Huila reconocen la problemática asociada al plástico, pero su disposición a adoptar nuevos sistemas depende de factores como costos, facilidad de uso, disponibilidad del producto y evidencia de efectividad. El plan piloto propuesto define una ruta clara para evaluar la aceptación, desempeño y biodegradación del sistema, esa proyección metodológica demuestra que la intervención puede generar impactos positivos en cuanto a reducción de residuos plásticos, mejoramiento de la calidad del suelo, fortalecimiento de prácticas agrícolas sostenibles y contribución a la educación ambiental del sector productivo.

Por lo tanto, la propuesta es un aporte desde el diseño industrial, ya que integra criterios estéticos, funcionales, productivos y ambientales para resolver un problema real del territorio. Su relevancia radica en unir procesos creativos con análisis técnico y sostenibilidad, demostrando que el diseño puede actuar como puente entre innovación, medio ambiente y desarrollo rural. También, abre posibilidades de emprendimiento local al proponer un sistema que puede ser fabricado por microempresas rurales mediante técnicas conocidas, utilizando materiales del entorno y ofreciendo un valor agregado sostenible.

Una limitación del estudio es la ausencia de pruebas de campo y prototipos físicos, lo cual queda planteado como proyección para futuras investigaciones.

### **Recomendaciones**

Desarrollar y validar prototipos físicos del sistema de contención, a partir de los materiales identificados como más prometedores, así, se podrá evaluar con mayor precisión la resistencia, biodegradación, comportamiento en campo y adaptabilidad a distintos cultivos.

Profundizar en pruebas de biodegradación controlada, para optimizar el espesor, la mezcla de fibras y la durabilidad del contenedor según el ciclo del cultivo. Se recomienda el uso de ensayos comparativos en distintos tipos de suelo.

Explorar posibilidades de escalado productivo, considerando tecnologías de bajo costo como prensado manual, moldes reutilizables o extrusión artesanal, de modo que el sistema pueda ser fabricado en zonas rurales con mínima inversión inicial.

Impulsar estrategias de divulgación y capacitación sobre los beneficios ambientales del uso de contenedores biodegradables, especialmente dirigidas a asociaciones campesinas, viveros y pequeños productores, para promover la adopción del sistema.

### Referencias Bibliográficas

- Abrar, S. (2023). *Harnessing seed-embedded paper cups to mitigate plastic pollution and promote green initiatives for a cleaner earth* [Manuscrito no publicado]. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/380348653\\_Harnessing\\_Seed-Embedded\\_Paper\\_Cups\\_to\\_Mitigate\\_Plastic\\_Pollution\\_and\\_Promote\\_Green\\_Initiatives\\_for\\_a\\_Cleaner\\_Earth](https://www.researchgate.net/publication/380348653_Harnessing_Seed-Embedded_Paper_Cups_to_Mitigate_Plastic_Pollution_and_Promote_Green_Initiatives_for_a_Cleaner_Earth).
- Aguiar, J. A., Pérez, M. L., Rodríguez, C. F., & Morales, D. R. (2020). Design and elaboration of biodegradable utensils from the fiber of the banana stem (*Musa paradisiaca*) as an alternative of use to mitigate environmental impacts caused by the plastic. *Ciencia Digital*, 4(1), 373-384. <https://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1118>.
- Álvarez, K. (2021). *Estrategia para impulsar el empleo de eco materiales en el diseño con un enfoque sustentable* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio Institucional UANL. <http://eprints.uanl.mx/23745/1/1080328472.pdf>
- Auquilla, E. P. (2024). *Análisis de las prácticas agrícolas sostenibles y su impacto en la productividad del cultivo de mango y sus derivados. Caso de estudio “Tiku”* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/items/12425ad8-990b-47f8-a10d-6366d049afde>.
- Calle, C. J. (2024). *Plan de negocio para la elaboración y comercialización de empaques biodegradables de almidón de yuca*. El Triunfo: Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALLE%20LOPEZ%20CINTHIA%20JULISA.pdf>

- Castañeda et al. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175.  
<https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/>
- Chilito, L. V. (2020). *Diseño de un sistema de contención biodegradable para reemplazar el uso de plástico en el proceso de siembra*. Universidad ICESI.  
<https://repository.icesi.edu.co/server/api/core/bitstreams/18399de3-dab9-4e73-a198-b4f6e1ed5290/content>.
- Chuiza, et al. (2020). Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 981-994.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7504271>.
- Cornejo, et al. (2020). Biopolímeros para uso agro industrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo plástico biodegradable. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 6(11), 1359-1387.  
<https://ageconsearch.umn.edu/record/347480/?v=pdf>
- Cruz, et al. (2024). Desarrollo agrícola sostenible para optimizar la productividad a través del buen manejo del suelo en Benguela-Angola. *Environmental Sciences and Practices*, 2(1).  
<https://www.mlsjournals.com/Environmental-Science-Practices/article/view/2426>.
- Duque, A. M. (2024). *Desarrollo de un nuevo material con la cáscara de plátano verde para su aplicación en objetos*. Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.  
<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/eb088772-993b-4c1c-b529-3690ac08e556/content>.

Escalante, M. (2021). *Diseño químico de materiales poliméricos para la sostenibilidad*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

<https://core.ac.uk/download/pdf/516395936.pdf>

Fernández, et al. (2024). *Desarrollo de nuevos materiales eco-compatibles con la agricultura*. (Informe No. 1) Fundación Avanza.

<https://doi.org/10.60096/fundacionavanza/3652024>

Fuentes, et al. (2021). Development of biodegradable pots from different agroindustrial wastes and byproducts. *Sustainable Materials and Technologies*, 30.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214993721000932>.

Gutiérrez, V. (2021). *Soluciones renovables a la contaminación del plástico: una respuesta ingenieril al problema de los envases*. (trabajo de fin de grado, universidad de Valladolid) Valladolid España.

Harris, et al. (2020). Horticulture Industry Adoption of Biodegradable Containers. *Hort Technology*, 30(3), 372-384.

<https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/30/3/article-p372.xml>

Hussen Muhie, S. (2022).

Novel approaches and practices to sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, Article 100446.

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100446>

López, et al. (2023). Propuesta metodológica para la adopción de buenas prácticas en agricultura sostenible dirigida a productores colombianos. *Producción + Limpia*, 18(1), 99-117.

<https://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/3217>.

López, et al. (2021). Indagación sobre la degradación de plásticos con estudiantes de secundaria.

*Educación química*, 32(2).

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-)

893X2021000200021.

López, et al. (2022). Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá, fuente para la elaboración de plástico biodegradable. *Boletín Informativo CEI*, 9(1), 107-110.

<https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/3018>.

Luna, Á. (2020). *La era del Plástico*. Una nueva amenaza para la conservación de la naturaleza.

Guadalmazán.

[https://www.google.com.co/books/edition/La\\_era\\_del\\_pl%C3%A1stico/QjvqDwAAQB](https://www.google.com.co/books/edition/La_era_del_pl%C3%A1stico/QjvqDwAAQB)

[AJ?hl=es&gbpv=1&dq=pl%C3%A1stico+en+agricultura&pg=PT42&printsec=frontcove](https://www.google.com.co/books/edition/La_era_del_pl%C3%A1stico/QjvqDwAAQB)

r.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021, junio 16). *Colombia aspira a que en*

*2030 el 100% de los plásticos de un solo uso del mercado sean reutilizables o compostables*.

<https://www.minambiente.gov.co/colombia-aspira-a-que-en-2030-el-100-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-del-mercado-sean-reutilizables-o-compostables/>

Mesa Técnica Agroclimática del Huila. (2024). *Boletín agroclimático regional*. Gobernación del Huila.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

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

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2022, 1 de agosto). *Los plásticos en la agricultura: un reto ambiental*.

<https://www.unep.org/es/resources/casos-de-estudio/los-plasticos-en-la-agricultura-un-reto-ambiental>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2022, 1 de agosto). *Plastics in agriculture: an environmental challenge*.

[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40403/Plastics\\_Agriculture.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40403/Plastics_Agriculture.pdf)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2024). *El ABC de los plásticos: Una guía sobre las negociaciones mundiales sobre plásticos*.

<https://www.undp.org/es/el-abc-de-los-plasticos>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2023). *Cumplir la promesa: Informe anual 2023*.

[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44777/UNEP\\_Annual\\_Report\\_2023\\_Spanish.pdf?sequence=22](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44777/UNEP_Annual_Report_2023_Spanish.pdf?sequence=22).

Poggio et al. (2016). Desarrollo de recipientes activos y biodegradables para cultivos agrícolas. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 7(2), 17-25.

<https://www.redalyc.org/pdf/3236/323646310003.pdf>

Polanía et al. (2013). Plásticos en la agricultura: beneficios y costo ambiental. Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 139-150.

<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/868>.

Postemsky et al. (2015). *Contenedores orgánicos biodegradables para el cultivo de plantines de tomate*. Asociación Argentina de Horticultura.

<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/243429>.

- Rani et al. (2024). Revitalizing plastic wastes employing bio-circular-green economy principles for carbon neutrality. *Journal of Hazardous Materials*, 472(5).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389424009737>.
- Ribba et al. (2021). Alternativas a los plásticos convencionales. Las dos caras de los plásticos verdes. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42-57.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/146144>.
- Riera et al. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3), 69-78.  
<https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>
- Rizo et al. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*(2), 106-120.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351615008.pdf>
- Rojas et al. (2024). *Evaluación agronómica de sustratos biodegradables en condiciones de vivero para plántulas de cacao*. Florencia: UNAD.  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66460>.
- Rojas et al. (2020). *Materas Orgánicas MAT-ON*. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior - CUN.  
<https://repositorio.cun.edu.co/handle/cun/6447>.
- Romero et al. (2024). Diseño de un sistema biodegradable para la siembra, germinación y enraizamiento de semillas frutales. *Cuaderno 239. Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 291-305.
- Thanawarananta, T. (2020). *A study of plastic waste reduction related to design amenity product for the in-flight services in Thailand*. Thammasat University.

[https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2019/TU\\_2019\\_6116120020\\_12352\\_13049.pdf](https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2019/TU_2019_6116120020_12352_13049.pdf)

Trejos, J. F. (2022). *Evaluación técnica y ambiental del uso de bolsas biodegradables como alternativa sostenible para almácigos y siembra en el sistema de producción cafetero*. Universidad de Caldas.

<https://repositorio.ucaldas.edu.co/entities/publication/ecc27960-4f69-41b7-b48f-e3ef594c0683>.

Trejos et al. (2024). Alternativas para sustituir plásticos de un sólo uso en almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 564, 1-8.

[https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/avances\\_tecnicos/article/view/2433](https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/avances_tecnicos/article/view/2433).

Waisarikit et al. (2026). Extracted Spent Coffee Grounds as a Performance-Enhancing Additive for Poly(Lactic Acid) Biodegradable Nursery Bags in Agriculture. *Polymers*, 17(5).

<https://www.mdpi.com/2073-4360/17/5/561>.

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Cuestionario de Percepción de Aceptación para Agricultores*

Propuesta de diseño de un sistema de contención biodegradable para reemplazar el uso de plástico en el proceso de siembra en los cultivos agrícolas del Huila.

Objetivo: Identificar las necesidades técnicas y la disposición de los agricultores frente al uso de materiales biodegradables en reemplazo del plástico.

Dirigido a: Pequeños y medianos agricultores del departamento del Huila.

#### I. CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO

1. ¿Qué tipo de cultivo predomina en su parcela?  
 Café  Arroz  Cacao  Hortalizas  Otro: \_\_\_\_\_
2. ¿Cuántas hectáreas o plantas tiene bajo su cuidado actualmente?  
 \_\_\_\_\_

#### II. USO Y GESTIÓN DE PLÁSTICOS

3. ¿Utiliza bolsas plásticas para las etapas iniciales de siembra o semilleros?  
 Sí  No
4. En promedio, ¿cuántas bolsas plásticas desecha después de un proceso de trasplante?  
 Menos de 100  
 100 a 500  
 500 a 1.000  
 Más de 1.000
5. ¿Qué disposición final le da a estas bolsas plásticas una vez utilizadas?  
 Las quemo  
 Las entierro  
 Las dejo en el terreno  
 Las recojo para basura/reciclaje

### III. PERCEPCIÓN DEL DISEÑO BIODEGRADABLE

6. ¿Estaría dispuesto a cambiar la bolsa plástica por un contenedor que se siembre directamente con la planta y se convierta en abono?  
 Sí  No  Tal vez
7. ¿Qué característica técnica considera más importante para este nuevo contenedor?  
 Que sea muy económico  
 Que resista la humedad sin romperse antes del trasplante  
 Que sea fácil de transportar y acomodar en bandejas
8. ¿Cuánto más estaría dispuesto a pagar por este sistema ecológico frente al costo de una bolsa plástica común?  
 El mismo precio  
 Entre 5% y 10% más  
 No pagaría más

**Apéndice B***Guía de Entrevista Estructurada para Líderes Agrícolas*

Guía de entrevista semiestructurada

Objetivo: Profundizar en los requerimientos funcionales y ergonómicos del contenedor desde la experiencia del agricultor.

Entrevistado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Preguntas orientadoras:

Problemática:

Desde su labor diaria, ¿cuáles considera que son los mayores problemas (ambientales o técnicos) de usar bolsas de plástico en el trasplante?

---

Materiales Locales: El proyecto propone usar cascarilla de arroz, bagazo o papel reciclado. ¿Cree que estos materiales son fáciles de obtener en su comunidad?

---

Resistencia: ¿Cuánto tiempo necesita que el contenedor resista el riego y la manipulación antes de llevar la planta al sitio definitivo de siembra?

---

Diseño: (Mostrar Figura 1 y 2 del documento). Al observar la forma troncocónica propuesta, ¿cree que facilita el crecimiento de la raíz y el agarre para el trabajador?

---

Barreras: ¿Cuál cree que sería el mayor obstáculo para que sus vecinos agricultores decidan dejar el plástico y usar este nuevo diseño?

---

Sostenibilidad: ¿Considera que el uso de estos sistemas mejoraría la imagen de los productos agrícolas del Huila en mercados nacionales?

---