

**ECONOMÍA CIRCULAR EN EL MANEJO DE CUBIERTAS PLÁSTICAS USADAS EN
INVERNADEROS**

DIANA RAMÍREZ

EAFIT

MAESTRÍA EN SOSTENIBILIDAD

MGTR. CATALINA CANO ZAPATA

JUNIO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	4
SUMMARY	4
PALABRAS CLAVE	5
MENSAJES DESTACADOS	5
INFOGRÁFICO	7
DEDICATORIA	8
INTRODUCCIÓN	8
MARCO TEÓRICO	9
METODOLOGÍA	12
CONSIDERACIONES ÉTICAS	13
HALLAZGOS Y RESULTADOS	14
DISCUSIÓN	16
PLAN DE ACCIÓN	17
CONCLUSIONES	17
CONTRIBUCIONES A LOS ODS	19
IMPACTOS DEL TRABAJO	19
Ambientales	20
Sociales	20
Gobernanza	20
BIBLIOGRAFÍA DEL AUTOR	25
AGRADECIMIENTOS Y RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26
APÉNDICES	28

ECONOMÍA CIRCULAR EN EL MANEJO DE CUBIERTAS PLASTICAS USADAS EN INVERNADEROS

RESUMEN

Uno de los ejes principales de la economía colombiana es la agricultura, según datos del ministerio de agricultura y desarrollo rural de Colombia, esta actividad ocupa el 3% del territorio nacional; uno de los departamentos que tiene una alta productividad hortícola es el departamento de Cundinamarca, el cual representa el 16% del total de la producción del país. La agricultura en Cundinamarca es uno de los principales motores económicos que mueve la región, uno de los cultivos que se trabaja es el de tomate, se maneja de manera protegida por medio de invernaderos para mejorar su rendimiento y producción, el segundo sector agrícola de mayor cubrimiento es el de la floricultura, en donde Cundinamarca es el responsable de la producción del 78% del total de las flores del país. Otro tipo de cultivos como la siembra de plantas ornamentales requiere en su totalidad de los invernaderos.

Según los materiales que componen un invernadero, se calcula que un 80% es plástico, representado en las cubiertas de construcción de techo y paredes, estas cubiertas tienen una vida útil variable, dependiendo del cultivo que se maneje, puede variar entre seis meses y años, teniendo el plástico de la cubierta una vida máxima aproximada de cinco a seis años para ser desechado definitivamente. La problemática de la gestión sostenible de estas cubiertas se centra en la práctica eficiente para el manejo de residuos plásticos generado por el gremio de agricultores en Cundinamarca.

A nivel mundial se han implementado una serie de metodologías y se han realizado estudios de caso respecto a las alternativas que se han implementado representando beneficios ambientales y económicos para los agricultores. Esta investigación ofrece una alternativa de aplicación de economía circular en la gestión de las cubiertas usadas en los invernaderos, proponiendo una solución práctica que genera una sinergia en el gremio de los agricultores en el departamento de Cundinamarca.

SUMMARY

One of the main axes of the Colombian economy is agriculture. According to data from the Ministry of Agriculture and Rural Development of Colombia, this activity occupies 3% of the national territory; One of the departments that has high horticultural productivity is the department of Cundinamarca, which represents 16% of the country's total production. Agriculture in Cundinamarca is one of the main economic drivers that moves the region, one of the crops grown is tomato, it is managed in a protected manner through greenhouses to improve its performance and production, the second largest agricultural sector. coverage is that of floriculture, where Cundinamarca is responsible for the production of 78% of the country's total flowers. Other types of crops, such as planting ornamental plants, require greenhouses entirely.

Depending on the materials that make up a greenhouse, it is estimated that 80% is plastic, represented in the roof and wall construction covers. These covers have a variable useful life, depending on the crop being managed, it can vary between six months and years. , the plastic cover having a maximum approximate life of five to six years to be permanently discarded. The problem of sustainable management of these covers focuses on the efficient practice for managing plastic waste generated by the farmers' union in Cundinamarca.

At a global level, a series of methodologies have been implemented and case studies have been carried out regarding the alternatives that have been implemented representing environmental and economic benefits for farmers. This research offers an alternative application of circular economy in the management of covers used in greenhouses, proposing a practical solution that generates synergy in the farmers' union in the department of Cundinamarca.

PALABRAS CLAVE

Economía circular, agricultura, sostenibilidad, residuos plásticos, invernaderos.

MENSAJES DESTACADOS

1. "Transformemos el manejo de cubiertas plásticas en invernaderos de Cundinamarca hacia la #EconomíaCircular. Aportando a la conservación del medio ambiente, generando sinergias en el gremio de los agricultores #ODS11#ciudadesycomunidades sostenibles, generando consciencia en el presente y para el futuro. ¡Sostenibilidad que impacta positivamente en nuestros agricultores! #AgriSostenible #ODS12 #produccionyconsumoresponsable"
2. "En Cundinamarca, los agricultores están adoptando la #EconomíaCircular para gestionar de manera responsable las cubiertas plásticas de invernaderos #ODS9 #industriainnovacioneinfraestructura. ¡Un paso hacia el desarrollo sostenible! #AgriculturaSostenible #ODS12 #produccionyconsumoresponsable"
3. "Reducir, reutilizar, reciclar: claves para una gestión sostenible de cubiertas plásticas en invernaderos. #ODS11 #ciudadesycomunidades sostenibles. Los agricultores de Cundinamarca lideran el cambio hacia la #EconomíaCircular. #Sostenibilidad #ODS12"

4. "Cundinamarca cosecha innovación en la agricultura: implementando la #EconomíaCircular en el manejo de cubiertas plásticas. #ODS13 #accionporelclima ¡Un compromiso con el desarrollo sostenible! #AgroSostenibilidad #ODS12"

5. "El futuro agrícola de Cundinamarca es circular y sostenible #ODS11 #comunidadesostenibles. Los agricultores adoptan prácticas responsables para gestionar las cubiertas plásticas de sus invernaderos. #EconomíaCircular #AgriculturaSostenible #ODS12"

INFOGRÁFICO

ECONOMIA CIRCULAR EN EL MANEJO DE CUBIERTAS PLÁSTICAS USADAS EN INVERNADEROS

Invernaderos en Cundinamarca

Se encuentra que la muestra representativa del estudio (12 agricultores) en Cundinamarca no existe la aplicabilidad de la economía circular en plásticos empleados en cubiertas de invernaderos.

Cubiertas plásticas de invernaderos

Las cubiertas plásticas usadas en invernaderos de cultivos de flores, solo son usadas por 6 meses, mientras que los pequeños y medianos agricultores de hortalizas usan dichas cubiertas por 24 meses.

Desarrollo proyecto economía circular

Se puede alargar el uso de cubiertas plásticas generadas por floricultores y ser aprovechadas por los dueños de cultivos de hortalizas; mediante el desarrollo de una aplicación móvil que genere alertas de la ubicación y disponibilidad de cubiertas usadas.

Unión en el gremio

La idea es que los grandes agricultores se unan a este proyecto y lo generen desde un punto de vista social y ambiental, mientras que los pequeños y medianos se adhieran a esta iniciativa para beneficiarse.

Resultados del desarrollo del proyecto

Como resultados tenemos:

- Generación de economía circular en los plásticos usados de cubiertas de invernaderos.
- Reducción en la cantidad de residuos plásticos generados en el gremio.
- Ahorro en costos operativos de medianos y pequeños agricultores.
- Sinergia y trabajo colaborativo en el gremio de agricultores de Cundinamarca.

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero reconocer y agradecer a los agricultores de Cundinamarca por haber abierto sus puertas y facilitar el desarrollo de este proyecto, ellos fueron el motor para el desarrollo del mismo, fueron también los que con sus conocimientos y colaboración, permitieron que se pudiera desglosar esta idea y que pudiera seguir adelante con mi trabajo de grado.

También quiero agradecer a mi directora de proyecto, su sabiduría, paciencia y amor, hizo que no desfalleciera en el camino de esta investigación.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de adoptar prácticas sostenibles ha llevado a repensar la manera en que abordamos la gestión de residuos en diversas industrias. En el contexto agrícola, la proliferación de invernaderos hace que se genere un aumento en la cantidad de residuos plásticos, en particular porque las cubiertas plásticas utilizadas en invernaderos, constituyen el 80% del total de la estructura.

Este trabajo se sumerge en el corazón de esta problemática, centrándose en el manejo de cubiertas plásticas usadas en invernaderos ubicados en el departamento de Cundinamarca, Colombia. En la búsqueda de una solución que trasciende el paradigma lineal de uso y desecho, se propone la implementación de principios de economía circular como una alternativa para abordar esta problemática.

A través de un enfoque integral que abarca desde el análisis de la situación actual hasta la evaluación el desarrollo de una alternativa y la identificación de mejores prácticas, este trabajo busca proporcionar un marco sólido para la implementación efectiva de la economía circular en los plásticos utilizados en las cubiertas de los invernaderos.

Además, este estudio busca mejorarla sinergia entre pequeños y grandes agricultores de la región, en cuanto al desarrollo sostenible de este sector económico.

MARCO TEÓRICO

La plasticultura, es una terminología usada a nivel mundial y se refiere a la protección de cultivos del agro mediante plásticos, esto con el fin de mejorar la eficiencia de la producción y el cuidado de estos, se introdujo en los países desarrollados en la mitad del siglo pasado, mientras en países en vía de desarrollo adoptaron esta metodología, en forma profusa en los años noventa (Zenner, 2013).

En la actualidad, esta práctica ha venido en crecimiento en el agro; la gestión adecuada de residuos plásticos, en particular las cubiertas utilizadas en invernaderos, ha emergido como un desafío crítico en el contexto de la agricultura moderna, incrementando la utilización de plásticos de un solo uso ante este desafío, toma protagonismo la economía circular, como enfoque innovador y sostenible la cual promueve la eficiencia en el uso de recursos y minimiza los impactos ambientales.

La economía circular se fundamenta en cerrar ciclos de vida de los productos, fomentando la reutilización, reciclaje y reducción de residuos. En el contexto específico de las cubiertas plásticas en invernaderos, se busca transformar el modelo lineal de extracción, fabricación, uso y disposición final hacia un enfoque circular que optimice la durabilidad, facilite el reciclaje y fomente la reintegración de materiales en la cadena productiva, pasando del concepto *de la cuna a la tumba* al *de la cuna a la cuna*.

A nivel mundial, en la última década, se han venido desarrollando una serie de estrategias tanto científicas como gubernamentales y no gubernamentales, cuyo objetivo principal es optimizar el uso de plásticos en cualquier actividad humana pasando de una concepción lineal finita en el uso de plásticos, a una producción y manejo más consciente de este material. Esto brinda oportunidades y desafíos únicos para reducir la generación de residuos y la producción de plástico convencional, al mismo tiempo manteniendo la tasa de desarrollo de las naciones (Lim, J. S., Li, C., Fan, Y. V., & Klemeš, J. J. 2022). Estos estudios e investigaciones han tenido un impacto mundial de gran importancia llevando a que se recopilen y sean una ayuda para los nuevos países que se acogen o adhieren a la circularidad de plásticos (Bailey, I. 2022).

Vemos con gran positivismo, por ejemplo, la preocupación por generar políticas que vayan alineadas con el objetivo de la implementación de la economía circular en los modelos de producción. Uno de los instrumentos mundiales que dicta dicha pauta es el Convenio de Basilea, siendo el único lineamiento mundial jurídicamente vinculante que en la actualidad se ocupa específicamente de los desechos que terminan en los mares, afectando la biodiversidad y los ecosistemas marinos por cuenta del micro plástico. “Este acuerdo internacional vinculante aumenta significativamente la regulación de los plásticos y facilita la transparencia de los flujos de plásticos alrededor del mundo” (Kourabas, S., & Nagtzaam, G. 2021, p. 26). Por otro lado, vemos que la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio

Ambiente emite la Resolución 5/14 desarrolló un instrumento jurídicamente vinculante sobre la contaminación del plástico en los ecosistemas marinos, sabiendo que en el mundo se producen 430 millones de toneladas de plástico al año (PNUD, 2024). También se han generado instrumentos legales en países de Latinoamérica donde se han aprobado leyes para la fabricación, importación, venta, uso y eliminación de plásticos, con esto se busca mejorar la tasa de recuperación o reciclaje de posterior al consumo. Cabe recordar que el Caribe es el segundo mar más contaminado por plástico en el mundo (CEPAL, 2021). Como lo es la ley 2232 del 7 de julio de 2022 que se implementó en Colombia, en donde se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso. No solamente se presentan avances normativos y políticos en ciertos países, también se han generado avances por parte de profesionales y entendidos en materia de estrategias de proyectos referentes a residuos, por ejemplo en Turquía se vienen desarrollando e implementando una estrategia que aporta a la economía circular utilizando un método de difusión como se muestra en el estudio “Hacia la economía circular: Análisis de las barreras para la implementación de la gestión de residuos cero en Turquía utilizando el método difuso DEMATEL” (Ayçin, E., & Kayapinar Kaya, S. 2021) el cual identifica 12 barreras que no permiten una gran efectividad en la economía circular en este país.

Otro claro ejemplo de proyectos gestionados en diferentes lugares del mundo, es el caso de Indonesia en donde se reestructura la forma del manejo que se le da a los residuos urbanos generados en la ciudad de Sukunan (Kurniawan, T. A., Avtar, R., Singh, D., Xue, W., Dzarfan Othman, M. H., Hwang, G. H., Iswanto, I., Albadarin, A. B., & Kern, A. O. 2021) enfocándose en la reducción de residuos desde la fuente, mejorando la clasificación desde los hogares, evitando así la generación de 0,2 millones toneladas de emisiones equivalentes de CO₂ de los vertederos locales. Al igual en países de América como Estados Unidos, también se ve en surgimiento de una visión de ciclo de vida, más allá de un segmento de economía lineal en los plásticos generados por la industria y comercio estadounidense (Jebe, R. 2022).

La problemática de los plásticos, no solo es por la generación de residuos secos y que se vayan a disponer finalmente en los rellenos sanitarios, una de las grandes problemáticas que se evidencia en el mundo, es la contaminación de los océanos por este material, ya que al mal manejo que se le da a ciertos residuos en ciertas zonas, los plásticos que se generan por actividades humanas, resultan siendo dispuestos en cuerpos de agua, los cuales desembocan en el mar, allí sufren un proceso de degradación el cual convierte este material en micropartículas que se bioacumulan en las cadenas tróficas marinas, no solo afectando el ciclo normal de este ecosistema, sino los seres vivos que allí habitan y trascendiendo dicha afectación a otros organismos los cuales se alimentan de productos marinos.

El sector industrial ha tomado cartas en el asunto, no solamente en generar productos con menos plástico, sino que también buscando alternativas como la modificación molecular de dicho material para que su degradación se

de en un tiempo más corto, logrando así menos persistencia de este residuo en el medio ambiente. En paralelo se ha acuñado e implementando el concepto de economía circular, tanto en los productos que se distribuyen, comercializan y entregan al cliente final, generando proyecciones con metas claras a un mediano plazo (Enguix, C. 2018, mayo 30). Otras opciones que se han revisado desde la industria han ido un poco más allá de planes de circularidad, como la prueba de estrategias de transformación de plásticos en insumos energéticos, fertilizantes, entre otros. (Han, Z., Mao, Y., Pang, X., & Yan, Y. 2022).

Dando una mirada más guiada a Latinoamérica y el caribe se puede ver que por adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y otras regulaciones mundiales, se viene trabajando mancomunadamente en el tema de la circularidad de plásticos a nivel general; de la mano también con el crecimiento y desarrollo de esta región (Schröder, P., Albaladejo, M., & Ribas, P. A. 2021). Uno de los grandes motores económicos de esta zona y que también emplea plástico para su desarrollo es la agricultura (Gligo, Nicolo. 2021). En el crecimiento específico de esta región, vemos la adopción de prácticas más sostenibles en el gremios de los agricultores, estas prácticas hacen que no solamente se vea beneficiado el medio ambiente, sino que las cosechas tienen un mejor rendimiento tanto en almacenamiento de agua como en el rendimiento del mismo producto cultivado (Muhie, S. H. 2022), construyendo invernaderos inteligentes que optimizan el uso de energía y temperatura dentro de los mismos (Bersani, C., Ouammi, A., Sacile, R., & Zero, E. 2020), usando energía solar, y hasta en algunas zonas se puede ver el aprovechamiento de la energía geotérmica, todo esto gracias a la construcción de invernaderos inteligentes (Repizo Benitez, S. J. 2023). Estas técnicas van acompañadas o las complementan temas adicionales como el vermicompost, que consiste en la degradación de materia orgánica vegetal por medio de algunas especies de lombrices de tierra con el objetivo de mejorar la producción y por ende jalonar la economía de este gremio (Kamar Zaman, A. M., & Yaacob, J. S. 2022).

Otras alternativas que se han desarrollado para contribuir a la mitigación de la problemática generada por los plásticos producidos por las actividades agrícolas, es la creación de plásticos amigables con el medio ambiente o biopolímeros, los cuales en su estructura química presentan enlaces químicos de fácil destrucción generando compuestos menos complejos para que factores ambientales pueden degradarlos (Gamage, A., Liyanapathirane, A., Manamperi, A., Gunathilake, C., Mani, S., Merah, O., & Madhujith, T. 2022).

Por ejemplo, puntualmente en una empresa de floricultura de Cundinamarca, dedicada a la producción y exportación de flores, se realizó el análisis de los residuos generados en las actividades de este, dando como resultado que del 100% de sus residuos sólidos convencionales, el 33% correspondía a plásticos (Cadena Diana. 2022)

En la literatura revisada en esta investigación y el estado del arte sobre el plástico en la agricultura, nos muestra que no se presenta una idea de circularidad enfocada a los plásticos empleados en la fabricación de cubiertas de

invernaderos; un ejemplo puntual se presenta en una empresa floricultora de Cundinamarca, dedicada a la producción y exportación de flores, la cual realizó un análisis de los residuos generados en sus actividades, dando como resultado que del 100% de sus residuos sólidos convencionales, el 33% correspondía a plásticos (Cadena Diana. 2022). En donde no se menciona la circularidad y/o estrategia para las cubiertas de invernaderos.

Tampoco se evidencia una sinergia y/o colaboración del gremio de agricultores, dejando un gran espacio para el desarrollo de una idea de trabajo conjunto enfocado en la economía circular de dichos plásticos y de paso generar un impacto social positivo a este gran gremio.

METODOLOGÍA

El desarrollo metodológico del estudio se realizó de la siguiente manera:

1. Estado del arte:

- Se indagó sobre el estado del arte en cuanto a investigación y literatura referente a la agricultura y el uso de plásticos en la misma a nivel mundial.

2. Identificación del tema y enfoque del estudio:

- Se identificó un estudio caso desde una perspectiva analítica sobre el manejo de cubiertas plásticas utilizadas en invernaderos agrícolas.

3. Selección de la muestra:

- Se identificó que a nivel nacional, Cundinamarca es el departamento con mayor práctica de agricultura con invernaderos.
- Allí se seleccionaron doce agricultores del departamento.

4. Elaboración de la encuesta:

- Se consultaron bases de datos de la gobernación de Cundinamarca para identificar y contactar agricultores que utilizan invernaderos en sus cultivos.
- Se contactaron a los agricultores seleccionados por correo electrónico para explicar el propósito del estudio y el método de recolección de datos.

5. Aplicación de las encuestas:

- Se aplicó una encuesta de once preguntas (Apéndice 1) sobre el uso, vida útil, reutilización y destino final de los plásticos utilizados como cubiertas de invernadero.

6. Análisis de datos:

- Se analizó las respuestas de las encuestas para identificar patrones y tendencias en el manejo de plásticos en los invernaderos.

- Se evaluó la presencia de estrategias de circularidad y comunicación entre agricultores.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Consentimiento informado: Cuando se realizó el contacto inicial mediante correo electrónico, se dio apertura y explico de forma general de que se trataba el trabajo que se estaba realizando, si la persona estaba de acuerdo, respondía el correo diciendo que se encontraba interesado en el estudio, como segundo paso se contactan las personas interesadas mediante llamada telefónica para realizarle la encuesta, la cual se leía de manera clara y concisa en donde en el primer párrafo existe una pequeña presentación del trabajo, se solicitaba honestidad en las respuestas a suministrar y por último se mencionaba que esta información era con fines académicos y de aporte al gremio de los agricultores, en donde las personas antes de comenzar a contestar las preguntas, mencionan si estaban de acuerdo en seguir la entrevista.

Confidencialidad y anonimato: El contacto inicial, llamadas y aplicación de la encuesta fue realizada únicamente por la autora y los resultados se expresan de manera general en donde no involucra nombres de personas, cargos ni empresas, garantizando así el anonimato tanto del encuestado como de la empresa a la que pertenece.

Conflicto de intereses: No existe ningún conflicto de intereses ya que la idea surgió por la necesidad de saber cómo se manejaban los plásticos de cubiertas de invernaderos, adicionalmente las personas contactadas fueron encontradas gracias a la base de datos de la página de la gobernación de Cundinamarca y finalmente ningún encuestado o empresa con la que se tuvo contacto, tenía algún relacionamiento con la autora.

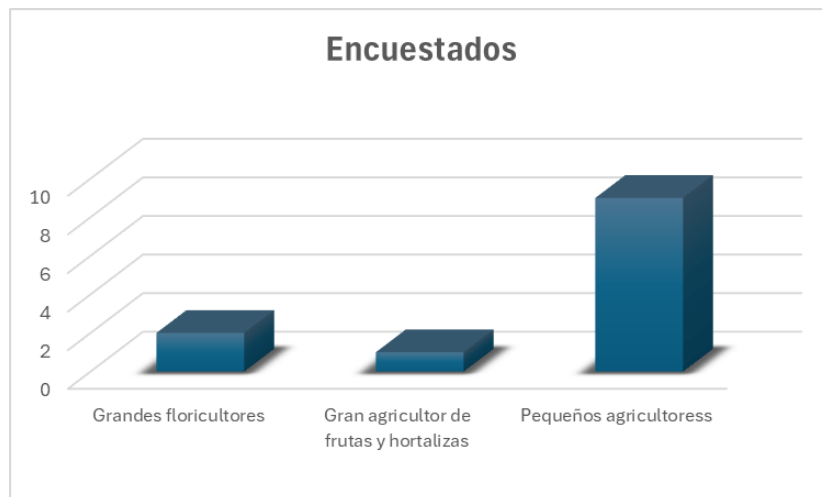
Tratamiento ético de los datos: Las encuestas realizadas fueron almacenadas en una carpeta con acceso restringido y no se encuentra almacenada en la nube, adicionalmente las respuestas no fueron expuestas de manera individual sino colectiva en el análisis de datos.

Manipulación y sesgo: Se deja claridad y compromiso en cuanto al manejo de las respuestas suministradas por las personas encuestadas, en donde se tomarán de manera textual y no se tendrá ningún tipo de interpretación ni afirmación diferente.

Cumplimiento de regulaciones y directrices: Este estudio se llevó a cabo cumpliendo las directrices éticas pertinentes para el caso y la Ley 1266 de 2008 de habeas data para cada una de las encuestas realizadas.

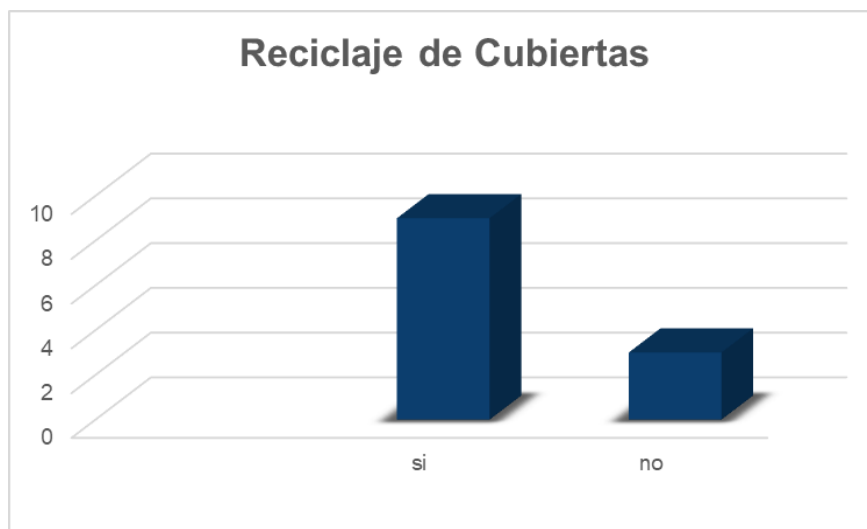
HALLAZGOS Y RESULTADOS

Después de realizar doce encuestas y analizar cada una de las respuestas, se determinaron los siguientes resultados:



De los doce encuestados, 3 pertenecían a grandes agricultores y los 9 restantes son pequeños agricultores, estos son emprendimientos y microempresas creadas por comunidades de agricultores veredales de Cundinamarca que se dedican a cultivar hortalizas, principalmente tomate.

- ✓ Los grandes agricultores, usaban plásticos con especificaciones técnicas (de baja y alta densidad), dependiendo de los requerimientos y calidad de los productos que cosechaban en los cultivos, uno de los cultivos que más exigencia tiene sobre el plástico a emplear en la cubierta, son los cultivos de flores. Los pequeños agricultores usan un plástico (de alta densidad) genérico vendido en tiendas de insumos agrícolas de Bogotá.
- ✓ Ninguno de los doce encuestados había calculado la vida útil de los plásticos, pero se tenía una especificación para el cultivo de flores, en donde las cubiertas eran cambiadas máximo cada seis meses, mientras que el resto de los cultivos podía usar dichas cubiertas hasta que el material sufría averías. Pero los pequeños agricultores, reparan las cubiertas cuando tienen algún daño; pueden llegar a durar un máximo de cinco a seis años de vida útil.



Tres (grandes agricultores) de los encuestados no utilizan las cubiertas plásticas, sino que al cabo de seis a ocho meses las desechan y las envían a destrucción.

- ✓ Las cubiertas de los grandes agricultores que son desechadas se almacenan temporalmente para luego ser dispuestas con un tercero, como lo tienen establecido en sus sistemas de gestión ambiental, dichos proveedores realizan una destrucción responsable de las mismas, según las especificaciones de las normas vigentes. En cuanto a los pequeños agricultores, entregan sus cubiertas y plásticos desechados a los programas que manejan las alcaldías municipales en conjunto con la CAR.
- ✓ Se preguntó a los pequeños agricultores si usarían plásticos reciclados de otros invernaderos, con un porcentaje de uso del 10% y respondieron afirmativamente bajo la condición de que el costo fuese razonable con respecto al mercado dadas las limitaciones de sus costos operativos.
- ✓ Ninguno de los encuestados usa en sus cubiertas plásticos biodegradables o modificados para que sean amigables con el medio ambiente.
- ✓ Los grandes agricultores no realizan reutilización de los plásticos que desechan, los pequeños agricultores, manejan plásticos reciclados generados por terceros que son usados para poner en las paredes o cortinas de los invernaderos, estos plásticos son vendidos informalmente por una persona natural de la zona.
- ✓ En cuanto a la gestión de las aguas lluvias generadas por los plásticos almacenados, no son aguas contaminadas ya que la totalidad de los encuestados emplea agroquímicos orgánicos, no representando una fuente de contaminación.
- ✓ Los tres grandes agricultores cuentan con sistemas de gestión estructurados, los cuales en su mejora continua llevan a cabo gestiones para generar conciencia sobre el uso de plásticos tanto en los stakeholders de su cadena de valor, como a sus clientes. En cuanto a los pequeños agricultores no tienen un plan de educación ambiental para sus colaboradores ni tampoco para sus clientes, pero si se acogen a los programas de gestión ambiental que dicta la alcaldía en conjunto con la CAR.
- ✓ Los doce encuestados estarían dispuestos a adherirse a un programa de circulación de cubiertas plásticas empleadas en invernaderos.

Adicionalmente, gracias a la aplicación de las encuestas, se pudo evidenciar que no se tiene contemplada la circularidad de los plásticos usados en las cubiertas en el gremio, también, entre los encuestados no se han generado sinergias ni mesas de trabajo al respecto, tampoco en ninguno existía la aplicación de la propuesta o idea referente a la reutilización de cubiertas plásticas de invernaderos.

DISCUSIÓN

Según el estudio realizado, se pudo evidenciar que no existe implementado un plan de economía circular aplicado a las cubiertas usadas en los invernaderos de Cundinamarca, ni tampoco un plan a corto o mediano plazo por el gremio agricultor de implementarlo, aunque en Colombia se han adoptado medidas para regular los plásticos como los de un solo uso, no se ha emitido normas regulatorias para los plásticos usados en la agricultura.

El estudio también ha puesto en evidencia preocupaciones relacionadas con la sostenibilidad y la gestión de residuos plásticos. La mayoría de las cubiertas plásticas utilizadas en los invernaderos son de polietileno, un material que presenta desafíos significativos en términos de circularidad tales como su baja tasa de reciclaje en Colombia así como la falta de infraestructura adecuada para su recolección y procesamiento adecuado, presentando así barreras importantes para cerrar el ciclo de vida de este plástico.

Los grandes agricultores se ciñen a las estructuras normativas ambientales voluntarias y obligatorias, pero no se ha adicionado la iniciativa de la colaboración gremial en cuanto al tema de plásticos y la circularidad de estos. En este contexto, se hace evidente la necesidad de desarrollar estrategias efectivas de economía circular para los plásticos de las cubiertas de invernadero. Esto incluye iniciativas como el diseño de cubiertas plásticas más fácilmente reciclables, como se ven en otros países que son por ejemplo en vidrio, un material mucho más fácil de reciclar y transformar pero que representa un costo muy elevado para el agricultor, la implementación de sistemas de recogida y reciclaje mejorados, y la educación y sensibilización de los agricultores sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos plásticos.

Además, es crucial fomentar la investigación y la innovación en alternativas sostenibles a las cubiertas plásticas tradicionales, como materiales biodegradables o de base biológica que puedan ofrecer las mismas propiedades protectoras sin los impactos ambientales asociados con el plástico convencional.

Los agroquímicos usados por todos los encuestados son orgánicos, lo que indica que los plásticos generados por los grandes agricultores pueden ser usados sin representar riesgos de contaminación para los cultivos de hortalizas de los pequeños agricultores, siendo viable la reutilización de dichos plásticos en otro tipo de cultivos. Adicionalmente, los pequeños agricultores estarían dispuestos a reutilizar las cubiertas siempre y cuando se puedan adquirir a un precio razonable que vaya en coherencia con los costos de operatividad de los invernaderos.

El mismo ejercicio a futuro se puede replicar a otros departamentos del territorio nacional, donde se usen para las prácticas agrícolas, invernaderos en donde se puede replicar la circularidad de este tipo de material.

PLAN DE ACCIÓN

El plan de acción que se propone para llevar a cabo e implementar este proyecto sería el siguiente:

1. Realizar una reunión colectiva con los doce encuestados, en donde se comentará los resultados del trabajo y de la viabilidad del proyecto, en esta reunión se busca socializar la gestión y la logística de las cubiertas. Adicionalmente en este encuentro también se organizará la información de ubicación y contacto principal para el proyecto de cada uno de los invernaderos.
2. Posterior a dicha reunión, se revisará detalladamente, cuales agricultores generan o desechan cubiertas con vida útil aprovechable, para así poder emitir la métrica de las cantidades totales al trimestre.
3. Posteriormente cuando se cuente con todos los insumos de data, se solicitará una reunión con el departamento de sostenibilidad o gestión ambiental de los tres grandes agricultores, en donde se plantea el proyecto y se pedirá colaboración para el financiamiento de la creación de una aplicación sencilla, la cual funcionará como medio de interacción para los agricultores, en donde se encontrará disponible geolocalización de los lugares donde están las cubiertas disponibles, cantidad de cubiertas disponibles y contacto del responsable.
4. Después del desarrollo de la aplicación, se llevará a cabo un piloto de cuatro meses, en donde se realizarán ajustes tanto de la aplicación como de la lógica del proceso.
5. Al cabo de un año se revisará y generará un indicador global de la cantidad de cubiertas aprovechadas vs. La cantidad de plástico que se dejó de desechar aun teniendo vida útil.

El quinto paso se llevará a cabo para usar estos datos como modelo para que el proyecto se pueda replicar a nivel nacional.

CONCLUSIONES

En este estudio, se investigó la circularidad y el manejo que se le da a las cubiertas plásticas usadas en invernaderos, a través del análisis realizado a encuestas aplicadas a pequeños y grandes agricultores de Cundinamarca Colombia, en donde se encontró que la muestra de agricultores encuestados aún no ha adoptado prácticas circulares en el manejo de los plásticos utilizados en sus invernaderos. Esto subraya una brecha significativa entre la realidad actual y las aspiraciones de sostenibilidad en el sector agrícola local.

Además, los resultados revelan un claro interés por parte de los agricultores en explorar modelos circulares para la fabricación y uso de cubiertas de invernaderos. Este hallazgo no solo destaca una oportunidad potencial para la

implementación de estrategias circulares en el gremio agrícola de Cundinamarca, sino que también sugiere un cambio hacia la mejora de prácticas ambientalmente responsables dentro del sector.

La revisión de la literatura y los datos recopilados, muestran un panorama en el que la adopción de la circularidad en el manejo de plásticos agrícolas podría beneficiar tanto a los agricultores como al medio ambiente. Sin embargo, queda aún mucho por explorar en términos de políticas públicas, incentivos económicos y tecnologías específicas que podrían facilitar la transición efectiva hacia sistemas más circulares.

Estas conclusiones enfatizan la importancia de continuar investigando y desarrollando soluciones innovadoras que promuevan la circularidad en la agricultura, no solo en Cundinamarca sino en contextos agrícolas más amplios. Asimismo, destacan la necesidad de estrategias educativas y de sensibilización que puedan fomentar un cambio cultural hacia prácticas más sostenibles en el manejo de residuos plásticos en el sector agrícola.

En resumen, este estudio proporciona una base sólida para la discusión y acción futura, subrayando la viabilidad y los beneficios potenciales de implementar prácticas circulares en el manejo de cubiertas plásticas de invernaderos en la región de Cundinamarca.

CONTRIBUCIONES A LOS ODS

Los ODS principales a los cuales contribuye este proyecto son:

ODS	CONTRIBUYENDO A LAS METAS	COMO SE CONTRIBUYE
9 Industria, innovación e infraestructura	9.2 Promover una industrialización inclusiva y sostenible y, de aquí a 2030, aumentar significativamente la contribución de la industria al empleo y al producto interno bruto, de acuerdo con las circunstancias nacionales, y duplicar esa contribución en los países menos adelantados.	Al incluir la circularidad de las cubiertas de los invernaderos, estamos contribuyendo a mejorar la sostenibilidad de la industria de la agricultura.
	9.3 Aumentar el acceso de las pequeñas industrias y otras empresas, particularmente en los países en desarrollo, a los servicios financieros, incluidos créditos asequibles, y su integración en las cadenas de valor y los mercados.	Inclusión de los pequeños agricultores en la circularidad de dichos plásticos, hace que adicionalmente al mejoramiento de la sostenibilidad en el gremio, tengan la oportunidad de adquirir cubiertas de segunda mano a un costo mas bajo, impulsando así sus emprendimientos y microempresas.
11 Ciudades y comunidades sostenibles	11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.	invernaderos, evita el uso de plásticos nuevos, evitando así el aumento de los impactos negativos al medio ambiente en la fabricación de los mismos.
	11.a Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.	La concatenación del gremio agricultor en el mejoramiento de las relaciones y la sinergia entre grandes y pequeños agricultores, apoyando el sector para generar un mayor crecimiento.
12 Producción y consumo responsable	12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.	Al darle una segunda vida útil a las cubiertas de invernaderos, se extiende la durabilidad de las mismas, evitando así la generación de residuos plásticos por cuenta de la industria agrícola.
	12.6 Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes.	Se alienta a los grandes agricultores como los de la industria de las flores a mejorar sus prácticas sostenibles mediante la adopción de la circularidad de las cubiertas plásticas.
	12.8 De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.	Con la ejecución del proyecto se enlaza la importancia y conocimiento del gremio sobre la circularidad de cubiertas plásticas de invernaderos.

Este proyecto no solamente beneficiaría al gremio de agricultores de Cundinamarca, tanto a grandes agricultores desde sus proyectos sociales y de fortalecimiento en el sector, sino que también a pequeños y medianos agricultores aportando en su economía y crecimiento del negocio, sumando todo esto el extender la vida útil de estas cubiertas y apoyando la economía circular en este proceso es un gran aporte al medio ambiente.

IMPACTOS DEL TRABAJO

Este proyecto tiene como alcance y objetivo principal desarrollar e implementar estrategias sostenibles para gestionar eficientemente las cubiertas plásticas utilizadas en los invernaderos ubicados en la región de Cundinamarca, Colombia. Definiéndose en las siguientes áreas claves:

Ambientales

Aspectos Ambientales: Identificar los impactos ambientales asociados con el uso, gestión y disposición de plásticos en la cadena de suministro de invernaderos. Esto puede incluir la reducción de residuos, el aumento de la eficiencia en el uso de recursos, y otros indicadores clave de desempeño.

Eficiencia en el Uso de Recursos: Evaluar cómo la propuesta de Economía Circular optimiza el uso de recursos plásticos, reduciendo la dependencia de materias primas vírgenes y minimizando la generación de residuos. Definir y medir indicadores específicos relacionados con la economía circular, como la tasa de reciclaje, la reutilización de materiales plásticos y la minimización del impacto ambiental asociado con la producción y disposición de plásticos.

Sociales

Inclusión Social: Analizar cómo la iniciativa impacta a las comunidades locales, considerando aspectos como la generación de empleo, el bienestar de los trabajadores y la equidad en el acceso a oportunidades económicas.

Salud y Seguridad: Evaluar los posibles riesgos para la salud asociados con el manejo de plásticos y proponer medidas para mitigar estos riesgos, garantizando un entorno de trabajo seguro.

Gobernanza

Participación de las Partes Interesadas: Examinar la inclusión y participación de todas las partes interesadas en el diseño e implementación de la propuesta, asegurando un enfoque transparente y colaborativo.

Cumplimiento Normativo: Verificar que la iniciativa cumple con las regulaciones ambientales y laborales pertinentes, fortaleciendo la legitimidad y sostenibilidad a largo plazo.

De estas áreas claves se desprende un grupo de Stakeholders claves los cuales se verán impactados de manera positiva y que a su vez son la razón principal de ser del proyecto, estos actores se presentan y se identifica la participación de cada uno.

SELECCIÓN DE STAKERHOLDERS Agricultores de flores y hortalizas Industria del reciclaje de plástico Fabricantes de cubiertas de plástico Comunidad de recicladores Gobierno regulador	
Stackeholders Clave	Razón para su inclusión
Agricultores de flores y hortalizas Fabricantes de cubiertas de plástico Comunidad de recicladores	Es el colectivo que se espera tendrá mayor beneficio. Proporcionan nuevas cubiertas y desarrollos. Hacen posible el intercambio de cubiertas
Stackeholders Clave	Razón para su inclusión
Gobierno regulador Industria del reciclaje de plástico	Estos recursos no fueron incluidos porque no hay suficientes recursos para analizar más stackeholders.

Para poder tener la visual y aproximaciones sobre los beneficios del proyecto para los stakeholders clave aproximaciones estimadas, las cuales se miden o calculan a través de datos recolectados en campo por medio de entrevistas y charlas con el gremio y valores aproximados de materias primas y servicios en el mercado como se muestra a continuación:

TEORIA DEL CAMBIO

GRUPO DE INTERES	NECESIDAD O PROBLEMA A RESOLVER	INSUMOS	ACTIVIDADES	PRODUCTOS	RESULTADOS, OUTCOMES O BENEFICIOS
<p>-Grandes agricultores de Cundinamarca. -Pequeños y Medianos agricultores de Cundinamarca.</p>	<p>-Identificar los impactos ambientales asociados. -Analizar como la implementación de la iniciativa de economía circular en plásticos impacta a las comunidades. -Examinar la inclusión y participación de todas las partes interesadas en el diseño e implementación de la iniciativa. -Generar sinergias colaborativas en el gremio de los agricultores de cundinamarca.</p>	<p>Formulación y aplicación de una encuesta en donde se tendrán como resultados datos claves para la implementación y progreso del proyecto.</p>	<p>-Adhesión de grandes agricultores al proyecto. -Generación de cubiertas recicladas. -Adhesión de pequeños agricultores al proyecto. -Recepción y aprovechamiento de cubiertas recicladas por parte de los beneficiarios.</p>	<p>Aplicación (App) que se usara como herramienta principal para el funcionamiento del proyecto de economía circular de plásticos de cubiertas de invernaderos.</p>	<p>-Reducir significativamente la cantidad de plásticos de cubiertas de invernaderos agrícolas desechados. -Prolongar la vida útil de cubiertas plásticas de invernaderos. -Aumentar la conciencia ambiental y responsabilidad por parte del gremio de los agricultores de Cundinamarca. -Generar una cadena de suministro sostenible para plásticos reciclados en el gremio de agricultores. -Disminuir los costos de inversión y funcionamiento de pequeños y medianos agricultores de Cundinamarca. -Fortalecer la reputación en los invernaderos como empresas sostenibles. -Contribuir al desarrollo de la economía circular a nivel local y global.</p>

RETORNO SOCIAL DE LA INVERSIÓN

BENEFICIO	DURACIÓN DEL	INDICADOR	PROXY	FUENTE DEL PROXY	VALOR BRUTO DEL OUTCOME
Reducir significativamente la cantidad de plásticos de cubiertas de invernaderos agrícolas desechados.	2-3 años	-Variación de Kilogramos de coberturas aprovechados en el semestre	Kilogramos de plástico dispuestos en el bimestres / Kilogramos recuperados en las cubiertas aprovechadas. "El costo de disposición de 1 kg de plástico contaminado de una cubierta de invernadero es de \$20.000 con una empresa que maneja destrucción de residuos peligrosos por medio de incineración o encapsulamiento."	Valor del portafolio que manejan los proveedores de destrucción de residuos peligrosos.	-El outcome es la reducción de residuos peligrosos y los impactos asociados como la mejora en la salud pública y la protección del medio ambiente. Se espera lograr que se reduzca la disposición de 3,750 Kg de plástico contaminado cubriendo un valor de \$75,000,000 cop
Disminuir los costos de inversión y funcionamiento de pequeños y medianos agricultores de Cundinamarca.	10 años	-Variación del costo por compra de cubiertas	Variación en el costo total de compra de nuevas cubiertas luego de disponer del plástico. "Para la generación de una cubierta plástica de 20m x 12m (cubierta estándar por cada invernadero) se tiene un consumo de 7.5Kg de plástico, el valor del metro cuadrado de plástico para invernadero cuesta \$15.000."	Valor dado en el mercado de venta de plásticos para elaboración de cubiertas plásticas de invernaderos.	El outcome es la reducción de residuos plásticos, mejoras en salud ambiental y disminución de la contaminación, la cuantificación del impacto económico que esta asociado con la reducción de este plástico como ahorros en costos de producción, beneficios para la salud, beneficios medioambientales y reducción de costos de gestión de estos residuos. se estima que la reducción en el costo de adquisición de cubiertas nuevas por 3,750 Kg de plástico sea de \$56,250,000 COP
Fortalecer la reputación en los invernaderos como empresas sostenibles.	2-3 años	-No. de agricultores beneficiados por el proyecto al trimestre	El número de agricultores que se agregan al proyecto en relación al tiempo de ejecución del mismo.	Estudio de campo con agricultores de flores y vida útil de cubiertas y agricultores de hortalizas y el uso que le dan a las mismas cubiertas.	El outcome la reducción de los costos de operación (extensión vida útil cubierta y reducción costos de reemplazo) y sostenibilidad ambiental. Los costos operativos para cambiar y mantener las cubiertas por agricultor incorporado son de \$200,000 COP aprox. Por lo que si se espera incorporar a 100 agricultores ahorrando \$20,000,000 COP

RETORNO SOCIAL DE LA INVERSIÓN						
ATRIBUCIÓN Ó PESO MUERTO	DECRECIMIENTO	VALOR NETO	TOTAL BENEFICIO ECONOMICO	COSTOS	TOTAL COSTOS	SROI
De acuerdo a nuestros supuestos, podemos intuir que una pequeña proporción de agricultores podría llegar a un acuerdo sin necesidad del proyecto. Aproximadamente un 10% es decir \$7,500,000	Dados los retos de adherencia que puede suponer el proyecto y el reto en terminos de negociaciones puede estimar una reducción anual cercana al 5% es decir 2,750,000	El Valor Neto Generado por el proyecto en cuanto a reducción de disposición de residuos es de \$64,750,000				
De acuerdo a nuestros supuestos, podemos intuir que una pequeña proporción de agricultores podría llegar a un acuerdo sin necesidad del proyecto. Aproximadamente un 10% es decir \$5,625,000	Dados los retos de adherencia que puede suponer el proyecto y el reto en terminos de negociaciones puede estimar una reducción anual cercana al 5% es decir 2,812,500	El Valor Neto Generado por el proyecto en cuanto a reducción de costos por la adquisición de plástico es de \$47,812,500	\$129.562.500,00	Desarrollo de la aplicación y mantenimiento de la misma. \$25,000,000 desarrollo \$12,000,000.	\$ 37.000.000,00	3,5
De acuerdo a nuestros supuestos, podemos intuir que una pequeña proporción de agricultores podría llegar a un acuerdo sin necesidad del proyecto. Aproximadamente un 10% es decir \$2,000,000	Dados los retos de adherencia que puede suponer el proyecto y el reto en terminos de negociaciones puede estimar una reducción anual cercana al 5% es decir 1,000,000	El Valor Neto Generado por el proyecto en cuanto a reducción de costos operativos es de \$17,000,000				

Después de determinar los datos aproximados presentados anteriormente, se realiza una estimación de los valores monetarios que representan tanto la inversión en el proyecto y los beneficios que este traerá.

Realizando un análisis de los valores resultantes podemos ver que se genera un gasto menor a través del tiempo en cuanto a los costos que representa disponer plásticos usados resultantes de las cubiertas de los invernaderos correspondientes a los grandes floricultores, ya que, por temas de calidad, no pueden ser usadas en este tipo de

cultivos por más de seis meses, esto también traduce un ahorro en costos para los pequeños y medianos agricultores que se ven beneficiados con el proyecto, ya que los cultivos de hortalizas y plantas ornamentales que ellos producen, no tienen una exigencia específica de tiempo, sino que dichas cubiertas son desechadas después de dos años, generando así una economía circular en este tipo de plásticos.

Por otro lado, al revisar los costos de inversión para el desarrollo de la aplicación y partiendo que estos costos son divididos entre los grandes agricultores, vemos una gran viabilidad para que sea implementado, esta iniciativa también sirve para el fortalecimiento de inversión en temas sociales por cuenta del gremio de agricultores, engranando y fortaleciendo la sinergia en este gremio al crear un apoyo colaborativo entre los grandes y pequeños agricultores.

Como resultado de este ejercicio, la viabilidad, uso e implementación de este proyecto, según las aproximaciones, evidenciadas y calculadas sobre los beneficios ambientales, sociales y reputacionales para el gremio de agricultores son potencialmente aplicables a la realidad, y no solo por el ejercicio planteado, sino por la opinión que se ha recibido por parte de las personas encuestadas en campo.

BIBLIOGRAFÍA DEL AUTOR

[https://www.linkedin.com/in/diana-ramirez-](https://www.linkedin.com/in/diana-ramirez-0b2299113?utm_source=share&utm_campaign=share_via&utm_content=profile&utm_medium=ios_app)

[0b2299113?utm_source=share&utm_campaign=share_via&utm_content=profile&utm_medium=ios_app](https://www.linkedin.com/in/diana-ramirez-0b2299113?utm_source=share&utm_campaign=share_via&utm_content=profile&utm_medium=ios_app)

<https://orcid.org/0009-0001-0878-0596>

dramirez6@eafit.edu.co

AGRADECIMIENTOS Y RECOMENDACIONES

Principalmente a Dios por permitirme tener otro logro más en mi vida, a mi compañera de clase que inicialmente comenzamos este trabajo juntas pero, por temas personales no pudo continuar, a mi directora de grado por la paciencia y el amor con el que siempre estuvo para guiarme, a mi gato Zafiro que estuvo fielmente acompañándome en la elaboración del documento y a los agricultores de Cundinamarca que participaron y estuvieron dispuestos a participar en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayçin, E., & Kayapinar Kaya, S. (2021). Towards the circular economy: Analysis of barriers to implementation of Turkey's zero waste management using the fuzzy DEMATEL method. *Waste Management & Research*, 39(8), 1078-1089.
- Bailey, I. (2022). Media coverage, attention cycles and the governance of plastics pollution. *Environmental Policy and Governance*, 32(5), 377-389.
- Enguix, C. (2018, mayo 30). Economía Circular y plásticos: Una solución para la sostenibilidad. AINIA.
- Han, Z., Mao, Y., Pang, X., & Yan, Y. (2022). Structure and functional group regulation of plastics for efficient ammonia capture. *Journal of Hazardous Materials*, 440, 129789.
- Jebe, R. (2022). The U.S. Plastics Problem: The Road to Circularity. *Environmental Law Reporter*, 52(1), 10018-10037.
- Kourabas, S., & Nagtzaam, G. (2021). An Australian National Plastics «Plan»: One Plan to Rule them all? (SSRN Scholarly Paper N.o 3927803).
- Kurniawan, T. A., Avtar, R., Singh, D., Xue, W., Dzarfan Othman, M. H., Hwang, G. H., Iswanto, I., Albadarin, A. B., & Kern, A. O. (2021). Reforming MSWM in Sukunan (Yogyakarta, Indonesia): A case-study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124775.
- Lim, J. S., Li, C., Fan, Y. V., & Klemeš, J. J. (2022). How circular economy and green technology can address Sustainable Development Goals? *Journal of Cleaner Production*, 333, 130161.
- Muhie, S. H. (2022). Novel approaches and practices to sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100446.
- Schröder, P., Albaladejo, M., & Ribas, P. A. (2021). La economía circular en América Latina y el Caribe.
- Bersani, C., Ouammi, A., Sacile, R., & Zero, E. (2020). Model Predictive Control of Smart Greenhouses as the Path towards Near Zero Energy Consumption. *Energies*, 13(14), Article 14.
- Repizo Benitez, S. J. Análisis de técnicas de aprovechamiento de la energía geotérmica usando intercambiadores de calor en cultivos bajo invernadero. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2023,
- Gamage, A., Liyanapathirana, A., Manamperi, A., Gunathilake, C., Mani, S., Merah, O., & Madhujith, T. (2022). Applications of Starch Biopolymers for a Sustainable Modern Agriculture. *Sustainability*, 14(10), Article 10.

- Kamar Zaman, A. M., & Yaacob, J. S. (2022). Exploring the potential of vermicompost as a sustainable strategy in circular economy: Improving plants' bioactive properties and boosting agricultural yield and quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(9), 12948-12964.
- Gligo, Nicolo (2001, mayo). La dimensión ambiental en el desarrollo de América Latina, LC/G.2110-P.
- Cadena Diana (2022). Incorporación de la economía circular en el sector floricultor de la sabana de Bogotá en Colombia: un estudio de caso en la empresa flores de Colombia (Trabajo de grado, magister en gerencia de operaciones).
- C. de Miguel, K. Martínez, M. Pereira y M. Kohout, “Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. (s.f.). Directorio de agremiaciones y asociaciones. Recuperado el 28 de junio de 2024.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Cadena de hortalizas, indicadores e instrumentos [PDF].
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s.f.). Censo de fincas productoras de flores. Recuperado el 28 de junio de 2024.
- Robledo, F. (1983). Los plásticos en la agricultura mundial. *Revista de Horticultura*, 7(13), 13-22. .
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (s.f.). El ABC de los plásticos, 28 de junio de 2024.
- Ardila, M. A., & Cruz, A. E. (2013). Impacto ambiental del uso de plásticos en la agricultura. *Revista Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*, 16(1), 151-160.

APÉNDICES

Apéndice 1.



Estimado(a) director(a) de invernadero:

Nos complace presentarle esta encuesta como parte de nuestro proyecto de grado en la Maestría en Sostenibilidad en la Universidad Eafit. El tema de nuestra investigación se centra en la *Economía Circular en Plásticos*, un área de gran importancia en la búsqueda de soluciones sostenibles para los desafíos ambientales y económicos que enfrentamos en la actualidad.

Los invernaderos desempeñan un papel crucial en la producción de alimentos, plantas y en la mitigación de los efectos del cambio climático. En este contexto, el uso de plásticos se ha vuelto esencial para mejorar la eficiencia y la productividad en la agricultura. Sin embargo, también es evidente que **el uso indiscriminado de plásticos puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y en la sostenibilidad de la industria agrícola** a largo plazo.

Nuestra investigación busca comprender cómo los directores de invernaderos **perciben y abordan la gestión de plásticos** en sus operaciones, así como su disposición para adoptar enfoques más sostenibles en el manejo de estos materiales.

Su experiencia y conocimiento son invaluable para esta investigación, ya que nos permitirán identificar oportunidades y desafíos específicos que puedan contribuir al desarrollo de prácticas más sostenibles en el sector de los invernaderos.

Su participación en esta encuesta es fundamental para avanzar en la **comprensión de las dinámicas relacionadas con los plásticos en los invernaderos** y, en última instancia, para promover la **transición hacia una economía circular** en esta industria.

Agradecemos sinceramente su tiempo y colaboración en este importante proyecto que tiene como objetivo contribuir al desarrollo sostenible y al cuidado del medio

ambiente y cuenta que compartiremos ustedes los hallazgos y recomendaciones encontrados.

Por favor, responda con honestidad y detalle, aseguramos que los datos recopilados se manejaran de manera confidencial y que solo serán accesibles para el equipo de investigación autorizado. Sus respuestas son esenciales para alcanzar nuestros objetivos de investigación.

¡Gracias por ser parte de este esfuerzo!

Atentamente,

Diana Ramírez Ingeniera Ambiental de la Universidad de Manuela Beltrán

Con el acompañamiento de nuestra Directora del proyecto Catalina Cano Gerente de Sostenibilidad en Bancolombia

NOMBRE DE LA EMPRESA:

AÑOS EN EL MERCADO:

ACTIVIDAD PRINCIPAL:

UBICACIÓN:

NOMBRE DEL ENCUESTADO:

CARGO:

FECHA:

1. ¿Qué tipos de plásticos se utilizan en la construcción de sus invernaderos?

- A. Plástico de Polietileno (PE) plástico calibre 6 para invernadero,
- B. Policloruro de vinilo (PVC)
- C. Plásticos Biodegradables
- D. Copolímeros de etileno acetato de vinilo (EVA)
- E. Polimetacrilato de metilo (PMMA)
- F. Policarbonato (PC)
- D. Otro

2. ¿Usted ha calculado la vida útil estimada de los plásticos usados antes de requerir reemplazo o reparación?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa ¿Cuál rango de vida útil en tiempo sería el más acertado?

- A. 6 meses a 1 año
- B. 1 a 2 años
- C. 2 a 3 años
- D. más de 3 años

Si su respuesta fue negativa cuéntenos las razones por las que no ha estimado la vida útil de los plásticos?

3. ¿Ustedes hacen algún tipo de gestión de los residuos plásticos generados durante la construcción y/o mantenimiento de los invernaderos?

SÍ NO

Si su respuesta fue negativa cuéntenos las razones por las que no realiza algún tipo de gestión de los residuos

4. ¿Tienen un programa de reciclaje para los plásticos utilizados en sus invernaderos?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa, por favor describa los programas de reciclaje de ese plástico.

Si su respuesta fue negativa cuéntenos las razones por las que no han realizado un programa de reciclaje de los plásticos

5. ¿Utilizan plásticos reciclados en la construcción de sus estructuras?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa, por favor describa las características que tienen esos plásticos reciclados.

6. ¿Utilizan plásticos biodegradables o materiales alternativos en la construcción de sus estructuras?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa ¿Por favor describa los tipos de plásticos biodegradables utilizados y en qué circunstancias los has usado?

7. ¿Qué medidas toman para evitar la contaminación del suelo y del entorno debido a la disposición de plásticos viejos o rotos?

8. ¿Implementan prácticas de reutilización de plásticos en su operación diaria?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa, describa qué prácticas utilizan en la reutilización de esos plásticos.

Si su respuesta fue negativa cuéntenos las razones por las que no realiza este tipo de prácticas

9. ¿Cómo gestionan el agua de lluvia y las aguas residuales para evitar la contaminación de los plásticos utilizados en las instalaciones?

10. ¿Tienen un plan de educación ambiental para concienciar a su personal y clientes sobre la importancia de la gestión responsable de plásticos?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa, describa cuáles son esos planes de educación ambiental.

11. ¿Estarían dispuestos a implementar un programa dentro de la empresa con el objetivo de desarrollar una mejor gestión de plásticos en sus invernaderos con un enfoque en economía circular?

SÍ NO

Si su respuesta fue afirmativa ¿Tienen una estrategia en mente para medir y evaluar el impacto y el progreso a lo largo del tiempo?