

Beneficios de la implementación de un sistema de cultivo vertical al interior de contenedores para la producción de lechugas en el departamento de Cundinamarca.

Juan Felipe Garzón Nieto
Kevin Daniel Acosta Rusinque
Stefanny Melo Chacón

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Programa de Negocios Internacionales
Bogotá D.C.
2024

Beneficios de la implementación de un sistema de cultivo vertical al interior de contenedores para la producción de lechugas en el departamento de Cundinamarca.

Juan Felipe Garzón Nieto
Kevin Daniel Acosta Rusinque
Stefanny Melo Chacón

Director
Carlos Andrés Pinzón Muñoz

Trabajo de grado para optar al título de Negociante Internacional.

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Programa de Negocios Internacionales
Bogotá D.C.
2024

Dedicatoria

Queremos dedicar esta tesis a nuestra amada familia, columna vertebral de nuestro camino académico. Su apoyo incondicional ha sido el faro que nos ha guiado a lo largo de esta travesía, brindándonos no solo su amor y comprensión, sino también el apoyo económico que nos ha permitido acceder a esta invaluable oportunidad de educación superior. Cada sacrificio que han hecho ha sido un pilar fundamental en nuestra formación profesional, y esta tesis es también un tributo a su constante aliento y respaldo.

A nuestros padres, cuyos sacrificios y esfuerzos han allanado el camino para que podamos perseguir nuestros sueños, les expresamos nuestra más profunda gratitud. A nuestros hermanos, quienes han sido nuestros compañeros de aventuras y sostén emocional en los momentos más desafiantes, les agradecemos por estar siempre a nuestro lado. A nuestras abuelas y abuelos, cuyo amor incondicional y sabias enseñanzas han sido una fuente de inspiración constante, les dedicamos este logro con todo nuestro corazón.

Además, deseamos expresar una dedicatoria especial a la empresa Saenz Fety, cuya visión pionera sobre el cultivo en contenedores ha despertado nuestra curiosidad e inspirado nuestra investigación. Agradecemos profundamente a aquellos que en Saenz Fety impulsaron este tema en tierras colombianas, sembrando la semilla de nuestra exploración sobre el impacto futuro de este avance agrícola.

Agradecimientos

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo y la culminación de esta tesis, la cual marca un hito significativo en nuestra carrera académica. En primer lugar, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento al docente Fabian Leonardo León Rivera, quien nos brindó la oportunidad inicial de explorar esta idea como una posible opción de grado. Su orientación y apoyo en las etapas iniciales de este proyecto fueron cruciales para definir su alcance y objetivos.

Asimismo, agradecemos a nuestro tutor final de tesis, Carlos Andrés Pinzón Muñoz, por su compromiso, dedicación y orientación a lo largo de todo el proceso de investigación. Su experiencia y asesoramiento fueron pilares fundamentales para superar desafíos y alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo académico.

Nuestra familia recibe un reconocimiento especial por su apoyo incondicional y paciencia durante toda nuestra carrera universitaria. El constante aliento y comprensión brindados fueron elementos motivadores en cada etapa del proceso académico.

Finalmente, expresamos nuestra gratitud a la Universidad por brindar una sólida formación académica y aceptarnos como parte de su comunidad educativa. La excelencia en la enseñanza impartida y el compromiso demostrado por los profesores han sido fundamentales en nuestro desarrollo profesional y personal.

A todas las personas mencionadas y a aquellas que, de alguna manera, contribuyeron a este logro, les extendemos un profundo agradecimiento. Sin su apoyo y orientación, este trabajo no habría sido posible.

Resumen

La investigación aborda la evolución de los sistemas de cultivo vertical en la agricultura, destacando su impacto en el cultivo doméstico de hortalizas y forrajes, así como su traslado a invernaderos y centros de investigación. Se presenta una idea innovadora de cultivo vertical de hortalizas para el departamento de Cundinamarca, inspirada en un stand de la Agroexpo 2021 en Bogotá, donde la empresa Sáenz Fety exhibió un contenedor de carga marítimo convertido en invernadero y utilizó para la producción de tomates Cherry y pepinos miniatura. Esta propuesta, inicialmente considerada futurista, ha despertado interés por su potencial, lo que motiva su inclusión en esta investigación para evaluar su utilidad y eficiencia en comparación con el cultivo horizontal tradicional. Se selecciona la lechuga como cultivo de prueba debido a su rapidez de crecimiento, facilidad de cultivo en invernaderos y compatibilidad con sistemas de cultivo vertical como el contenedor presentado en la feria. Se llevará a cabo un análisis detallado del cultivo de lechuga en Cundinamarca, se estudiarán diversas tipologías de cultivos verticales en contenedores, y se comparará el rendimiento de la lechuga en estos sistemas con el cultivo horizontal tradicional.

Palabras clave: Hortaliza, hidroponía, sustrato, sistema de cultivo, invernadero, plagas.

Abstract

The research addresses the evolution of vertical farming systems in agriculture, highlighting their impact on domestic vegetable and forage cultivation, as well as their application in greenhouses and research centers. An innovative idea for vertical vegetable cultivation in the department of Cundinamarca is presented, inspired by a stand at Agroexpo 2021 in Bogotá, where the company Sáenz Fety exhibited a maritime cargo container converted into a greenhouse for the production of Cherry tomatoes and miniature cucumbers. Initially considered futuristic, this proposal has sparked interest due to its potential, motivating its inclusion in this research to evaluate its utility and efficiency compared to traditional horizontal cultivation. Lettuce is selected as the test crop due to its fast growth, ease of cultivation in greenhouses, and compatibility with vertical farming systems like the container presented at the fair. A detailed analysis of lettuce cultivation in Cundinamarca will be conducted, various types of container-based vertical farming systems will be studied, and the performance of lettuce in these systems will be compared with traditional horizontal cultivation.

Keywords: Vegetable, hydroponics, substrate, cultivation system, greenhouse, pests.

Tabla de contenido

Introducción	11
Planteamiento del problema.....	12
Problema de investigación.	12
Pregunta de investigación.....	15
Objetivos.	16
Objetivo general.	16
Objetivos específicos.	16
Estado del arte.	17
Agricultura vertical en invernaderos.	17
Capacidad del riesgo causal de plagas y bacterias.	18
Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) debido al riego con aguas residuales sin tratar en el centro agropecuario de marengo (Cundinamarca, Colombia).19	
Cultivos al interior de contenedores de carga marítimos.	20
Marco teórico.	24
Plan de Negocios Verdes.....	24
Economía circular y Bioeconomía.	26
Reutilización de contenedores y la economía circular.	27
Diseño y metodología del proyecto.	32
Capítulo 1: Características del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca.	35
Perfilamiento Sociodemográfico de Cundinamarca.....	35
Zonas de cultivo de lechuga en Cundinamarca.	38
Máximos productores de lechuga (toneladas por año).....	39
Lechuga Batavia.	50
Lechuga crespá.	50
Lechuga coolguard.	50
Condiciones normales de cultivo de lechugas.	51
Capítulo 2: Tipologías de granjas y cultivos verticales en contenedores.	57

Costo de producción de lechuga en contenedor.	64
CAPITULO 3: Cultivo de lechugas en contenedores con granjas verticales frente al cultivo horizontal tradicional.	74
Impacto Ambiental.	74
Capacidad productiva y rendimientos.	77
Viabilidad de inversión económica.	79
Conclusiones.	83
Referencias.....	85

Lista de tablas

Tabla 1. Diseño y metodología del proyecto.	32
Tabla 2. Análisis del PIB de Cundinamarca 2022.	37
Tabla 3. Datos de cultivo y rendimientos por municipio de Cundinamarca año 2019 A y B.	40
Tabla 4. Datos de cultivo y rendimientos por municipio de Cundinamarca año 2020 A y B.	42
Tabla 5. Datos de cultivo y rendimientos por municipio de Cundinamarca año 2021 A y B.	45
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de la lechuga.	48
Tabla 7. Costos de la preparación de una hectárea de tierra para cultivo de lechuga en Mosquera.	52
Tabla 8. Datos de cultivo en un contenedor Cropbox.	63
Tabla 9. Precios de contenedores de 40 pies usados.	65
Tabla 10. Cotización de materiales para invernadero al interior del contenedor de carga.	66
Tabla 11. Control fitosanitario y desinfección.	67
Tabla 12. Insumos de fertilización.	68
Tabla 13. Equipos necesarios para la fertilización del agua.	68
Tabla 14. Medidas de contenedor y estructuras de cultivo en su interior.	69
Tabla 15. Estimación del valor total de estructuras de cultivo en contenedor.	70
Tabla 16. Estimación del valor total de diferentes sistemas de cultivo en contenedor.	72
Tabla 17. Ventajas del cultivo vertical en contenedor frente a las desventajas cultivo tradicional.	79

Lista de figuras

Figura 1. Línea de tiempo con las principales novedades de la agricultura.	12
Figura 2. Ilustración de cultivo en contenedores apilados reduciendo el espacio horizontal de cultivo y maximizando la cantidad producida de lechugas por acre.	22
Figura 3. Ilustración del interior de un contenedor con cultivos de lechuga dividido en estanterías	23
Figura 4. Mapa de Cundinamarca dividida por provincias.....	36
Figura 5. Provincias de Cundinamarca que cultivan lechuga..	39
Figura 6. Máximos productores de lechuga	39
Figura 7. Sistema de cultivo aeropónico.....	58
Figura 8. Sistema de cultivo NFT.	58
Figura 9. Sistema de cultivo DFT.	59
Figura 10. Esquema ilustrativo de sistema NFT, no está a escala..	60
Figura 11. Sistema de cultivo de lechugas al interior de Cropbox.	62
Figura 12. Cultivo de lechugas al interior de un contenedor de carga.....	63
Figura 13. Vistas al interior del contenedor con módulos de cultivo.	71
Figura 14. Cultivo de 4 contenedores apilados en bloques de dos.	78

Introducción

En el documento se expone un precedente de la agricultura convencional de hortalizas al recorrido de la historia global e identifica síntomas específicos que se mantienen a la actualidad. Primer síntoma el estancamiento de avances que beneficien el progreso de la forma en que se ejecuta el mismo. Para el segundo síntoma identificado, el estudio delimita, a nivel geográfico, Cundinamarca, Colombia, afectado por el daño medio ambiente en la agricultura convencional. Correspondiente a los síntomas distinguidos, se realiza un acercamiento a la causa de estos. Se revisa por qué no se identifican mayores avances tecnológicos y que él no control de estos síntomas o no manejo de las causas que los provocan pronostican deterioro del medio ambiente, además de la disminución extracción de recursos orgánicos.

El acercamiento del documento investigativo con la carrera profesional de los estudiantes es directamente relacionado con el plan de contención del pronóstico. El objetivo del documento identifica objetivamente el estudio de un sistema de cultivo vertical al interior de contenedores reacondicionados para la producción y venta de hortalizas en Bogotá. Involucra como área de investigación la administración de negocios y mercado verdes. El área se caracteriza por la estructura organizacional de una estrategia para el lanzamiento/planeación de un nuevo producto/sistema.

Planteamiento del problema.

Problema de investigación.

Desde los inicios de la humanidad, el descubrimiento de la agricultura fue y se considera uno de los avances más significativos para la supervivencia del ser humano en la tierra. Esto plantó las bases para que el ser humano pudiese obtener alimento que lo mantuviera vivo y desarrollar esta habilidad con el tiempo. Fue la agricultura el inicio de alimentos con altos índices de aportes nutritivos para el ser humano y luego el inicio de alimentos con más manipulación y/o procesos para el consumo humano.

Hace aproximadamente 12 000 años, durante el Neolítico, el surgimiento de la agricultura revolucionó la historia, transformando el modo de vida y la supervivencia humana por completo. Cultivar la tierra, como base de la producción propia de los alimentos, permitió a la humanidad introducir cambios tan trascendentales como el sedentarismo y la formación de poblaciones que han marcado por completo el desarrollo de nuestra historia. (Garay, 2024).

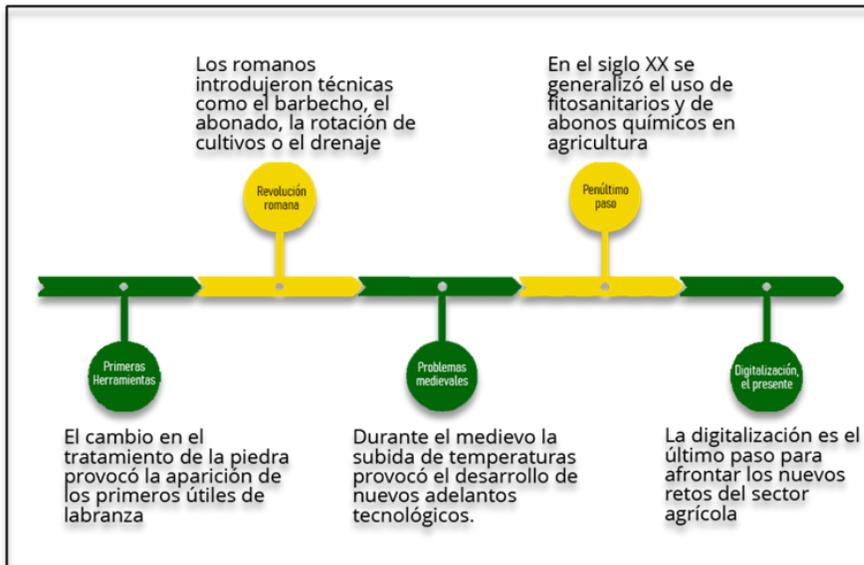


Figura 1. Línea de tiempo con las principales novedades de la agricultura. Fuente: (Digitalización agrícola, 2022).

Como se ve representado en la línea de tiempo anterior notificando las “mayores” novedades del avance de la agricultura a través de la historia en el mundo, se puede identificar que probablemente el momento más importante por el que este recurso pasó, fue por la revolución romana, quienes adquirieron y dieron paso a diferentes técnicas de cultivo y manejo de este para

potenciar sus resultados mientras se realiza una correcta práctica de cultivo. Además, no se identifican mayores avances tecnológicos más que el surgimiento de herramientas químicas y/o bioquímicas que aportan al mantenimiento y sanidad de los cultivos, pero durante miles de años, aunque en los últimos tiempos el ser humano no ha avanzado en la agricultura.

Tras observar el desarrollo histórico de la agricultura, marcado por hitos como la revolución romana y la introducción de técnicas innovadoras, se evidencia que la evolución de este recurso ha sido fundamental para la supervivencia y progreso de las sociedades. Sin embargo, al examinar de cerca los desafíos actuales en la agricultura, surge una problemática específica que requiere atención inmediata: el cultivo de hortalizas, en particular, las lechugas.

Aunque la historia agrícola ha experimentado avances notables, las dificultades contemporáneas en el cultivo de este vegetal revelan un conjunto único de desafíos que demandan soluciones innovadoras y sostenibles. En el contexto del cultivo de lechugas, la dependencia crucial de un suelo rico en nutrientes y un suministro adecuado de agua se convierte en un desafío central. La relevancia de esta problemática se evidencia en un estudio llevado a cabo en Manizales en 2015:

“Los resultados destacan la presencia de concentraciones elevadas de coliformes fecales en el agua utilizada para el riego, superando las recomendaciones de la OMS y aumentando el riesgo sanitario tanto para los agricultores como para los consumidores. Además, la detección de enterovirus en el agua utilizada para el riego añade otra capa de complejidad y preocupación a esta problemática. Estos virus, resistentes a los sistemas de desinfección convencionales, representan una amenaza significativa para la salud pública debido a su asociación con enfermedades como la diarrea y la hepatitis. La persistencia de estos patógenos en el medio ambiente, a pesar de los intentos de tratamiento, destaca la necesidad urgente de estrategias más efectivas y sostenibles para garantizar la inocuidad de los cultivos de lechugas.” (Pinilla, Contreras, & Leiva, 2015, pp. 69-78).

En contexto, la reflexión lleva a reconocer la importancia de implementar prácticas agrícolas más seguras y sistemas de gestión del agua más eficientes. Estos cambios son cruciales no solo para mitigar los riesgos sanitarios identificados en el estudio, sino también para promover la sostenibilidad a largo plazo de la producción de lechugas y, por ende, de la seguridad alimentaria en general. Al centrarse en el departamento de Cundinamarca, surge una nueva perspectiva que lleva a examinar la situación local en la producción de lechugas. Este enfoque regional permitirá

entender mejor los desafíos específicos que enfrenta la agricultura de lechugas en esta área particular y desarrollar estrategias adaptadas a las condiciones locales para abordar eficazmente estos problemas.

Tal decisión sobre el estudio de la lechuga es respaldada estadísticamente por el blog “Cundinamarca se destacó por sus exportaciones de lechuga en 2019” (Treid, 2020), expone la lechuga como el cultivo vegetal que con su frecuente consumo puede ayudar con problemas intestinales, controla el colesterol, regula los niveles de azúcar en el cuerpo, además de aportar una gran cantidad de vitaminas C, A, B1, B2, B3, calcio, magnesio y potasio. Anexo a ello en el blog da contextualización de la zona geográfica que se escogió para el estudio del caso, como primera aclaración, los departamentos en donde más se produce lechuga se encuentran Cundinamarca, Antioquia y Nariño. El panorama de exponer geográficamente Cundinamarca como mayor productor y comercializador de lechuga en un 67,79% de las exportaciones de lechuga en Colombia representan en valor monetario \$111.130 dólares (FOB), caracterizando el suelo cundinamarqués de marango, Tenjo o la sabana con las condiciones adecuadas para la producción de este.

El suelo del departamento de Colombia maneja condiciones óptimas además de largos beneficios característicos, y especialización en las técnicas de cultivo, sin embargo, el panorama expone precisamente en Cundinamarca bastantes problemáticas ambientales, afectaciones climáticas que afectan a todos los partícipes de la cadena de abastecimiento. En el repositorio de la universidad de caldas, específicamente hablando de la revista Biosalud de ciencias básicas, se encontró una investigación del año 2015 sobre una afectación climática específica en Cundinamarca que expone el riesgo sanitario al regar cultivos con aguas residuales, no correctamente procesadas, traduciendo esto en contaminantes con bacterias fecales y salmonelas. (Pinilla, Contreras, & Leiva, 2015).

La autora Juliana Ruiz realizó un estudio donde indica que los riegos con aguas del río Bogotá ha generado problemáticas para el consumo a los ciudadanos, esto debido a que contrae metales pesados que generarían daños y no se podría comercializar, por lo tanto, se substraen la idea de:

"con respecto a las concentraciones de metales pesados en los tejidos de las plantas sometidas a riego con las aguas del río Bogotá, se encontró una acumulación considerable y una consecuente contaminación por metales pesados como cadmio y plomo; en lechuga llega a exceder en más de un

200% los niveles máximos permitidos por la normatividad colombiana e internacional, lo cual resulta un valor inadmisibles para una hortaliza de consumo en fresco. Este factor por sí solo se constituye en limitante para su comercialización y consumo”. (Ruiz, 2011).

No obstante, entender que el consumo de esta trae consecuencias a nivel ambiental y también para el consumo diario, se da la idea de los beneficios de la agricultura en contenedores adaptados con alta tecnología, como la agricultura vertical o los invernaderos controlados, los cuales pronostican ventajas. Además, que estos contenedores pueden controlar las condiciones ambientales, lo que puede llevar a una producción más predecible y consistente, y también realizar cultivos en diferentes épocas del año sin problemas por los cambios climáticos.

El plan de negocios verdes destaca mucho, debido a que el proyecto realizado por el gobierno cuya importancia va por el impacto ambiental se evidencia que al trabajar con la reutilización de contenedores es un gran aporte y ayuda para los beneficios que está dando el gobierno por ser partícipe de mercados verdes por lo tanto el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) desde la Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles (ONVS) desarrolló en 2014 el Plan Nacional de Negocios Verdes, de ahora en adelante PNNV, el cual ofrece lineamientos, instrumentos, incentivos y herramientas para el desarrollo, fomento, promoción y escalamiento de los negocios verdes (NV) y sostenibles en Colombia.

De la mano de lo expuesto, nace el porqué del presente trabajo, aprovecha la tecnología y revoluciona cómo los cultivos agrícolas se llevan a cabo en el mundo. Se enseña al mundo la forma en que estas prácticas se pueden fusionar con tecnología y reducir el impacto ambiental que estas prácticas han generado al planeta y no son suficientes, generando resultados óptimos en tiempos de cultivo, reducción de insumos y multiplicación de alimentos producidos con estas prácticas.

Pregunta de investigación.

¿Cuáles son los beneficios de la adopción de un sistema de cultivo vertical en contenedores para la producción de lechugas en el departamento de Cundinamarca?

Objetivos.

Objetivo general.

Determinar los beneficios de la implementación de un sistema de cultivo vertical al interior de contenedores para la producción de lechugas en el departamento de Cundinamarca.

Objetivos específicos.

- Realizar un perfilamiento característico del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca.
- Estudiar las tipologías de granjas y cultivos verticales en contenedores.
- Comparar el cultivo de lechugas en contenedores con granjas verticales frente al cultivo horizontal tradicional.

Estado del arte.

En esta sección se estudian los fundamentos teóricos más relevantes y necesarios para la investigación con el fin de tener varios antecedentes de los temas a tratar como la agricultura vertical, modelos de contenedores, estudios de plagas y problemas de cultivos, debido a que el objetivo de esta investigación es expresar los beneficios de cultivar en contenedores con alto nivel tecnológico, por lo que se evidencian estudios apropiados al tema.

Agricultura vertical en invernaderos.

En primer lugar, la agricultura vertical es uno de los temas más representativos para exponer porque gracias a estos procesos de cultivo el cuidado ambiental ha mejorado y se han implementado métodos de cultivo que no necesariamente tienen que ser del suelo, por lo tanto, la agricultura vertical es una variante de la agricultura protegida. Se llama agricultura protegida porque mediante esta técnica se desarrollan los cultivos controlando los factores externos, como la luz, la temperatura, el agua y los fertilizantes (Cortes, 2016, p. 163). Al adoptar la agricultura vertical, se evidencia la eficiencia en el uso de recursos y se reduce la huella ecológica derivada de las actividades agrícolas globales requerida para alimentar a la población mundial es del tamaño del territorio de Sudamérica, es decir 17'840,000 km² (Association for Vertical Farming, 2015) al minimizar la necesidad de grandes extensiones de tierra tiene la capacidad de controlar de manera precisa las condiciones ambientales que permite optimizar el crecimiento de las plantas en un espacio reducido.

Sin embargo, Asprilla y Morales (2020) exponen la agricultura vertical como una innovación que transforma los cultivos tradicionales en técnicas de cultivo aeropónica o hidropónica, estos reducen el uso de los recursos naturales, puesto a que las estructuras verticales maximizan la eficiencia del suelo y los sustratos utilizados (p 1). Además de exponer sobre los diferentes cultivos que se pueden hacer en granjas verticales y que no pueden faltar son la lechuga, hortalizas de hojas verdes, hierbas, pepinos y fresas. Este artículo aporta conocimiento de los cultivos verticales y el importante trabajo realizado con estos tipos de cultivos como el cuidado ambiental y el ahorro de recursos, aparte indican alimentos donde resaltan un producto que enfoca directamente en este estudio que es la lechuga, una hortaliza donde su proceso de producción lo pueden cultivar tradicional o con el sistema de cultivo vertical, además de que es más viable para adaptar en el interior de un contenedor y evaluar cómo aprovechar estos métodos.

Por otra parte, la Empresa Agropinos dedicada a sacar el máximo provecho de sus invernaderos, también de escoger los cultivos indicados para sembrar, garantizando que sean acorde a las condiciones climáticas y del suelo. Está encargada de mostrar los diferentes productos que se pueden cosechar en un invernadero y cómo cosechar, en estos productos se encuentran los siguientes: cultivo de flores, cultivo de hierbas y hortalizas, cultivo de frutas y vegetales. (Agropinos, 2021). No obstante, toman la idea de que los cultivos en invernaderos tienen como oportunidad de crear mejores procesos en los productos y garantizar la cosecha de buena calidad. Lo hacen debido a la transformación que pueden hacer en el invernadero como recrear el clima y condiciones ambientales perfectas para su correcto desarrollo.

Entender estos procesos de cultivo en invernaderos es indispensable para garantizar cosechas de buena calidad, esto implica entender las características individuales de cada producto desde la etapa de siembra hasta la cosecha, adquirir un conocimiento que permita optimizar cada etapa del cultivo y generar productos de alta calidad. Desde los invernaderos, se ha destacado el uso de tecnología tanto en los cultivos verticales como en otros tipos de instalaciones. Además, esta tecnología abarca aspectos como la regulación de temperaturas, la organización eficiente de los cultivos y la implementación de tecnologías que aceleren el proceso de crecimiento, sin comprometer la calidad del producto. La gestión precisa de estos factores es crucial para cultivar de manera eficiente, reduciendo los tiempos de producción sin sacrificar la excelencia del producto fina para preservar la frescura y calidad durante el transporte.

Capacidad del riesgo causal de plagas y bacterias.

Al momento del cultivo de lechuga, el espacio donde se lleve a cabo esta expuesto a problemáticas ambientales, plagas, contaminantes en fertilizantes, microbacterias en el producto final. Esto traduce en problemas en la salud de toda la cadena productiva y de consumo, cosechadores como público consumidor se ven afectados.

En el proyecto final de carrera realizado por Sánchez (2014) brinda las herramientas para dejar claro que, como primer ejemplo puntual existen las llamadas "malas hierbas/plagas" en el cultivo. Si las condiciones de un cultivo no son controladas con buenas prácticas ya desarrolladas, existe oportunidad de una reproducción de las plagas. En una manera rigurosamente sanitaria, el estudio define unas patologías que pueden llegar a manifestar plagas y llega a realizar una corta descripción de esas enfermedades, daños y riesgos a existir; Pulgones, trips, liriomyza o submarino,

orugas de noctuido, nesidiocoris, caracoles y babosas, vertebrados. Sin necesidad de ser redundante, los cultivos se caracterizan por tener grandes y dimensionadas superficies de cultivo. Además, se entiende que existe oportunidad del desarrollo de un innumerable de plagas, deja claridad que existe la necesidad de constante conocimiento en cuanto al contingente de estos patógenos que inciden de manera negativa en el ciclo del cultivo. Para controlar los problemas fitosanitarios, el estudio propone prestar atención a diferentes factores que permitan controlarlos. Factores como superficies muy grandes de cultivo, en donde la plaga empieza en focos muy pequeños, monocultivos y repetitivas plantaciones en la misma zona facilita la aparición de plaga y enfermedades. (pp. 13-19).

Es relevante extraer del documento que las problemáticas se caracterizan por puntos específicos. La temperatura, cultivo al aire libre o invernadero, capacidad reproductiva de la plaga, el tiempo de cultivo son algunos de esos puntos. En común tienen un alto riesgo, puesto que todas las plagas expuestas tienen una alta capacidad reproductiva. Sin embargo, aclarar que el documento bien expone que cada plaga o bacteria llega a tener su correspondiente contingente, pero deja muy en claro que el control biológico es complicado debido a las restricciones comerciales. Síntomas causados por las plagas hacia los cultivos se expresan y toman participación posteriormente en procesos como la comercialización, pues con dichas características, como hojas deformadas, y transmisión de virus para los consumidores no optan como su primera elección tales hortalizas.

Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) debido al riego con aguas residuales sin tratar en el centro agropecuario de marengo (Cundinamarca, Colombia).

Para la producción y sanidad de vegetales es de vital importancia conocer y controlar la calidad del agua utilizada para el riego o cultivo. Un porcentaje de agua contaminada se traduce en el desencadenamiento de problemas para el trabajador, el desarrollo del cultivo y la inocuidad del vegetal producido.

En marengo, Cundinamarca, espacio geográfico escogido para el muestreo, la autora Campos (2015) encuentra varios cultivos de lechuga, vegetal que se consume crudo y de alto consumo humano. El estudio consta de realización de 4 muestreos durante un mes, esto para determinar si se presentaba cambios en la calidad del agua, se realiza la recolección en recipientes estériles y se transportan al laboratorio. En resumen, muestra concentraciones de coliformes fecales en la

superficie, a mayor profundidad más evidencia concentración, en todos los casos expuestos excede la concentración sugerida por la OMS en el año 2006 representando el patógeno de salmonela productora de riesgo sanitario para los agricultores, más aún no se evidenció presencia de salmonela en las lechugas, lo que no descarta el riesgo de contagio. El documento resalta que, aunque no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en las lechugas, las concentraciones de los colifagos somáticos y huevos de helminto indican un riesgo potencial para los consumidores, especialmente en la ausencia de prácticas adecuadas de lavado y desinfección. (pp. 69-78).

Cultivos al interior de contenedores de carga marítimos.

El cultivo de hortalizas, especialmente en el caso de las lechugas, ha perdurado en el tiempo sin evidenciar avances significativos en las técnicas de cultivo o estrategias que marquen un cambio significativo en el proceso productivo. Como consecuencia de esta falta de evolución, en la actualidad se continúa afectando el medio ambiente y acelerando el deterioro de la tierra fértil en los suelos colombianos. Al ampliar la perspectiva del cultivo a nivel mundial desde hace unos años hasta el presente, la agricultura vertical ha ganado relevancia y ha ido abriéndose camino como una nueva opción para el cultivo de hortalizas, demostrando resultados prometedores al fusionar un sistema de agricultura vertical con respecto al cultivo horizontal tradicional. Se ha observado la necesidad a nivel global de reducir el impacto ambiental causado por la agricultura, lo que ha llevado a considerar llevar la agricultura a un siguiente nivel, globalizándola y convirtiéndola en una práctica autosuficiente capaz de satisfacer las necesidades de las poblaciones futuras. Con base a esta premisa, se ha realizado una investigación respaldada por la experiencia de empresas que han identificado esta problemática y se han comprometido a cambiar las prácticas de cultivo de hortalizas. En este contexto, se ha enfocado la investigación en la importancia de los contenedores de carga como herramienta en el comercio internacional y cómo estos pueden adaptarse como una base sólida para iniciar la agricultura vertical en la producción de hortalizas en el departamento de Cundinamarca.

Cuando se habla de contenedores de carga, la primera imagen que se nos viene a la mente es la de una caja metálica de gran tamaño utilizada para transportar mercancías. Estos contenedores son altamente resistentes a impactos, condiciones climáticas adversas y corrosión. Además, cuentan con un interior impermeable que garantiza la protección de cualquier tipo de carga. La invención del contenedor ha tenido un impacto positivo significativo en la logística y el transporte de

mercancías. Ahora, el transporte de una amplia variedad de productos a diferentes destinos en todo el mundo es mucho más fácil y seguro. Por otra parte, los contenedores son extremadamente versátiles y se pueden manipular con facilidad, proporcionando un alto nivel de confiabilidad y seguridad. Esto asegura que todos los artículos almacenados en su interior se mantengan en buen estado. (Saminef, 2021).

Los contenedores de carga marítimos cumplen entonces varias características necesarias para poder idear que al interior de estos sea posible reformar un entorno interesante para el cultivo de alimentos. Un ejemplo interesante de la versatilidad de los contenedores como herramientas personalizables son los diferentes tipos de contenedores adaptados al transporte de diferentes tipos de mercancías, algunos de estos son; dry container, reefer container, open top container, flat rack container, open side container y el iso tank. Cada uno de estos contenedores dedicados al transporte de diferentes mercancías dependientes a sus dimensiones físicas, composición (si es sólido o líquido) e incluso su caducidad (si son productos perecederos o no).

Con la información previa sobre los contenedores, se abre un amplio abanico de posibilidades para rediseñar las funciones que estos pueden proporcionar. Al contemplar el futuro, dos términos clave que surgen son el medio ambiente y la producción de alimentos. En este contexto, se han elegido no solo los métodos de cultivo más contemporáneos para hortalizas, sino también la estructura más resistente y fácilmente adaptable para la creación de un invernadero a gran escala: el contenedor de carga marítimo. En este orden de ideas, la idea de desarrollar una nueva versión especializada del contenedor de carga, centrada en la producción de lechugas, resulta sumamente interesante, ya que este cuenta con características de encierro, resistencia y aislamiento que facilita la compatibilización de un entorno controlado al 100% como lo propone el modelo del invernadero. Esta estructura también es compatible con la estructura de apilar contenedores, lo que permitirían, en lugar de dar continuidad al cultivo horizontal y ocupar espacio hacia lo largo de un terreno específico, estos podrían ser apilados uno sobre otro y competir en cantidad de producción con un contenido horizontal.



Figura 2. Ilustración de cultivo en contenedores apilados reduciendo el espacio horizontal de cultivo y maximizando la cantidad producida de lechugas por acre. (Lexica.art, 2024).

Todo lo planteado anteriormente ya ha sido notado en el mundo y se ha encontrado una empresa en el mundo que ya ha dado los primeros pasos en este tipo de cultivo como un modelo de negocio que apunta a cambiar la forma en la que se concibe la producción de alimentos y como se puede obtener una eficiencia descomunal sin intervenir en las raíces genéticas del producto como tal. La empresa Vertical Crop Consultants, ha tomado las riendas de un proyecto de esta magnitud y ha sacado a la luz a Cropbox el cual es descrito como:

“Cropbox es un sistema de agricultura de ambiente controlado que produce cultivos de hojas durante todo el año. El sistema se diferencia al producir verduras de hojas densas que superan el peso, la nutrición y la calidad del mercado estándar. Dentro del espacio de un contenedor de envío, el Cropbox es uno de los sistemas agrícolas más productivos del mundo.” (Cropbox, 2017).

Cropbox ya pone a prueba cultivos de diferentes tipos al interior de sus contenedores, tales como; hortalizas, fresas, micro vegetales y forrajes. Esta alternativa de cultivo ya fue adoptada por la corporación multinacional IKEA para destinar al exterior de las tiendas de Malmö y Englund, citado en Expok de la entrevista realizada por la periodista Daniela Lazovska. 2019) Menciono que existe la necesidad de encontrar mejores soluciones para producir alimentos más saludables utilizando menos tierra y agua y, al mismo tiempo, reducir el desperdicio de alimentos. Reafirmando su postura frente a la revolucionaria alternativa de cultivo, comenta que La

agricultura urbana tiene el potencial de transformar la cadena de valor de los alimentos a nivel mundial, ya que apunta a producir alimentos frescos locales muy cerca para satisfacer la demanda, al mismo tiempo que utiliza menos recursos naturales.

La información recaudada hasta el momento nos da luces verdes al futuro del cultivo. Teniendo un precedente de éxito en lo que a resultados se refiere, se puede identificar no solo una oportunidad de negocio, sino una oportunidad inmensa de ahorro de recursos para la producción de alimentos orgánicos. A la vez, propone una menor rotación de recursos como el agua, priorizando un mejor tratamiento para mejorar la calidad de su proceso de limpieza y adición de nutrientes para el cultivo de lechugas.



Figura 3. Ilustración del interior de un contenedor con cultivos de lechuga dividido en estanterías. (Freepik, 2024).

Marco teórico.

En el mundo actual el cuidado ambiental se ha convertido en una prioridad, tanto así que se encontró la manera de realizar herramientas estratégicas para el desarrollo económico del país generando sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Temarios desde el Plan Nacional de Negocios Verdes, la Bioeconomía y la Economía Circular han sido destacados para el desarrollo del documento. La bioeconomía es entendida como el aprovechamiento de recursos biológicos para la producción de bienes y servicios, la economía circular busca la manera de aprovechar los residuos ya existentes para darle un valor añadido y darle otro ciclo de vida, por lo cual coinciden con el plan de negocios verdes para impulsar la economía y preservar la biodiversidad delimitadamente en Colombia.

Plan de Negocios Verdes.

El PNNV (plan nacional de negocios verdes) fue desarrollado en el año 2014 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual ofrece lineamientos, instrumentos, incentivos y herramientas para el desarrollo, fomento, promoción y escalamiento de los negocios verdes (NV) y sostenibles en Colombia (Plan nacional de negocios verdes, 2022, p. 5). El surgimiento de los PNNV se destacó tanto que, tras eso, se realizó un plan hasta el año 2030, se dio a partir de la estructuración e implementación de varios programas regionales y planes departamentales de negocios verdes que, tras todo, genero relaciones comerciales internacionales.

Según la (PNNV 2022), el análisis de los negocios verdes frente al ámbito tecnológico debe mejorar en la formación técnica y profesional de emprendedores y empresarios dados a desconocimientos y desarticulación de las ofertas institucionales de formación y capacitación, por lo que necesitan procesos formativos para avanzar en emprendimientos o empresa. (pp. 48). Por lo que se evidencia que, para implementar negocios verdes en una empresa requiere de dinero, pero también de conocimiento y que es importante darle un valor agregado a ese producto que ayude a potenciar la empresa.

Es importante hablar de la agricultura vertical en contenedores, pues nace como una alternativa de cultivo que busca garantizar la seguridad alimentaria con alto nivel tecnológico cuyo objetivo es producir alimentos en entornos optimizados para explotar sus mejores características de nutrición cerca de ciudades, reduciendo la logística y frescura a los habitantes del departamento de Cundinamarca. El enfoque de crecimiento verde enfatiza en la innovación, tecnología y

eficiencia que optimizan los procesos, asegurando el capital natural a largo plazo para generar un mayor crecimiento económico competitivo y sostenible. (Plan nacional de negocios verdes, 2022, pp. 66), siguiendo la idea es claro que hay que considerar que la naturaleza debe tener más duración para asegurar un bienestar más adelante así mismo el beneficio de las granjas verticales para implementarlas en contenedores, es la mejor forma de maximizar el espacio, apilando los cultivos, con sistemas automatizables que reducen la cantidad de insumos a usar para producirlos, aprovechando e incluso permitiendo la inclusión de sistemas que reutilicen el agua usada para riego controlado de los cultivos.

Con la innovación y aparición de nuevas tecnologías, era necesario que se innovara en cómo se aprovechan los espacios en el campo, como se reducen tiempo y, sobre todo, como mejorar la calidad de alimentos sin agrandar la huella de carbono que de por sí, dejan las actividades en el campo. Por lo tanto, la (UICN, 2022) plantea:

“las soluciones basadas en la naturaleza (SBN), son una serie de acciones, estrategias o medidas que buscan aprovechar el potencial de la naturaleza para solucionar diversos problemas o desafíos, tales como la seguridad alimentaria, el acceso a agua limpia o el cambio climático”.

Este enfoque busca trabajar acorde con los sistemas naturales adaptando buenas prácticas a nivel nacional como en el caso de cultivos en contenedores con el fin de utilizar de manera inteligente los recursos que la naturaleza proporciona.

Además, los agro sistemas sostenibles y regenerativos según el plan nacional apuestan por una agricultura sostenible y ponen en práctica la implementación de criterios agrícolas de cultivos, conservación de la biodiversidad, rotación y diversificación de cultivos orgánicos o ecológicos, un claro ejemplo son las granjas verticales que constan de sistemas para el apilamiento, de los cultivos en estantes, donde se soportan en canales que permiten el flujo de agua que, se usa como sustituto de los sustratos, ya que esta alcanza rápidamente todos los cultivos, dotando la poca tierra con una alta cantidad de nutrientes, siendo esta reutilizada y anulando el uso de químicos que se encargan de alejar plagas de los cultivos, volviéndose así más sostenible que un cultivo tradicional, donde se desperdicia tierra en grandes cantidades, no se reutiliza el agua y al mismo tiempo se esparce sobre la tierra, el alimento y el agua, pesticidas que dotan de químicos al alimento en cuestión.

Economía circular y Bioeconomía.

La economía circular aparece por primera vez “Economics of Natural Resources and The Environment”, tal y como lo describe Espinoza H en su investigación “Economía circular: una aproximación a su origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible”, diferentes autores validan a los economistas ambientales David W. Pearce y R. Kerry Turner como los primeros actores en acuñar el término. Los autores introducen una relación entre la economía y la naturaleza, de acuerdo con Vasileios, Katja y Arno (citados en Espinoza, 2023) esta última el insumo de todo lo demás.

La economía circular se define por la interacción entre la economía tradicional y el ambiente, esta llamada interacción tiene que ser analizada detalladamente de forma holística entre diversidades sistemáticas, físicas, biológicas, sociales, económicos, mentales, lingüísticos. Proponen según Pearce & Turner (citados en Espinoza, 2023), que la naturaleza a su vez contiene tres identificables funciones aplicables a la economía, provisión de recursos, soporte del sistema de vida u sumidero de residuos y emisiones, así mismo estas tres funciones mencionadas deben tener un precio.

En el mismo documento Espinoza fidedigna y aterriza su propia investigación asistiendo de Gunter Pauli, emprendedor belga autor del libro economía azul. La economía azul es un modelo de desarrollo introducido por primera vez en 1994 donde menciona 3 tipos de economía siendo estos los siguientes:

“Economía roja: Es aquella en la que no hay preocupación por el consumo excesivo de recursos naturales para apoyar la producción de energía y bienes manufacturados.

Economía verde: Impulsa los proyectos de producción de energía alternativa basados en la energía solar y eólica.

Economía azul: La economía azul, tal como la define Gunter Pauli, es la de la regeneración de los ecosistemas en una lógica de abundancia y autonomía.” Pauli G. (citado por Espinoza, 2023), p. 122).

El modelo es aplicable a la lógica de los ecosistemas siempre y cuando sea una solución a las problemáticas ambientales, Pauli G. (citado por Espinoza, 2023) dice que:

“Si nuestras economías se desarrollaran tomando como modelo la naturaleza, podríamos emplear la energía y los recursos de forma eficiente, sin generar residuos y, de manera simultánea, se estarían creando millones de puestos de trabajo” (2011, pp. 37-39).

Reutilización de contenedores y la economía circular.

La viabilidad del uso de los contenedores se puede visualizar desde distintas perspectivas: la primera, un punto de vista económico y la segunda; desde un panorama ecológico ya que cada año, una cierta cantidad de contenedores salen de circulación, por ende, Olivé y Arribas (2015) exponen:

“(…) debidos a accidentes o por su uso, pero que les impiden seguir formando parte del sistema logístico. De hecho, la vida útil media de un contenedor es de 7 a 14 años.” (párr. 2).

luego de que pasa ese tiempo, un contenedor no puede ser utilizado para fines de transporte, es decir, su principal funcionalidad está completamente inhabilitada. Sin embargo, un contenedor puede ser empleado para otros usos, gracias a su composición material puede ser versátil a distintos entornos.

Los contenedores de carga y transporte se caracterizan por sus propiedades y características, tales como las que propone (García, 2017):

“(…) prefabricados, compactos, robustos, resistentes a los cambios de temperatura entre otras. Son elementos muy resistentes, prueba de ello son los años que llevan en uso y como es sabido prácticamente a la intemperie, soportando todo tipo de cambios climáticos y meteorológicos, manteniendo durante bastante tiempo sus cualidades técnicas, también sufren los desplazamientos y golpes”. (p. 8).

Por ende, el reciclaje de contenedores representa una gran alternativa para realizar construcciones de manera sostenible teniendo en cuenta sus grandes características y propiedades de acuerdo con las condiciones exteriores y cambios climáticos, siendo completamente óptimas para la construcción de granjas verticales.

El reciclaje de contenedores tiene un gran impacto positivo en cuanto a la reducción de gases de efecto invernadero que se asocian con la construcción, fabricación, producción y transporte de distintos bienes. Además de esto reduce la cantidad de residuos que resultan en vertederos, disminuyendo los efectos negativos que puede generar la construcción de infraestructuras comunes en el medio ambiente. También es una manera eficiente de conservar los recursos naturales, ya

que, la reutilización de dicho material mitiga la necesidad de extraer y procesar nuevos materiales, ayudando a que se reduzcan los gases de efecto invernadero asociados a la extracción de materias primas.

La reutilización de contenedores de carga para fines agrícolas ha representado una forma innovadora y sostenible de llevar a cabo el cultivo y cosecha de distintos productos, ya que de acuerdo con los proyectos realizados por Adventhealth Celebration, se logró realizar un huerto con un contenedor de transporte de carga, tal y como lo presenta Dieppa (2022) en su artículo:

“Este huerto dentro de contenedor de carga es de hecho un cultivo hidropónico en un contenedor de transporte de carga que mide unos 12 metros de largo y unos 2 y medio de ancho. Cada aspecto de este cultivo está controlado a través de una aplicación que puede monitorear y regular el clima, la humedad, luz y otros aspectos, con solo el toque de un dedo. Esta tecnología permite desarrollar una amplia variedad de cultivos en un mínimo espacio.”
“No puedo describir lo emocionada que me siento al ver desarrollarse estos vegetales”, dijo Patty Jo Toor, jefa de enfermería en AdventHealth Celebration. “La innovación del cultivo dentro de un contenedor de carga es fantástica. Se puede producir una gran cantidad de alimento en un pequeño espacio y crece rápidamente porque tiene las luces y otros elementos de hidroponía disponibles las 24 horas de los 7 días de la semana”. (párr. 2).

Gracias a esta innovadora forma de llevar a cabo actividades agrícolas es evidente la utilidad que tiene el uso de contenedores para realizar labores de cultivo de una gran diversidad de productos en un espacio relativamente pequeño.

La economía circular propone una forma de consumo y producción con la intención de reducir al máximo la necesidad de extraer recursos naturales a través de un aprovechamiento de residuos, alargando la vida útil de ciertos materiales.

Económicamente es acertado reutilizar contenedores de carga, ya que esto reduce los costos de producción y transporte de mercancías. Además, representa una reducción en los costos en infraestructura, un claro ejemplo de esto es la terminal de cruceros en el puerto de Sevilla, que, como afirma (García, 2017):

“La ampliación de la Fase II de la Terminal de Cruceros de Sevilla ha llegado a alcanzar entorno a los 1.2 millones de euros, cuantía muy elevada (pero al ser una Terminal Marítima se podría

considerar reducida) y ojo muy importante puede albergar aproximadamente a 2000 pasajeros. Como comparativa se hace el estudio con la Terminal de Cruceros de “El Palmeral” en Málaga.

El coste de la construcción de esta Terminal “EL PALMERAL” fue entorno a los 6 millones de euros pudiendo albergar solamente a 450 pasajeros. Es decir, la TERMINAL DE SEVILLA puede albergar a 2000 pasajeros hay una diferencia de pasajeros 1150 pasajeros con la de Málaga, la Terminal de Sevilla con un coste casi cinco veces menor puede albergar hasta 1150 pasajeros de más.” (p. 137).

Esto, además de fortalecer una economía circular sostenible, puede ser una gran idea al momento de aprovechar los contenedores y construir granjas verticales, las cuales son ideales para manejar una gran diversidad de productos agrícolas sin ocasionar un impacto nocivo para el medio ambiente.

Al alargar la vida útil del contenedor se evidencia una reducción de costos y un máximo aprovechamiento del espacio, como se vio con el caso de Advenhealth Celebration, un contenedor puede ser aprovechado para manejar una gran diversidad de productos agrícolas. Hace que de manera efectiva se lleve a cabo el proceso de agricultura.

Hidroponía; se llamará de esta forma a la agricultura sin suelo, conocido este como un método de cultivo en el que, en lugar de tierra, se usan disoluciones con nutrientes para la producción de alimentos.

Fertilizante; son sustancias ricas en nutrientes utilizadas para mejorar las características del suelo o del agua en cuestión, como sustrato para mejorar la calidad y hacer más eficiente la producción de alimentos en un cultivo específico.

Pesticida; Es una sustancia destinada a la destrucción y/o control de amenazas malezas, insectos y demás organismos que pongan en riesgo el campo de cultivo.

Casseres (citado en Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. 2012). La Horticultura está íntimamente ligada al desarrollo agrícola y rural porque el carácter intensivo del cultivo de las plantas hortícolas son fuente de ocupación de mano de obra que de otra manera estaría subutilizada; contribuye a la alimentación de familias de bajos recursos, y ayuda a mantener buenos niveles nutricionales. Esta relación es de suma importancia pues las hortalizas también generan buenos ingresos y favorece el proceso de producción de estos productos en los

sectores más necesitados para así mismo tener la capacidad de ayudar a la población que más lo requiere.

Cuando se habla de tecnología, es importante recordar que no hablamos de un objeto en específico, la tecnología se ha de considerar más como el proceso que transforma o combina diferentes cosas y estrategias con el fin de obtener algo nuevo para un bien común. Con lo anterior tiene más sentido el explicar cómo funciona la tecnología cuando se trata de sistemas de cultivos y/o invernaderos.

La tecnología aplicada en sistemas de cultivo como invernaderos, consta de una estructuración que va desde el posicionamiento u organización de los cultivos, teniendo en cuenta el tipo de cultivo y su estructura para poder determinar un posicionamiento que permita potenciar su proceso de crecimiento. En cuanto a estas estructuras, (Cofepasa, 2019) menciona lo siguiente de estas:

“Sistema sin suelo en soporte suspendido: Este sistema es muy beneficioso para cultivos bajos como las fresas. Sus ventajas son muchas, entre ellas, la mejora de las condiciones de recolecta, ahorro de espacio y agroquímicos, al estar aislado del suelo, y eficiencia del riego.

Cultivo en pirámides: por su forma puntiaguda, hace que el aire caliente se canalice en la parte más alta, protegiendo las plántulas del exceso de calor que se origina en los invernaderos. También ahorra costes de construcción y se distribuye mejor la luz natural, lo que finalmente significa un ahorro importante de energía.

Cultivo en mesas: lo mejor es que puedes montarlo en cualquier lugar, incluso si no dispones de un jardín en casa, es muy cómodo trabajarlo y las plagas se controlan fácilmente.”

Una vez se ha definido el posicionamiento del cultivo al interior de un invernadero, es importante identificar la técnica de cultivo a usar y así adaptar la misma a la organización escogida para los cultivos. El SMEAP México, presenta a continuación los tres tipos de cultivos hidropónicos a poder manejar en invernaderos especialmente para el cultivo de hortalizas: Cultivos en aire (Aeroponía), cultivos en agua (NFT, NGS, Balsa Flotante), cultivos en sustratos (Ebb & flow, De mecha, Goteo).

Con las pautas ya estipuladas para llevar a cabo el cultivo, es contar con las herramientas necesarias para llevar un control del invernadero en su interior, para ello se hará uso de herramientas que juntas logran un potenciamiento correcto del cultivo, insumos de óptima calidad

para nutrir en el rango de lo necesario a los cultivos. Es importante adaptar sistemas que, como resultado, logren reducir costos de insumos y de mano de obra, la automatización y el uso del internet de todas las cosas, abren puertas al monitoreo interno del invernadero.

Es importante el planteamiento de objetivos, los cuales darán el visto bueno de que el invernadero es de alta calidad; ha de contar con un sistema de luces que reemplacen la luz solar pero que a su vez genere la suficiente luminosidad sin un calor excesivo para nutrir las plantas en su crecimiento.

Diseño y metodología del proyecto.

Tabla 1.

Diseño y metodología del proyecto.

Primer objetivo específico: Realizar un perfilamiento característico del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca.	
Tipo de estudio a realizar	<p>Este estudio se llevará a cabo como una investigación descriptiva y correlacional. Los análisis estadísticos para comparar datos cuantitativos entre los diferentes métodos de cultivo, identificando diferencias significativas en términos de rendimiento, eficiencia y rentabilidad. investigación permitirá analizar detalladamente un perfilamiento del departamento de Cundinamarca, abordando aspectos relevantes como la ubicación, la economía agrícola y los tipos de cultivos de la lechuga.</p> <p>Por otra parte, se utilizará un enfoque correlacional para identificar relaciones entre las variables ambientales, económicas y agrícolas en Cundinamarca. Se examinará factores como el clima, la geografía y la economía agrícola que pueden influir en las prácticas de cultivo y en el rendimiento de los cultivos en la región.</p>
Instrumento de recolección de datos	<p>Por medio de una investigación exhaustiva de fuentes bibliográficas y documentos relevantes que proporcionen información detallada sobre el contexto agrícola y ambiental de Cundinamarca. Se tendrán en cuenta datos importantes sobre las características de la región y los diferentes cultivos de la lechuga. Además, se tendrá en cuenta un estudio sobre el valor total del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca.</p>
Forma de procesar la información	<p>Con un método cuantitativo formado por estudios e informes gubernamentales, estadísticas agrícolas y otras fuentes importantes que den datos sobre la agricultura en Cundinamarca, se expondrán datos sobre la producción agrícola total, el rendimiento de los cultivos, el uso de fertilizantes y pesticidas, la</p>

	<p>disponibilidad de agua para riego, entre otros. También la recolección de datos numéricos, tablas, gráficos y otras formas de información cuantitativa que sean pertinentes para el perfilamiento agrícola de Cundinamarca. Por último, se evidenciará la calidad y confiabilidad de los datos recopilados mediante la revisión crítica de las fuentes secundarias y la verificación de la consistencia y coherencia de los datos.</p>
<p>Segundo objetivo específico: Estudiar las tipologías de granjas y cultivos verticales en contenedores.</p>	
<p>Tipo de estudio a realizar</p>	<p>Es un estudio descriptivo, ya que su objetivo principal es describir y caracterizar las diferentes tipologías de granjas y cultivos verticales en contenedores. Este enfoque implica recopilar información detallada sobre las características, prácticas y tecnologías utilizadas en este tipo de sistemas agrícolas.</p>
<p>Instrumento de recolección de datos</p>	<p>Análisis detallado de la información recopilada, buscando identificar patrones, tendencias y relaciones entre diferentes variables relacionadas con las tipologías de granjas y cultivos verticales en contenedores. Este análisis te permitirá obtener una comprensión más completa y profunda, también teniendo en cuenta los precios variables de este proceso.</p>
<p>Forma de procesar la información</p>	<p>Estadísticas claras frente al tema hablar en este caso la integración del cultivo en un contenedor.</p>
<p>Tercer objetivo específico: Comparar el cultivo de lechugas en contenedores con granjas verticales frente al cultivo horizontal tradicional.</p>	
<p>Tipo de estudio a realizar</p>	<p>Este tendrá dos enfoques el cualitativo y cuantitativo, ya que cualitativo se centraría en las cualidades y características únicas de cada tipo de cultivo, destacando aspectos como la eficiencia del espacio, la gestión del agua, la facilidad de acceso y la sostenibilidad. También analizarían los contextos sociales, económicos y ambientales en los que se desarrollan los diferentes métodos de cultivo, teniendo en</p>

	<p>cuenta o la disponibilidad de tierra, los recursos financieros y la demanda del mercado.</p> <p>Por lo tanto, el enfoque cuantitativo es la recolección de datos objetivos y medibles sobre rendimiento de cultivos, eficiencia en el uso del agua, producción por unidad de superficie, costo de producción, análisis estadísticos para comparar los diferentes métodos de cultivo, identificando el rendimiento, la eficiencia y rentabilidad.</p>
Instrumento de recolección de datos	Fuentes de información confiables
Forma de procesar la información	Cuadro comparativo: Es el análisis para organizar y comparar los hallazgos entre los dos tipos de cultivos. Esto facilitará la identificación de los beneficios de cultivar en un contenedor.

Nota. Elaboración propia.

Capítulo 1: Características del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca.

En el extenso paisaje agrícola del Departamento de Cundinamarca, el cultivo de lechuga ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria de la región. La rica tradición agrícola se ha entrelazado con los desafíos contemporáneos, llevando a la necesidad de evaluar y mejorar continuamente las prácticas agrícolas existentes. Este primer capítulo se sumerge en el perfil característico del cultivo de lechuga en Cundinamarca, una exploración esencial para comprender la base sobre la cual se erige la agricultura local.

A través de este análisis geográfico y económico, se busca identificar las particularidades del cultivo de lechuga en Cundinamarca, desde las condiciones climáticas hasta las prácticas agrícolas tradicionales. Al comprender a fondo el entorno agrícola local, se sientan las bases para evaluar críticamente cómo la adopción de un sistema de cultivo vertical puede optimizar la producción de lechugas, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar económico de la región.

Perfilamiento Sociodemográfico de Cundinamarca.

Respecto a entender el apartado geográfico, la Gobernación de Cundinamarca, (2013) contextualiza que:

“El Departamento de Cundinamarca está ubicado en el centro del país, sobre la cordillera Oriental y parte de la región Andina, tiene un relieve variado de planicies, montañas, colinas, con alturas de 300 a 3500 msnm. Cundinamarca limita con cinco (5) departamentos: al norte con Boyacá (franja de territorio en litigio); al oriente con Boyacá y Meta; por el sur con Meta, Huila y Tolima, y por el occidente con Tolima y Caldas (DANE, 2005), separados por el río Magdalena este se caracteriza por tener la mayor producción de flores en el país y por ser un lugar estratégico para las industrias como la cervecera, farmacéutica, textil y los grandes cultivos”. (p.14).

El departamento de Cundinamarca está conformado por 116 municipios agrupados en 15 provincias Almeidas, Alto Magdalena, Bajo Magdalena, Gualivá, Guavio, Magdalena Centro, Medina, Oriente, Rionegro, Sabana Centro, Sabana Occidente, Soacha, Sumapaz, Tequendama y Ubaté, Cada provincia cuenta con condiciones climáticas y suelos particulares que funcionan para diferentes tipos de cultivos (Gobernación de Cundinamarca, 2013, p.14), por lo tanto Cundinamarca ofrece un escenario propicio para la producción de una amplia gama de hortalizas y otros productos contribuyendo a la diversificación agrícola y alimentaria en el departamento. De

la misma manera y por una misma línea de información comparativa, la superintendencia de industria y comercio en Colombia, realizó un diagnóstico en el cual hace un recorrido en la cadena productiva de las hortalizas (s.f), en este, las hortalizas se definen termino que agrupa cantidad de productos, verduras y legumbres, de consumo alimenticio generalmente próximos a perecer, pueden ser consumidas crudas o cocinadas. El cultivo de las hortalizas en Colombia es heterogéneo, atomizada y cultivado en pequeñas extensiones llegadas a ser de 1 a 2 hectáreas (p. 1). Además, los recursos hídricos con los que cuentan el departamento tienen presencia del río de Magdalena y río de Bogotá y de otras lagunas, estos crean un entorno adecuado para la producción local de diferentes cultivos. A continuación, se encontrará un mapa donde está dividida cada provincia especificando el sector agropecuario y su producción.

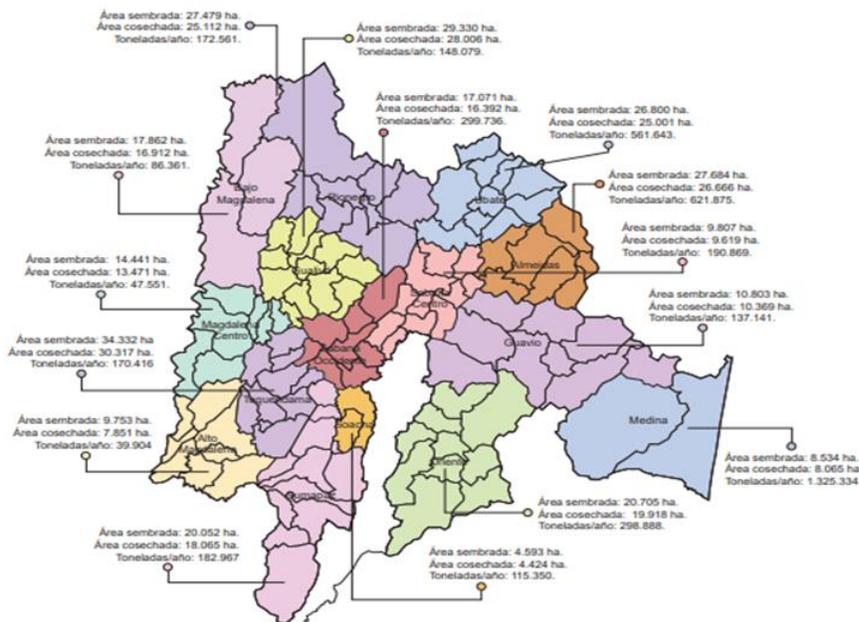


Figura 4. Mapa de Cundinamarca dividida por provincias. extraída de (Gobernación de Cundinamarca 2020).

Según la información proporcionada en la imagen adjunta y respaldada por el Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, se muestra que Cundinamarca tiene cifras relevantes en el sector agrícola con 279.246 hectáreas sembradas, 260.188 hectáreas cosechadas y una producción anual de 4.398.674 toneladas (2020, p.37). La diversidad de cultivos que tiene Cundinamarca hace que este departamento sea más especial pues tienen cultivos de tubérculos, frutales, caña, café, cereales, hortalizas, cacao, productos agroindustriales, flores, forrajes, así

como plantas aromáticas, medicinales y especias. Además, estos datos resaltan la importancia del sector agrícola en Cundinamarca, no solo como un impulsor clave de la economía regional, sino también como un contribuyente vital a la diversificación y seguridad alimentaria en la zona.

En el escenario económico colombiano del año 2022, Cundinamarca se alza como el departamento líder en el Producto Interno Bruto (PIB), registrando una cifra notable de 357.259 miles de millones de pesos, según los datos proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en su informe del 30 de marzo de 2023. Esta posición predominante sitúa a Cundinamarca por delante de Antioquia, el segundo departamento en importancia económica, cuyo PIB asciende a 212.515 miles de millones de pesos (DANE, 2023).

En este contexto, la agricultura emerge como un componente fundamental del robusto perfil económico de Cundinamarca. De acuerdo con el informe "Perfiles Económicos Departamentales" publicado por el DANE en enero de 2024, la agricultura representa el segundo sector más influyente en el PIB cundinamarqués, contribuyendo con un significativo 16,4%, solo superado por la industria manufacturera con el 20,4% (DANE, 2024).

Tabla 2.

Análisis del PIB de Cundinamarca 2022.

Sector económico	Aporte porcentual al PIB departamental
Industrias manufactureras	20,4%
Agricultura, ganadería y pesca	16,4%
Comercio, hoteles y reparación	16,3%
Derechos e impuestos	11,5%
Administración pública y defensa	10,3%
Electricidad, gas y agua	6,6%
Act. Científicas y técnicas	4,9%
Construcción	3,9%
Actividades inmobiliarias	3,7%
información y telecomunicaciones	2,1%

Minas y canteras	1,4%
Act. Entretenimiento	1,4%
Actividades financieras y de seguros	1,1%

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (DANE, 2024).

La agricultura cundinamarquesa, al ocupar este lugar destacado en la economía, establece una plataforma sólida para explorar específicamente la producción de lechuga. Hasta el año 2020, Cundinamarca ostentaba con orgullo el título de máximo productor de lechugas en Colombia, según las estadísticas recopiladas por el Ministerio de agricultura (2022). Este logro no solo representó una contribución sustancial al PIB sino también un testimonio del compromiso y la destreza de los agricultores locales que, respaldados por condiciones naturales propicias, consolidaron la posición de Cundinamarca como líder indiscutible en la producción de este cultivo.

Una vez procesada la información geográfica de cultivo de Cundinamarca, se han identificado las tres zonas principales de Cundinamarca en donde se llevan a cabo los cultivos de lechuga del municipio, siendo estos; Soacha, Sabana de occidente y Sabana centro. Apoyados en los datos que se analizaran más adelante, es de entender que en estas zonas entonces, se producen entre 35,000 y 45,000 toneladas de lechuga al año.

Zonas de cultivo de lechuga en Cundinamarca.

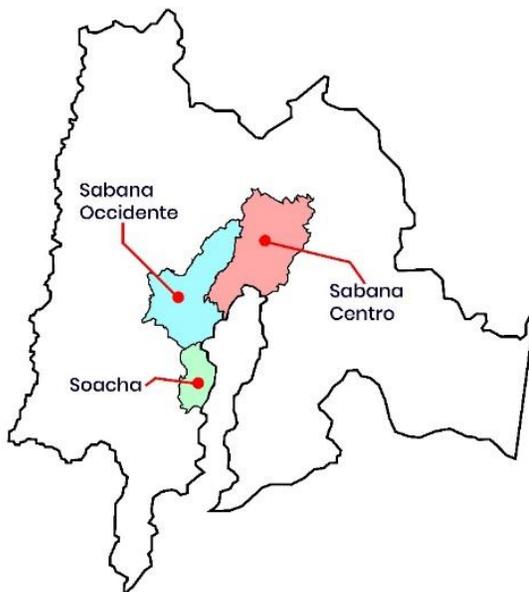


Figura 5. Provincias de Cundinamarca que cultivan lechuga. adaptado de (PDEA Cundinamarca 2020).

La transición a partir de 2020, donde Nariño asumió la posición de liderazgo en la producción de lechugas a nivel nacional, plantea un cambio significativo en el panorama agrícola, teniendo en cuenta que, al mismo tiempo, según la recolección de información del año 2022 por Minagricultura, el departamento de Antioquia se puso por detrás de Nariño, superando ambos a Cundinamarca. Esta evolución destaca la necesidad de adaptación y mejora continua en la producción agrícola cundinamarquesa. La lechuga, más allá de ser una cosecha, se erige como un pilar fundamental de la agricultura local, contribuyendo no solo a la economía sino también a la identidad de la región.

Máximos productores de lechuga (toneladas por año).

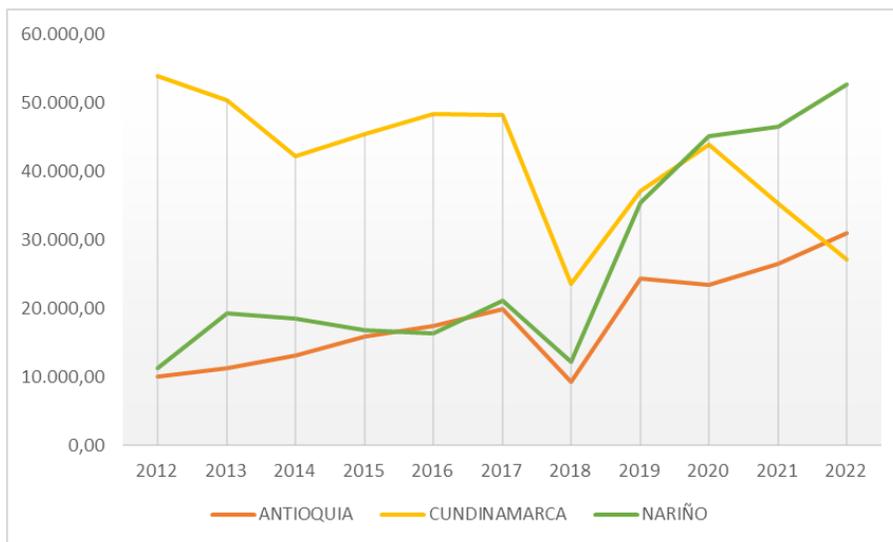


Figura 6. Máximos productores de lechuga. Adaptado de (Ministerio de agricultura, 2024).

Cabe señalar que la gráfica presentada refleja la minoración en la obtención de lechugas en Cundinamarca, cediendo su liderazgo a Antioquia y Nariño, que encabezan la obtención estatal. Igualmente, se destaca la posibilidad de encontrarnos frente a un delegado declive relevante en la fabricación cundinamarquesa. Es interesante notar que la primera cresta pendiente se registró en el año 2018, esta caída de producción fue repentina, sin embargo, para ese entonces Cundinamarca no contaba con mayor competencia en la producción de lechuga de parte de los departamentos que en la actualidad la superan. Sin embargo, en el declive registrado hasta el año 2022, se evidencia que este no es un declive de año a año como ocurrió en 2017 a 2018, por lo contrario, este es un

declive constante que está teniendo la producción del departamento desde el mismo bajón del 2018, demostrando que el departamento no logro no solo recuperar su capacidad productiva, sino también consolidar y mantener cifras constantes en sus capacidades productivas de lechuga y sucumbiendo finalmente ante los departamentos de Antioquia y Nariño. Para indagar un poco más en este declive de la producción, se ha decidido hacer un análisis de los rendimientos de cultivo por municipio de Cundinamarca entre los años 2019 a 2021 ya que a la fecha en la que se realiza este trabajo de investigación, no se han encontrado datos de fechas más cercanas completos para poder llevar a cabo su respectivo análisis.

Inicialmente es importante recalcar que los datos recolectados por la gobernación de Cundinamarca representan los datos de cultivo anuales divididos en semestres, por lo que se dividirá este análisis de rendimientos en el sector A del rango de años del 2019 al 2021 y luego se pasará al semestre B de los años mencionados. También es necesario realizar la comparación entre la producción de años, así se podrá conocer el aumento o el déficit de producción entre estos.

Tabla 3.

Datos de cultivo y rendimientos por municipio de Cundinamarca año 2019 A y B.

Municipio	Semestre	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)
Cajicá	A	101,80	96,18	23,00	2.212,14
Chía	A	10,00	10,00	20,00	200,00
Cota	A	12,10	12,10	29,00	350,90
Sopo	A	32,00	32,00	10,00	320,00
Tenjo	A	40,00	40,00	23,00	920,00
Tocancipá	A	0,25	0,25	12,00	3,00
Bojacá	A	180,00	175,00	14,00	2.450,00
Facatativá	A	32,00	32,00	22,00	704,00
Funza	A	25,00	23,00	30,00	690,00
Madrid	A	220,00	213,00	13,00	2.769,00
Mosquera	A	200,00	198,00	24,00	4.752,00

Soacha	A	24,00	22,00	17,00	374,00
Cajicá	B	63,00	59,00	23,00	1.357,00
Chía	B	10,00	10,00	20,00	200,00
Cota	B	12,10	15,00	29,00	435,00
Sopo	B	40,00	40,00	10,00	400,00
Tenjo	B	380,00	380,00	23,00	8.740,00
Tocancipá	B	0,25	0,25	12,00	3,00
Bojacá	B	100,00	105,00	12,00	1.260,00
Facatativá	B	35,00	37,00	23,00	851,00
Madrid	B	225,00	218,00	14,00	3.052,00
Mosquera	B	200,00	198,00	24,00	4.752,00
Soacha	B	24,00	20,00	17,00	340,00
Total semestre A		877,15	853,53	18,45	15.745,04
Total semestre B		1.089,35	1.082,25	19,76	21.390,00
Total general		1.966,50	1.935,78	19,18	37.135,04

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Gobernación de Cundinamarca, 2023; Sierra Gómez, Algecira Mahecha, & Aldana Wilches, 2022).

Para el año 2019, se tiene en cuenta que es el año en el que Cundinamarca sufre una “recuperación” tras la caída de su producción en el 2018, pasando del 2017 a aproximadamente una producción total de casi 50,000 toneladas de lechuga, a decaer en 2018 aproximándose apenas a 25,000 toneladas de lechuga. Para este año 2019 se encuentra un perdida de rendimientos considerable entre semestres, sin embargo, realizando un cálculo inicial, se visualiza que entre El área sembrada (AS) y el área cosechada (AC), hay cierta similitud en cifras, es decir, la diferencia tiene una cercanía considerable, para confirmar esto se optara por determinar qué porcentaje del total (AS) termino teniendo producción exitosa, considerando entonces el valor del área sembrada AS como el 100%, se determina que en el semestre A el área cosechada fue de un 97,26% con respecto al AS y en el semestre B fue de un 99,36%.

Con base al resultado anterior, efectivamente, no solo se visualiza que la diferencia de cifras es pequeña, por lo que se puede considerar que la perdida de cultivo no es drástica, pero si es

interesante resaltar que, a pesar de que en el segundo semestre se sembraron más hectáreas y las cifras de cosecha se acercaron más a la cantidad de terreno sembrado, el rendimiento de toneladas de lechuga por hectárea, no solo no aumento, sino disminuyo en 30 toneladas por hectárea con respecto al primer semestre, en el que había una brecha mayor entre lo sembrado y lo cosechado. Esta diferencia de rendimiento se obtiene por la salida de Funza de los datos recolectados, es decir, en el registro del primer semestre se tienen los datos de 12 municipios, mientras que, para el segundo semestre, Funza sale de la tabla, como si este se limitara entonces a producir lechuga únicamente para el primer semestre del año. A pesar de la salida de Funza, es importante recalcar que el segundo semestre fue el que más producción de lechuga tuvo, siendo esta de 21,390 toneladas, mientras que, en el primer semestre, se produjeron 15,745 toneladas de lechuga. Con esta información procesada, se pasa a encontrar la variación de producción total entre 2018 el año revisado 2019.

Así entonces se puede considerar un aumento en la producción de lechuga en Cundinamarca de un 57,85% con respecto a lo producido en el año 2018. Sin embargo, al haber sido 2018 un año de alta perdida productiva, se entiende que, aunque se aumentó con respecto a esta, lo cierto es que no se alcanzó la producción del año 2017, siendo esta de 48,185 toneladas anuales (Ministerio de agricultura, 2022) por lo que en realidad Cundinamarca se encuentra con un déficit.

Con esta comparación se estima entonces que la producción total de Cundinamarca a 2019, aun se encontró un 29,76% por debajo de la producción obtenida en el año 2017, por lo que lo ideal habría sido pronosticar un futuro año 2020 de recuperación productiva para reducir la brecha de perdida productiva.

Tabla 4.

Datos de cultivo y rendimientos por municipio de Cundinamarca año 2020 A y B.

Municipio	Semestre	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)
Cajicá	A	95,00	95,00	23,00	2.185,00
Chía	A	31,00	9,00	17,00	153,00
Cota	A	12,00	11,62	29,00	336,98

Sopo	A	40,00	40,00	10,00	400,00
Tenjo	A	400,00	400,00	23,50	9.400,00
Bojacá	A	180,00	175,00	14,00	2.450,00
Facatativá	A	45,00	41,00	22,00	902,00
Funza	A	23,00	23,00	30,00	690,00
Madrid	A	181,70	176,30	13,90	2.450,57
Mosquera	A	210,00	210,00	24,00	5.040,00
Soacha	A	24,00	22,00	17,00	374,00
Gachancipá	A	1,00	1,00	10,00	10,00
Carmen De Carupa	A	1,00	1,00	8,00	8,00
Simijaca	A	3,00	3,00	40,00	120,00
Cajicá	B	61,00	61,00	23,00	1.403,00
Chía	B	7,00	6,00	18,00	108,00
Cota	B	14,30	14,00	29,00	406,00
Sopo	B	30,00	30,00	10,00	300,00
Tenjo	B	400,00	400,00	20,00	8.000,00
Tocancipá	B	100,00	100,00	12,00	1.200,00
Bojacá	B	43,00	41,00	21,61	886,00
Facatativá	B	26,00	23,00	30,00	690,00
Funza	B	176,30	171,00	13,90	2.376,90
Madrid	B	220,00	150,00	24,00	3.600,00
Mosquera	B	24,00	20,00	17,00	340,00
Gachancipá	B	1,00	1,00	10,00	10,00
Total semestre A		1.246,70	1.207,92	20,30	24.519,55
Total semestre B		1.102,60	1.017,00	19,00	19.319,90
Total general		2.349,30	2.224,92	19,70	43.839,45

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Gobernación de Cundinamarca, 2023; Sierra Gómez, Algecira Mahecha, & Aldana Wilches, 2022).

Para el año 2020, Cundinamarca se encuentra con un alza de hectáreas en las que se llevó a cabo la producción de lechugas en ambos semestres, teniendo entonces en área sembrada para el primer semestre un aumento del 42% con respecto al área sembrada del pasado año 2019 y aunque para el segundo semestre de 2020 esta disminuye, sigue encontrándose un 1,19% por encima de las hectáreas del año pasado. Estos aumentos en cifras de terreno sembrado, es de esperar que conlleven a aumentos en áreas cosechadas y en producción, aun así, es necesario analizar los aprovechamientos de hectáreas y comparación en rendimientos. Es importante mencionar, que estos aumentos se hayan dado probablemente por la suma de municipios a la producción de lechuga, ya que, aunque Tocancipá sale del listado, Gachancipá, Carmen de carupa y Simijaca se unen a ser productores de lechuga. Con lo anterior presente, se determina entonces que para el semestre A hubo una AC de 96,79% con respecto al 100% total que es la AS y, para el semestre B, el aprovechamiento de la AC fue de 92,29%.

Se evidencia que la brecha de aprovechamiento de terreno cosechado con respecto al sembrado ha disminuido con respecto al área cosechada del año pasado, hay que tener en cuenta que entre estas áreas se estima que siembre habrá diferencia, aunque esta sea mínima, dependerá de factores como manipulación, técnica de cultivo y el entorno, a partir de ahí, se han de poder realizar mejores o no tan acertados pronósticos. En cuanto al rendimiento por hectárea, de nuevo se encuentra que este disminuye considerablemente para el segundo semestre del año en cuestión, esto debido a que esta vez fueron dos municipios los que se estima, dejaron de producir lechuga para el segundo semestre, estos fueron Carmen de carupa y Simijaca, dos de los tres municipios que habían ingresado al listado de productores de Cundinamarca, esta misma puede ser la razón por la que para este año la producción de lechuga se vio mayormente cubierta por el primer semestre y no por el segundo, habiendo producido un total de 24,519 toneladas de lechuga en primer semestre y apenas 19,319 toneladas en segundo semestre, dato importante a tener presente, ya que para este año se contó con un poco más de terreno a cultivar que el año pasado y aun así no solo tuvieron una producción menor con respecto a su semestre predecesor del año 2020, sino que también se disminuyó la producción con respecto al segundo semestre del año pasado 2019 que con menos terreno alcanzo una producción superior de 21,390 toneladas de lechuga. Con los datos

recolectados, se analiza a continuación que aumento productivo hubo entonces con respecto al pasado año 2019.

Con eso se visualiza un aumento de 18,05% sobre la base propuesta el año pasado en cuanto a la producción, aun así, sigue encontrándose por debajo del ultima máxima cantidad producida por Cundinamarca alcanzada en el año 2017, sin embargo, esta brecha se ve reducida en tan solo un 9,91%, es decir, para el año 2020 Cundinamarca se encuentra un 9,91% por debajo de la máxima producción de lechuga que Cundinamarca ha alcanzado desde el año 2014.

Tabla 5.

Datos de cultivo y rendimientos por municipio de Cundinamarca año 2021 A y B.

Municipio	Semestre	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)
Cajicá	A	75,00	14,50	23,00	333,50
Chía	A	20,00	20,00	18,00	360,00
Cota	A	9,50	9,00	22,00	198,00
Sopo	A	50,00	50,00	20,00	1.000,00
Tenjo	A	450,00	400,00	5,00	2.000,00
Bojacá	A	210,00	180,00	12,00	2.160,00
Facatativá	A	50,00	35,00	9,03	316,00
Funza	A	10,00	10,00	24,00	240,00
Madrid	A	181,30	175,90	12,80	2.251,52
Mosquera	A	240,00	240,00	24,00	5.760,00
Soacha	A	23,00	22,00	16,18	356,00
Gachancipá	A	1,00	1,00	10,00	10,00
Carmen De Carupa	A	1,00	1,00	10,00	10,00
Simijaca	A	2,00	2,00	22,50	45,00
Une	A	10,00	10,00	10,00	100,00

Cajicá	B	60,00	59,00	23,00	1.357,00
Chía	B	20,00	20,00	18,00	360,00
Cota	B	11,00	10,50	22,00	231,00
Sopo	B	50,00	50,00	20,00	1.000,00
Tenjo	B	420,00	400,00	15,00	6.000,00
Bojacá	B	140,00	140,00	12,00	1.680,00
Facatativá	B	51,00	51,00	13,00	663,00
Funza	B	33,00	31,00	24,00	744,00
Madrid	B	175,90	170,60	12,50	2.132,50
Mosquera	B	232,00	232,00	24,00	5.568,00
Soacha	B	22,00	20,00	17,00	340,00
Gachancipá	B	1,00	1,00	25,00	25,00
Une	B	5,00	5,00	10,00	50,00
Total semestre A		1.332,80	1.170,40	12,94	15.140,02
Total semestre B		1.220,90	1.190,10	16,93	20.150,50
Total general		2.553,70	2.360,50	14,95	35.290,52

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Gobernación de Cundinamarca, 2023; Sierra Gómez, Algecira Mahecha, & Aldana Wilches, 2022).

Para el último año a analizar, Cundinamarca parece estancarse en el decrecimiento, a pesar de los esfuerzos realizados, sus resultados son menores a los del pasado año 2020 aun contando con áreas de cultivo superiores. Para centralizar la información, se identifica que para el año 2021 las áreas de sembrado han aumentado con respecto a las del año pasado, aumentando en primer semestre un 6,9%, disminuyendo en segundo semestre, pero encontrándose aun así por encima de la cifra pasada en un 10,71%. El aumento de primer semestre ha de corresponder a que, de nuevo, se ha unido a municipio más al cultivo de lechuga, este es Une, sin embargo, para el segundo semestre, este disminuye de nuevo por la salida de Carmen de Carupa y de Simijaca, aun así, manteniendo una cantidad considerablemente mayor a las del año pasado. Esto llevaría a pensar que, a mayor cantidad de hectáreas, tanto la producción, como el rendimiento de los cultivos, seria provechosos y superiores a los del año pasado, sin embargo, esto se encuentra alejado de la realidad

cuando se visualiza que en el semestre A se obtuvo una AC de 87,84% con una mediana recuperación para semestre B de 97,54%.

Con lo anterior se evidencia que, a pesar de contar en primer semestre con un área de sembrado mayor a la del año pasado, el área de cosecha fue incluso menor que la del año pasado, cuando lo esperado era que superara en vista de que había una mayor zona de trabajo, no siendo suficiente con esto, el rendimiento de toneladas por hectárea cosechada disminuyó de 281,40 del primer semestre del año pasado, a tener a 2021 un rendimiento por hectárea según la producción total, de 238,51 toneladas por hectárea cosechada. Estas cifras teniendo a favor, más municipios que los años anteriores y mayor área de cultivo, obteniendo entonces una reducción de la producción del primer semestre alcanzando apenas 15,140 toneladas de lechuga y siendo complementada con 20,150 toneladas de lechuga por la producción del segundo semestre, el cual mejoró su rendimiento con respecto a los años anteriores pero sin alcanzar aun el tope productivo del año 2019 alcanzado con menos área de cultivo, siendo esta producción pasada de 21,390 toneladas de lechuga.

Con los análisis anteriormente realizados, no solo se evidencia decadencia en los cultivos de lechuga de Cundinamarca, sino también una dificultad considerable de equilibrar sus resultados con la gran cantidad de recursos que en teoría debería de tener, es importante recalcar que, no se añadieron a esta comparación municipal cifras del año 2022 por falta de información, sin embargo, en este año la producción decreció aún más oscilando una producción menor a 30 mil toneladas de lechuga anuales. Si se realiza una visión macro de la *Grafica 1* y se complementa con los datos analizados, resalta ver que aun en 2012 Cundinamarca contaba con una producción anual de más de 50 mil toneladas de lechuga anuales, a partir de allí, aunque se han tenido algunos picos de cifras, no solo no volvió a alcanzar aquella elevada cifra, sino que se acompaña también de la tendencia a la baja con la brecha de producción más alta de la última década.

Precedente de entender de una manera generalizada la producción y posicionamiento del cultivo de hortalizas a nivel Cundinamarca y sus comparados directos, es posible y se adentra con el perfilamiento más específico del cultivo de lechuga. Para entender, contextualizar condiciones de cultivo, costos de producción y sustentar la información expuesta, se permite caracterizar el cultivo al asistir al documento actual de cifras económicas e información encaminada a dejar de lado lo global y ver el cultivo de lechuga. En la investigación "Producción de hortalizas: generalidades.",

realizada por Osorio (2018) se identifican las características específicas y utilizables de la lechuga, Osorio define la hortaliza dependiendo su uso, la lechuga es de consumo para ensaladas, planta que provee de alimento, caracterizada por su valor nutritivo, aporte de vitaminas y minerales, bajo en calorías y contenido de materia seca. Así mismo la empresa Núcleo Ambiental SAS y publicado por la cámara de comercio de Bogotá (2015) Donde agrupa y expresa que existen 4 variedades de lechuga; lechuga de cabeza crespá, lechugas mantequilla, lechugas cos o romanas y lechugas sin cabeza de hojas sueltas.

En una manera descriptiva, y proveniente de dos fuentes de información, por un lado, la cámara de comercio de Bogotá (2015) y el instituto nacional de nutrición de Colombia (citado por Osorio, 2018), se comparan las propiedades fisicoquímicas de la lechuga a continuación:

Tabla 6.

Propiedades fisicoquímicas de la lechuga.

Componente	Comerció	Nutrición de Co
Calorías		11g
Agua	88,9g	96g
Proteína	8,4g	0,8g
Grasa	1,3g	0,1g
Carbohidratos	20,1g	3,3g
Fibra		0g
Ceniza		0g
Calcio	0,4g	13mg
Sodio		0g
Fosforo	0,014g	25mg
Potasio		100mg
Hierro	0,0075g	105mg
Tiamina	0,0003g	0,07mg
Riboflavina	0,0006g	0,07mg
Niacina	0,0013g	0,3mg
Ácido ascórbico		3mg
Vitamina A	1,155 u.i	7000u.i

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (cámara de comercio de Bogotá (2015) y el instituto nacional de nutrición de Colombia (citado por Osorio J 2018)).

Si bien no se encuentra presencia en algunos componentes o el mismo pesaje, lo que se puede analizar es que si existe similitud. Dentro de la misma publicación “Manual de la lechuga” hecha

por la cámara de comercio (2015) se presenta la ficha técnica de la lechuga. Entendiendo las generalidades de los 4 tipos de lechuga, bien comparten unas características morfológicas como la forma, en media redondeada según la variedad, de un tamaño de 20 a 30 cm, un peso de 300 gramos aproximadamente, y su color (también dependiendo la variedad) generalmente verdes, aunque algunas presentan hojas blanquecinas o rojizas (p. 13).

En lo que interesa al documento, en un primer recorrido respecto a las condiciones de cultivo y según la fuente del instituto nacional de nutrición de Colombia (citado por Osorio, 2018) menciona características de la lechuga como hortaliza en lo que a su siembra respecta, tiene un piso térmico adecuado de clima frío (1800-2800 metros sobre el nivel del mar), una duración de cosecha de 1 a 3 meses (pp. 7-17). Encuentra y respalda la misma información el autor Montesdeoca P. (2018) citado por la CCB (2015) dentro del mismo rango de los 1800 t 2800 m.s.n.m, más, sin embargo, detallan más las condiciones del suelo, con humedades relativas entre 60 y 70% y zonas de baja recurrencia de vientos, estos mismos suelos tienen unas exigencias agroecológicas, una temperatura adecuada entre los 15 y 20 °C, bajo condiciones de luminosidad controlada requiriendo aproximadamente 12 horas de luz al día. El suelo idóneo es franco- acrílico y arenoso con un pH que oscila entre 5.7 y 5.6, esto en un cultivo convencional (p. 11).

Estas mismas características de clima frío, posicionan a Cundinamarca como mayor productor de lechuga en Colombia, el para asistir de información fidedigna al documento se presentan las estadísticas compartidas de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Para la publicación mensual de su titulado "boletín #63 de insumos y factores asociados a la producción agrícola"(2017) comparte dos características específicas en pro que Cundinamarca se constituya como el territorio ideal de cultivo. La primera corresponde a que el cultivo demanda de manera agroecológica simbra en climas templados y húmedos, y un óptimo terreo de los 1.800 a 2.44 metros sobre el nivel del mar, y su exponente destacada producción oscila entre los 18 y los 22 °C. La segunda estadística compartida por el DANE (2017), expone a Cundinamarca de la siguiente manera:

“en primer lugar con una participación de 39.498 toneladas, correspondiente al 63,34% en el mercado, destacando municipios productores de lechuga como Mosquera, con 7.740 t, Tenjo con 3.174 t, Funza con 2.750 t, Madrid con 2.640 t, y Bojacá con 1.400 t. En segundo lugar, el departamento de Nariño participó con un 16,06 %, con producciones principalmente en los municipios de Ipiales con 4.500 t,

Gualmatán con 3.300 t y Potosí con 2310 t. En el departamento de Antioquia se reportó una participación del 16,03 %, especialmente en los municipios de Sonsón (3.840 t), Santuario (1.320 t) y San Pedro (480 t). Además, otros departamentos registraron participaciones inferiores al 2,00 %, pues en relación con el total, el Valle del Cauca logró un 1,86 %; Norte de Santander, 1,39 %; Boyacá, 0,78 %; Cauca, 0,36 %; Santander, 0,10 %; Risaralda, 0,06 %; Quindío, 0,02 %, y Caldas, 0,01 %”. (p. 2).

En cuanto a los tipos o variedades de lechuga que se cultivan en Cundinamarca, siendo los principales los siguientes:

Lechuga Batavia.

Es una variedad de lechuga versátil, ya que el cultivo de esta puede llevarse a cabo tanto en invierno como en verano. Esta variedad de lechuga es transgénica, como consecuencia de esto, está limitada a ser objeto de exportación a muchos países que aun en 2024 prohíben el comercio de alimentos de esta procedencia. Esta lechuga puede considerarse resistente ante las plagas por la misma intervención genética que ha recibido, por lo que no suele tener problemas en su cultivo a campo abierto siempre y cuando se acompañe de buenas prácticas. Suele tener un ciclo de cultivo de entre 45 a 90 días dependiendo completamente de su entorno. Se considera una de las variedades de lechuga más simplonas, cumpliendo las características y condiciones de cultivo suficientes para satisfacer las necesidades del mercado. (Bayer (pty) LTDA, 2023; Angulo, Agromatica.es, 2024; Agropinos, 2022).

Lechuga cressa.

Considerada como una lechuga de hoja suelta, es una variedad de lechuga que se caracteriza por su alta resistencia y/o duración post cosecha. Alcanza su madurez en un periodo de entre 45 a 60 días. Sus hojas pueden tender a mancharse por la falta de calcio y son muy frágiles al contacto. Es un tipo de lechuga recomendado para que su cultivo se lleve a cabo en un sistema NFT, aunque es compatible también con sustrato o aeropónica. Es una variedad de lechuga, aunque más frágil en su manejo, también es alta en nutrientes, versátil en su cultivo y en su duración post cosecha, es decir, buena para su comercialización.

Lechuga coolguard.

Esta variedad de lechuga es perfecta para los climas fríos que suelen tener las zonas de la sabana de Cundinamarca, es una lechuga resistente y recomendada para cultivar en climas de bajas

temperaturas. Suele tener buenos rendimientos de cultivo, es decir una alta producción. Su tiempo de producción este ente los 60 y 80 días. Puede ser cultivada en cualquier momento del año. Es una buena opción de cultivo de lechuga ya que, si es cierto que cuenta con un tamaño máximo mediano, esta suele tener una gran expansión de sus hojas, su valor nutricional es alto y es una lechuga fuerte en su producción por lo que es una variable sólida para cultivar por lo predecible que incluso puede llegar a ser su desempeño en el cultivo de un área abierta. (Bayer (pty) LTDA, 2023; Angulo, Agromatica.es, 2024; Agropinos, 2022).

Condiciones normales de cultivo de lechugas.

Durante la germinación del semillero de cultivo, se recomiendan unas temperaturas de entre 18 a 20°C. La lechuga requiere un contraste de temperatura entre el día y la noche, siendo del día entre 14 y 18°C, y en la noche de 4 a 8°C. Para el abono del suelo, o nutrición de la lámina de agua en donde se planta, se requiere entre un 1,5 a 3% de materia organica para su crecimiento optimo. Este cultivo requiere un riego constante para mantener su humedad entre un 60 u 80%. (Bayer (pty) LTDA, 2023; Angulo, Agromatica.es, 2024; Agropinos, 2022).

Adicional a la información presentada es oportuno añadir que, hay más variedades de lechuga en el cultivo llevado a cabo en Cundinamarca, sin embargo, estas son sub-variaciones transgénicas de las mencionadas en la anterior tabla, algunas de estas son; Lechuga verde crespa, lechuga crespa vera, lechuga Batavia Simpson, lechuga Batavia colguart. (Ministerio de agricultura, 2022).

A pesar de que la lechuga es un tipo de cultivo con versatilidad general, es cierto que en las zonas en las que se encuentran los cultivos de esta en Cundinamarca, son zonas consideradas como regularmente frías tropicales, lo que conlleva una a tener pronósticos muy inexactos del clima, esto ha de tener como consecuencia que en ocasiones se opte por cultivos de lechuga transgénica, ya que se entiende como importante, cumplir con metas altas de abastecimiento del producto en el país, aunque son cultivos fortalecidos con cruces genéticos y también tengan alta resistencia a temperaturas y recepción directa del sol, estas en un entorno abierto, siguen expuestas amenazas que también está en constante adaptabilidad para afecta de diferentes formas los cultivos de lechuga. También entran en juego las prácticas de manipulación que han de tener los encargados de llevar a cabo la plantación inicial de la lechuga y los trasplantes de estas.

En cuanto al costo de producción de la lechuga se tiene en cuenta desde la preparación del terreno hasta el proceso de empaque y transporte, por lo tanto SIPSA (sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario) (citado en DANE, 2017) realiza el informe sobre el cultivo de lechuga Batavia en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) donde destaca el proceso de preparación del terreno, el cual se caracteriza por tener un sistema radicular superficial, demanda un suelo suelto a poca profundidad. Para lograr esta condición, se recurre al uso de maquinaria, específicamente un tractor equipado con arado y rastrillo. Estas labores se ejecutan aproximadamente 30 a 40 días antes de la siembra, con una inversión de 3 a 5 horas/máquina por hectárea en cada una de las actividades. (p. 3).

Luego de ello, se lleva a cabo una parcelación que también implica el uso de maquinaria, específicamente una parceladora. Esta herramienta divide el terreno en surcos y determina los espacios necesarios entre cama y cama para realizar diversas labores culturales, el riego y la cosecha. Esta fase requiere una inversión de 2 horas/máquina. Es importante resaltar que, durante la preparación mecanizada del suelo con la parceladora, el productor incorpora cal dolomita con el objetivo de neutralizar la acidez del suelo. Este proceso no solo facilita la asimilación de nutrientes por parte de la planta, sino que también contribuye a la desinfección contra hongos, bacterias e insectos plagas. La aplicación de cal dolomita implica el uso de 500 kilos por hectárea, y este acondicionador se transporta y distribuye con la participación de 4 jornales. Este procedimiento no solo mejora las condiciones del suelo, sino que también fortalece la salud y rendimiento de la lechuga Batavia durante su ciclo de crecimiento.

Tabla 7.

Costos de la preparación de una hectárea de tierra para cultivo de lechuga en Mosquera.

Costos directos	Cantidad	Unidad	Valor/unidad	Valor total
Arada	3,0	Hora-maquina	40.000	120.000
Rastrillada	5,0	Hora-maquina	40.000	200.000
Parcelada	2,0	Hora-maquina	40.000	80.000
Aplicación enmienda	4,0	Jornal	35.000	140.000

Aplicación de abono	8,0	Jornal	35.000	280.000
Siembra	20,0	Jornal	35.000	700.000
Aplicación de fertilizantes	10,0	Jornal	35.000	350.000
Aplicación de fertilizantes foliares	2,0	Jornal	35.000	70.000
Aplicación de fungicidas e insecticidas	18,0	Jornal	35.000	630.000
Aplicación de herbicidas	4,0	Jornal	35.000	140.000
Aporques	28,0	Jornal	35.000	980.000
Deshierbas	26,0	Jornal	35.000	910.000
Riego (operario)	4,0	Jornal	35.000	140.000
Cosecha (recolección, clasificación, empaque, pesaje y cargue)	60,0	Jornal	35.000	2.100.000
Transporte de insumos	1,0	Contrato	400.000	400.000
Insumos				
Semilla	70.000	Plántula	22	1.540.000
Abono orgánico	4.000,0	Kilo	200	800.000
Enmienda	500,0	Kilo	151	75.500
Fertilizante edáfico	1.400,0	Kilo	1.432	2.004.800
Fertilizante foliar	100,0	Kilo	1.600	160.000
Insecticidas	18,0	Litros	22.556	406.008
Fungicidas	6,0	Kilo-litro	20.667	124.002
Coadyuvante	2,0	Litro	20.000	40.000
Herbicidas	1,0	Litro	120.000	120.000
Empaque	250,0	Canastilla	11.000	2.750.000
Costos directos	Cantidad	Unidad	Valor/unidad	Valor total
Arrendamiento	3,0	Hectárea/mes	100.000	300.000
Administración	3,0	Hectárea/mes	100.000	300.000

Tarifa de agua	3,0	Hectárea/mes	5.200	15.600
Combustible para el riego	4,0	Hectárea/ciclo	80.000	320.000
Alquiler de equipo de riego	4,0	Hectárea/ciclo	80.000	320.000
Análisis de suelos	0,25	Hectárea/ciclo	180.000	45.000
Costo total				16.560.910
Costo proyectado IPC 2023				23.530.967

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (DANE, SIPSA. 2017).

En el siguiente paso del ciclo de producción de lechuga Batavia en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), después de la preparación del suelo y la aplicación de cal dolomita, se procede al trasplante de plántulas cuando alcanzan entre 8 y 10 cm de altura o tienen de 3 a 4 hojas bien formadas. Estas plántulas se obtienen del vivero aproximadamente 30 días después de la germinación. El costo asociado a la adquisición de 70,000 plántulas de la variedad Batavia para una hectárea totaliza \$1,540,000.

La labor de siembra implica 20 jornales, abarcando el trasplante, tapada y marcación de las ubicaciones definitivas de las plántulas. Estas se disponen a una distancia de 30 por 30 cm en surcos de 1.4 m, con una separación de 40 cm entre surcos. El suministro de agua proviene del distrito de riego La Ramada mediante un canal de captación, dirigido al sitio de siembra a través de una motobomba que funciona con combustible. Este sistema de riego, que implica un jornal de 35.000 dólares, más 160.000 de combustible y costos asociados al alquiler del equipo y una tarifa mensual de \$5.200 por hectárea al mes, se activa inicialmente tras la siembra y varía después según las condiciones de precipitación durante el cultivo.

En cuanto a la fertilización, se realiza un análisis de suelo anual por \$180,000 por hectárea, lo que determina la aplicación de 4 toneladas de gallinaza por hectárea, con un costo total de \$45,000 por ciclo. Además, se aplican fertilizantes edáficos y foliares en dos etapas durante el ciclo del cultivo, empleando un total de 28 bultos de 50 kilos y 100 kilos de nitrato de amonio por hectárea,

respectivamente. Estas aplicaciones generan costos en mano de obra y materiales. Las actividades culturales, como aporques y deshierbas, demandan 28 y 26 jornales por hectárea, respectivamente, con costos totales de \$980,000 y \$910,000. El control químico de plagas, enfermedades y malezas involucra 24 jornales por hectárea, utilizando diferentes productos aplicados con bomba manual de espalda.

Finalmente, la cosecha, que se lleva a cabo 90 días después del trasplante, requiere 60 jornales, con un costo total de \$2,100,000. El producto se clasifica, pesa y se carga en camiones para su venta a comercializadores, quienes luego lo llevan a la central de Corabastos en Bogotá. En cuanto a los costos indirectos, se menciona el arriendo del terreno a \$100,000 por hectárea al mes, costos administrativos de \$100,000 por hectárea al mes, y una tarifa de \$5,200 por hectárea al mes por el servicio del distrito de riego.

Un estudio detallado de las características del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca revela una historia rica y compleja, desde la geografía hasta la economía local. Este capítulo proporciona un análisis integral de la importancia económica y sociodemográfica de Cundinamarca en el contexto nacional, destacando su posición dominante en el sector agrícola y su contribución al producto interno bruto (PIB) de Colombia. El perfil sociodemográfico de Cundinamarca muestra un entorno geográfico diverso y favorable a la producción agrícola, donde las diferentes condiciones climáticas y suelos favorecen una amplia gama de cultivos, incluida la lechuga. Además, la presencia de recursos hídricos como los ríos Magdalena y Bogotá proporciona un entorno favorable para la agricultura local.

El análisis del PIB del Ministerio destaca el papel fundamental de la agricultura, la ganadería y la pesca en la economía de Cundinamarca, el segundo sector en PIB después de la manufactura. Este posicionamiento económico enfatiza la importancia estratégica del cultivo de lechuga y su contribución al desarrollo económico regional. Sin embargo, a pesar de su importancia histórica y económica, el cultivo de lechuga en Cundinamarca ha experimentado un importante descenso en los últimos años, perdiendo su posición de liderazgo a nivel nacional frente a los departamentos de Antioquia y Nariño. Este cambio en el panorama agrícola pone de relieve la necesidad de adaptación y mejora continua de las prácticas agrícolas en Cundinamarca. El análisis detallado de los datos de cosecha y rendimiento por municipio muestra fluctuaciones en la producción de lechuga a medida que aumenta o disminuye el número de hectáreas plantadas y cosechadas y el

rendimiento por hectárea. Se han hecho esfuerzos para aumentar la producción, especialmente ampliando la superficie de cultivo, pero los resultados aún no han alcanzado niveles óptimos y, por lo contrario, muestran una tendencia bajista como no se había visto en los últimos 10 años.

Este capítulo resalta la importancia del cultivo de lechuga en la provincia de Cundinamarca, tanto desde el punto de vista económico como sociodemográfico. Aunque enfrenta desafíos importantes como la disminución de la producción, la competencia de otros sectores, los elevados costes productivos que los campesinos han de asumir para la preparación de sus tierras para producir lechugas, este tipo de cultivo sigue siendo una parte importante de la estructura agrícola y económica de la región.

Capítulo 2: Tipologías de granjas y cultivos verticales en contenedores.

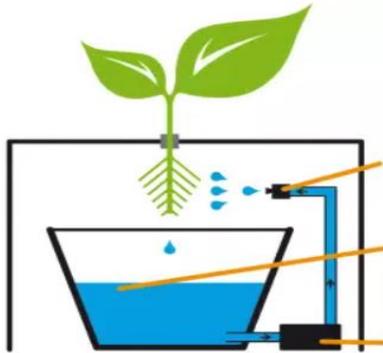
En continuidad y alineado con el segundo objetivo, es necesario que se adentren en el análisis de las tipologías de granjas y cultivos verticales empleadas en el cultivo de hortalizas, y en la correspondiente adaptación de un sistema de cultivo vertical en contenedores. Por tanto, es importante conocer la definición de granjas verticales, estas operan en estructuras como edificios o rascacielos especialmente diseñados para la producción agrícola, acuícola o ganadera en su interior. Aunque el concepto de granjas verticales ha sido explorado durante décadas, recientemente se ha demostrado su viabilidad económica. Empresas dedicadas a este sector están logrando cosechas de productos en un tiempo significativamente más corto que en el campo, con periodos de crecimiento de hasta 16 días en lugar de los 30 habituales. Además, este método utiliza un 95 % menos de agua y un 50 % menos de fertilizantes, y elimina el uso de pesticidas, herbicidas y fungicidas. (Díaz, C. González, E. Sención, G. González, 2016, p. 3).

No obstante, las granjas verticales son una innovadora forma de producción agrícola que se clasifica en tres tipos según el tipo de edificio donde se ubican: rascacielos, almacenes y contenedores. En primer lugar, los rascacielos se diseñan específicamente para albergar la agricultura en sus múltiples pisos, aprovechando la luz natural y a menudo incorporando energía renovable para reducir su impacto ambiental. Por otro lado, las granjas verticales en almacenes se adaptan a edificios existentes, dependiendo en gran medida de la iluminación artificial. Finalmente, las granjas verticales en contenedores son unidades móviles que se pueden transportar e instalar en diferentes lugares, también dependiendo de la iluminación artificial (Be Origen, 2023), es importante resaltar que este se enfatiza en la última clasificación en contenedores ya que es un método más viable y efectivo para el funcionamiento de un cultivo vertical por lo cual se expone a continuación.

El funcionamiento de las granjas verticales según el artículo de Be Origen, (2023) depende del tipo de sistema de cultivo que utilicen. A continuación, se describen los principales sistemas de cultivo utilizados en las granjas verticales y cómo funcionan:

Sistema hidropónico; en este sistema, las plantas se colocan en bandejas o tubos con un sustrato inerte que sostiene sus raíces. El agua con los nutrientes necesarios circula por el sistema y se recicla constantemente. El exceso de agua se recoge en un depósito y se reutiliza.

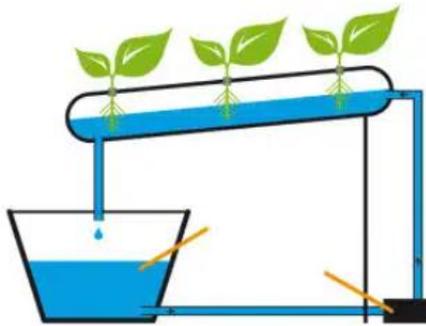
Sistema aeropónico; en este sistema, las plantas se suspenden en el aire y sus raíces quedan expuestas. El agua con los nutrientes se pulveriza sobre las raíces mediante boquillas o nebulizadores. El exceso de agua se recoge en un depósito y se reutiliza.



Sistema Hidropónico Aeroponia

Figura 7. Sistema de cultivo aeropónico. Fuente (Verdegen, 2017).

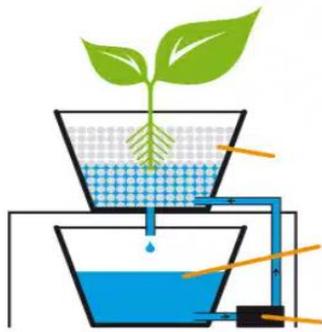
Sistema NFT (Nutrient Film Technique); en este sistema, las plantas se colocan en canales inclinados con un pequeño flujo de agua con nutrientes que pasa por debajo de sus raíces. El agua se recircula constantemente por el sistema.



Sistema Hldropónico NFT

Figura 8. Sistema de cultivo NFT. Fuente (Verdegen, 2017).

Sistema DFT (Deep Flow Technique); en este sistema, las plantas se colocan en canales con un flujo mayor de agua con nutrientes que cubre parcialmente sus raíces. El agua se recircula constantemente por el sistema.



Sistema Hidropónico de flujo y reflujo

Figura 9. Sistema de cultivo DFT. Fuente (Verdegen, 2017).

Además de estos sistemas de cultivo, las granjas verticales suelen utilizar iluminación artificial mediante lámparas LED para proporcionar la luz necesaria para la fotosíntesis. También cuentan con sensores y dispositivos que monitorizan y regulan las variables ambientales de las plantas, como la temperatura, la humedad, el CO₂ y el pH [T2]. En resumen, las granjas verticales funcionan mediante sistemas de cultivo innovadores que permiten producir alimentos de manera eficiente y sostenible en espacios verticales, aprovechando al máximo los recursos disponibles.

En cuanto a los cultivos hidropónicos, se identifica esta como la técnica predilecta de cultivo para hortalizas después del cultivo al aire libre con sustrato. El cultivo hidropónico obtiene su mayor impulso probablemente en los años 60, ya que fue en esta época en la que fue creado el sistema de cultivo NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de flujo laminar de nutrientes) por el Dr. Allan Cooper en Inglaterra. Esta técnica de cultivo usa de base la hidroponía y está destinada al cultivo principalmente de hortalizas a medianas y grandes escalas de producción al interior de invernaderos. Esta técnica de cultivo tiene consigo varias ventajas, entre estas se pueden encontrar altas mejoras en los rendimientos de producción, la constante oferta de agua y nutrientes que da el sistema de cultivo a las hortalizas, permite que estas crezcan sin estrés dotando de mejores tiempos productivos del cultivo en cuestión, mejorando su calidad y por ende promoviendo la posibilidad de aumentar los ciclos de cultivo, en este caso, de lechugas proyectado para el año, es decir, si para el año se proyectan 2 ciclos de cultivo, un sistema NFT abre posibilidades a que pueda haber un tercer o cuarto ciclo de cultivo. Sin embargo, aunque este sistema de cultivo ofrece un mayor flujo de agua y de nutrientes al cultivo, no significa que el uso de agua aumente en este tipo de cultivo,

por lo contrario, el sistema NFT presenta un esquema destinado a bombear el agua por medio del cultivo, reutilizando así el agua y los nutrientes que llegan a las hortalizas eliminando también el uso de fertilizantes. (INCAP, 2006; Rosado, 2022).

En este orden de ideas y con el objetivo de aterrizar el funcionamiento de un sistema de cultivo NFT, se contará con el apoyo del Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT del año 2016, en este se encuentra la siguiente representación gráfica de un sistema NFT.

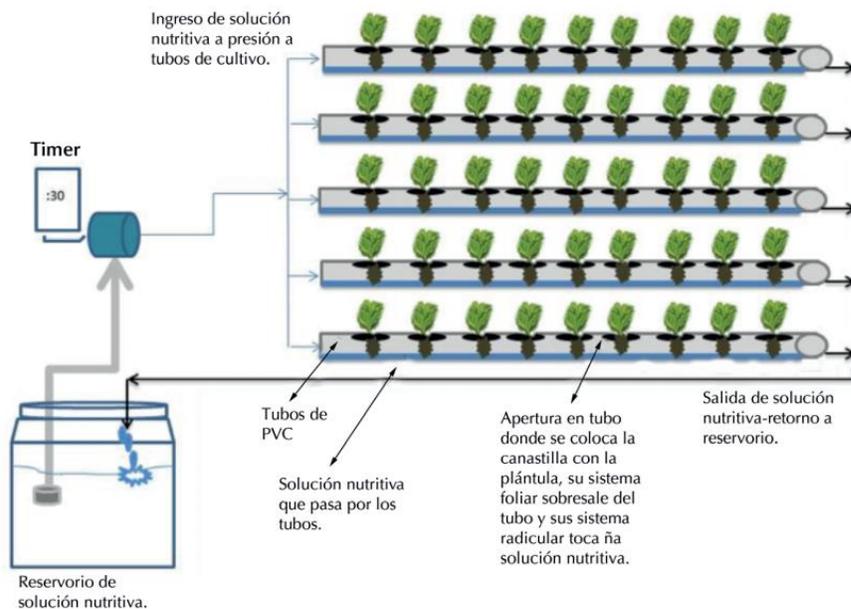


Figura 10. Esquema ilustrativo de sistema NFT, no está a escala. Fuente (Peralta & Morales, 2014, p.9).

En la imagen anterior como ya se mencionó, se aprecia un sistema de cultivo NFT donde, inicialmente, se identifica que es un tipo de cultivo que se puede llevar a cabo en forma de estantería siendo entonces ya funcional para el aprovechamiento del espacio en invernaderos. Se observa que las lechugas se cultivan, en este caso en canastillas que luego son introducidas en pequeños orificios ya hechos en tubos de PVC, estos tubos no han de ser exclusivamente tubos, se puede optar por un sistema de láminas, lo importante es que este tipo de estantería permita sostener sólidamente la lechuga u hortaliza en cuestión y sea cavitada para que en su interior pueda fluir la solución nutritiva que actuara como sustrato para el cultivo de la lechuga. Con esto planteado, se

entiende entonces que el sistema NFT reemplaza el sustrato tierra por una solución de agua y nutrientes, solución que se almacena en un reservorio el cual cuenta con una bomba, esta será encargada entonces de, cada cierto tiempo bombear el agua a través de todas las láminas o tubos de agua para alimentar a todas las lechugas y luego de esto retornara al reservorio, disminuyendo al máximo el desperdicio, reutilizando el valioso recurso que es el agua y al no contar con el uso del suelo, no se está deteriorando la fertilidad del suelo de cultivo tradicional.

Es muy importante tener en cuenta que este sistema de cultivo, está destinado a ser usado en invernaderos, lo que da a entender que se proyecta como un cultivo que tendrá un ambiente controlado, totalmente independiente de las variaciones climatológicas naturales de las zonas de cultivo al aire libre, esto no solo reduce el riesgo a la adquisición de plagas, también reduce el uso de pesticidas y permite tener un mayor control de la calidad del cultivo al poder ofrecerle las mejores condiciones para su desarrollo. En este orden de ideas, ya se cuenta con la información de al parecer, la mejor forma de cultivar lechugas, sin embargo, aún es necesario comprobar su eficiencia y determinar si la capacidad de integrar estas técnicas de cultivo al interior de un contenedor de carga como se ha planteado en el presente trabajo. Para ello, se ha llevado a cabo una investigación y se han encontrado 2 empresas a nivel mundial que actualmente se especializan en crear granjas en contenedores de carga, dedican estas prácticas de cultivo a hortalizas y forrajes (diferentes tipos de césped para el alimento del ganado), estas empresas son Growspec y Vertical Crop Consultants. Para la presente investigación, se usará principalmente la información que ofrece la empresa Vertical Crop Consultants ya que estas llegan a ser más detallada.

La empresa Vertical Crop Consultants es una empresa americana, dedicada a la asesoría de cultivos verticales y se encarga de diseñar granjas a medida según la solicitud o requerimientos de los clientes, con el fin de potenciar la producción de sus granjas y ayudar a granjeros a crecer en el campo agrícola. El producto estrella de la empresa es Cropbox, como lo describen, es “un sistema de cultivo todo en uno” al interior de un contenedor High cube convencional de 40 pies. La empresa presenta a Cropbox como un espacio de cultivo de 0,4 hectáreas (un acre) de terreno de cultivo convencional siendo este uno de los sistemas de negocio de mayor rendimiento en el mercado. El modelo de negocio de Vertical Crop Consultants con Cropbox se divide en dos partes, por un lado, diseñan a medida del cliente el contenedor de cultivo y lo alquilan al cliente final, o también dan la opción de comprar el contenedor en cuestión y suministran al cliente final todos

los insumos requeridos para el mantenimiento del mismo. Adicional a la información anteriormente suministrada, es oportuno mencionar que uno de los valores agregados que ofrece esta empresa, es el de controlar y medir los diferentes parámetros al interior del contenedor desde el celular, sin embargo, antes de dar continuidad a los números que Cropbox nos comparte en cuanto a los resultados de cultivo de lechugas, es necesario conocer que sistema de cultivo es implementado por ellos al interior de los contenedores de carga.

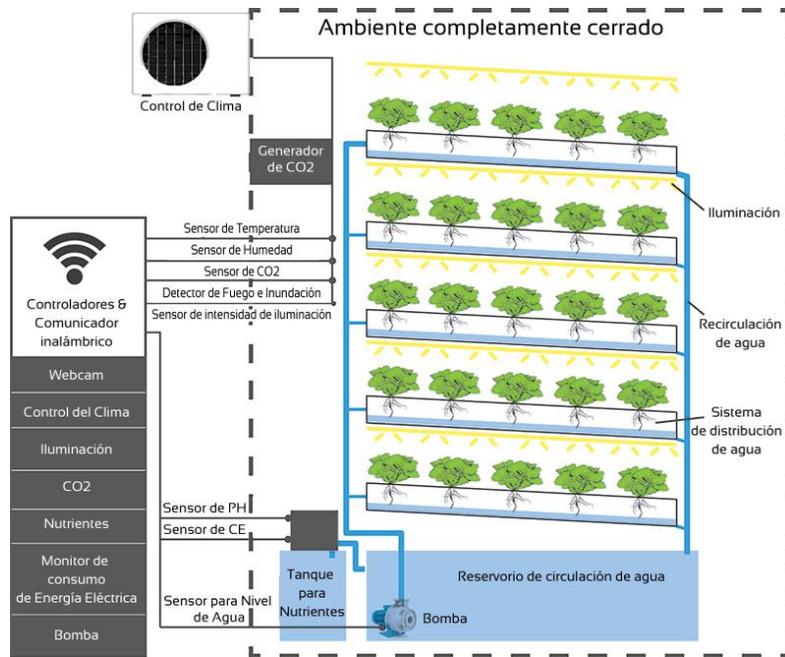


Figura 11. Sistema de cultivo de lechugas al interior de Cropbox Fuente (Cropbox, 2017).

La imagen anterior representa el sistema de requerimientos y el esquema del funcionamiento del cultivo al interior del contenedor de cultivo Cropbox. En principio se identifica que es un tipo de cultivo vertical, hidropónico apoyado del método NFT como se ha revisado anteriormente, en este se encuentran las lechugas cultivadas en estanterías apiladas una sobre otra, cada una de estas estanterías están ubicadas estratégicamente con cierto grado de inclinación con el objetivo de facilitar la circulación del agua que fluye al interior de estas laminas hidropónicas. Adicional a lo anterior se identifican muchísimos más componentes que hacen del interior del contenedor sin duda un invernadero; iniciando por un sistema de luces que se ubican siempre por encima de cada una de las lechugas, luces que funcionan con energía renovable y que están calibradas con el fin de simular en la mayor medida posible la iluminación solar necesaria para el crecimiento de cada lechuga. El interior del contenedor también se rodea de sensores y controles que permiten

monitorear y ajustar el clima del interior, disminuyendo la variación de temperatura que suelen sufrir los cultivos al aire libre. Por último, era de esperar que un sistema como este contará con el reservorio de agua, donde se expulsa bombeada el agua a circular por el sistema de cultivo y a su vez también recibe y recircula el agua luego de que esta haya recorrido las estanterías de cultivo, ajeno a este reservorio se encuentra el tanque de nutrientes, sitio por el que el agua estará en constante fusión con lo requerido para no solo hidratar sino también nutrir cada una de las lechugas.



Figura 12. Cultivo de lechugas al interior de un contenedor de carga. Fuente (Foshan GrowSpec BioTech Co., Ltd, 2024).

Según Cropbox, cada parte de este sistema de cultivo puede ser monitoreada al 100%, usa un 90% menos de agua en comparación con otros tipos de cultivo y según los estándares de cultivo de lechuga, entre otros datos interesantes sobre el cultivo que se mencionan a continuación:

Tabla 8.

Datos de cultivo en un contenedor Cropbox.

Cropbox	
Ciclos de cosecha	8
Producción continua anual	SI
Producción garantizada	SI
Producción por acre (0,4 hectáreas)	1,347 toneladas

Uso de agua anual	27,000 galones
Uso de fertilizantes / Acre	80% menos

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Cropbox, 2017).

Basado en los anteriores datos, se puede estimar (teniendo en cuenta que los datos siempre han de ser dependientes a más pruebas) que el ahorro de recursos fundamentales como agua y fertilizantes es enorme y resaltan sin duda los resultados numéricos productivos con respecto al espacio de la cosecha, demostrando que se aprovecha el espacio al máximo al interior del contenedor, que este es capaz de ser preparado para potenciar las cualidades de un cultivo al máximo para producirlo con máxima calidad y en tiempos muy reducidos. Adicionalmente, Cropbox menciona la capacidad que tienen estos sistemas de contenedores, de ser apilados hasta un máximo de 5 contenedores para así entonces aumentar el espacio de cultivo y como consecuencia de ello, aumentar considerablemente la producción de, en este caso, lechugas.

Costo de producción de lechuga en contenedor.

Una vez revisado las alternativas de cultivo vertical, se ha determinado que el proceso de productivo más eficiente para cultivar al interior de un contenedor de carga, es el sistema NFT, este ya ha sido probado y puesto en acción por las empresas americana anteriormente mencionadas (Growspec y Cropbox), sin embargo no hay información pública aun de parte de estas empresas con respecto a los artículos requeridos para el montaje del invernadero al interior de los contenedores, insumos u otros factores que han de intervenir para la producción de las lechugas. Con base en esto se ha optado por llevar a cabo la investigación de los costos promedio que suelen tener los sistemas NFT de cultivo de lechugas, por lo cual se identificaran artículos esenciales para la construcción de las estructuras de estos cultivos, se indagara en los costos de la materia prima (plántulas, fertilizantes, entre otros), costos variables incluyendo el del contenedor que será adaptado para el cultivo de las lechugas.

Para el desarrollo de la investigación de costos en cuestión, se asistirá de tres diferentes trabajos de grado publicados, donde en específico se desarrolla la realización de cultivos con el sistema NFT anteriormente explicado. Uno de los primeros costos para tener en cuenta es el del contenedor, es preciso reiterar que, para este proyecto, el elegido fue el contenedor marítimo de carga estándar de 40 pies. Para esto se ha investigado en los principales market place públicos donde se puede encontrar el precio de estos contenedores, es importante recalcar que este se ha cotizado como un

contenedor de segunda mano ya que la idea es aprovechar la vida útil de estos contenedores al máximo.

Tabla 9.

Precios de contenedores de 40 pies usados.

Proveedor	Valor
Mercado libre	\$ 10.500.000,00
Mercado libre	\$ 11.500.000,00
Econtainers	\$ 12.800.000,00
Promedio	\$ 11.600.000,00

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (econtainers, 2024; Mercado libre, 2024).

Los costos anteriores ponen al contenedor como probablemente una de las partes más costosas del presente proyecto, es importante añadir que este ha de sufrir una adaptación interna y seguramente un proceso de limpieza y esterilización para compatibilizar su composición con el de un entorno óptimo para la producción de alimentos perecederos de rápido crecimiento y consumo como lo es la lechuga.

En un primer acercamiento y evaluando el trabajo de especialización titulado “Plan de negocios para un sistema hidropónico localizado en el municipio de Suesca (Cundinamarca)” (Ladino Cintura, 2022), explica que el objetivo de desarrollar un sistema NFT, garantiza una producción controlada y escalonada, el significado de lechugas frescas durante todo el año, optimiza la mano de obra. El montaje del sistema NFT va a ser dentro de un invernadero en metal de 60 m por 27m, por eso dentro del documento se encuentra un cronograma basado a las actividades a desarrollar. Es de aclarar que la única información relevante útil, es la de los costos del montaje del sistema, puesto que no se va a montar el concepto de invernadero dentro del contenedor. De la extensión de toda la información expuesta, se opta por extraer los costos de las actividades 4 que expone la contratación del personal necesario, y la actividad 5 que consiste en el diseño y montaje del cultivo de 6720 plantas en camas del sistema NFT de 420 plantas c/u, que incluye: 16 tubos de siembra, 6720 perforaciones, tapones de caucho, micro conectores, microtubo de llenado y manguera de drenaje. El montaje de este se prevé para un invernadero en el que se necesita un lote de 3.200 mt², y se involucran costos de adaptación del terreno, nivelación, baños y vistieres, comedores, puntos

de hidratación y elementos sin fin, característicos de un cultivo convencional, pero es innecesario evaluarlos o exponerlos en este documento pues con la adaptación dentro del container de 40 pies con el sistema de cultivo vertical dentro de un metraje pequeño, se prescindirán de algunos costos mencionados (pp. 6-17).

Por lo anterior expuesto, en beneficio al desarrollo del documento, a continuación, se expone una tabla que detalla los accesorios o requerimientos para la estructura interna del invernadero propuesto para el contenedor de carga:

Tabla 10.

Cotización de materiales para invernadero al interior del contenedor de carga.

Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tanques 1000 cc	2	\$ 480.000	\$ 960.000
Electro bomba 1 hp (sistema de riego por unidad de 16 camas incluye: filtros, bomba 1 hp, temporizador, tanque de 1000 lt, accesorios de PVC y manguera, registros, t, codos, uniones, tubería de llenado y drenaje camas, manguera, etc.)	1	\$ 1.614.000	\$ 1.614.000
Filtro de anillos 2"	1	\$ 195.000	\$ 195.000
Manguera flexible 1" x 100 mts	1	\$ 490.000	\$ 490.000
Manguera 12 mm x 200 mts	1	\$ 75.000	\$ 75.000
Manguera 16 mm x 100 mts	2	\$ 85.000	\$ 170.000
Manguera 6 mm x 100 mts	1	\$ 55.000	\$ 55.000
Registro 15 mm	32	\$ 4.400	\$ 140.800
Registro 2"	3	\$ 19.000	\$ 57.000
Swicht flotador	1	\$ 65.000	\$ 65.000
Teflón x rollo	3	\$ 4.000	\$ 12.000
Universal 2"	8	\$ 19.000	\$ 152.000
Obturador 16"	54	\$ 800	\$ 43.200

Limpiador tubería PVC frasco	1	\$ 39.000	\$ 39.000
Cheque 2"	2	\$ 95.000	\$ 190.000
Galón de vareta	7	\$ 20.000	\$ 140.000
Amarre cremallera americana x 100 und	32	\$ 25.000	\$ 800.000
Lbs puntilla 2 1/2"	76	\$ 4.000	\$ 304.000
Sistema de sebamiento	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Bujes de 2 a 1 1/2"	4	\$ 2.200	\$ 8.800
Mano obra marcado y preformación	256	\$ 2.500	\$ 640.000
Mano obra limpiar, cortar, pintar	221	\$ 3.500	\$ 773.500
Limpieza y pintura	58	\$ 2.000	\$ 116.000
Mano obra adecuación riego	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Luz led de crecimiento con 225 luces led	50	\$ 156.000	\$ 7.800.000
Total general			\$ 16.590.300
Total proyectado IPC 2023			\$ 23.572.726

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Ladino Cintura, 2022, Amazon, 2024).

En adición a los costos relacionados anteriormente, en el trabajo citado anteriormente, también se encuentra relacionado un costeo que será de utilidad para el presente proyecto, relacionado con el control fitosanitario proyectado para el invernadero en cuestión, fertilización del agua con el que se nutrirán los cultivos y los equipos necesarios para ello.

Tabla 11.

Control fitosanitario y desinfección.

Concepto	Cantidad	Valor unitario
Peróxido de hidrogeno x 4 lt uso agrícola 4 und	1	\$ 20.000
Extracto de neem x 1 lt 4 und	1	\$ 66.000
Extracto de tomillo x 1lt 4 und	1	\$ 44.000
Antracop x 1lt 4 und	1	\$ 50.000
Sili rey por 1 lt 8 und	2	\$ 53.000

Jabojin x 1 lt 8 und	2	\$ 60.000
Total costo mensual control y desinfección		\$ 293.000
Total proyectado IPC 2023		\$ 416.316

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Ladino Cintura, 2022).

Tabla 12.

Insumos de fertilización.

Fertilización		
Nutrientes hidropónicos para para producción de lechuga en presentación granulada de 2 kg aprox rinde 1000 l de agua. (se estiman 4 kits mensuales x cada 16 camas)	20	\$ 27.000
Estabilizador de ph para subir (corrector de ph alcalino) por 1 lt (se estima 1 lt bimensual)	2	\$ 10.625
Estabilizador de ph para bajar (corrector de ph acido) por 1 lt. (se estima 1 lt bimensual)	2	\$ 10.625
Total, costo fertilización		\$ 48.250
Total proyectado IPC 2023		\$ 68.557

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Ladino Cintura, 2022).

Tabla 13.

Equipos necesarios para la fertilización del agua.

Equipos necesarios		
1 medidor de ph digital a prueba de agua recalibrable ph-80, 1	1	\$ 178.000
Medidor de conductividad digital a prueba de agua recalibrable com-80,	1	\$ 140.000
1 termohigrómetro digital,	1	\$ 60.000
4 galones para preparación de solución madre,	4	\$ 5.600
2 probeta plástica 100 ml	2	\$ 20.000
Total, equipos		\$ 403.600

Total proyectado IPC 2023	\$ 573.465
----------------------------------	-------------------

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Ladino Cintura, 2022).

Con los datos anteriores se alcanza entonces un total de inversión inicial para el montaje y casi funcionamiento del sistema NFT de cultivo de \$ 17,335,150 COP. Así mismo Ríos, García, & Tarazona, (2021) en su trabajo de grado realizado para la universidad del Rosario, titulado “Proyecto de Emprendimiento de Cultivo de Lechugas Hidropónicas Utilizando la Técnica de Película Nutritiva o NFT”, exponen los costos del montaje de un sistema NFT (así mismo como en el trabajo anterior expuesto). Después de analizado el trabajo de grado, no es necesario adentrar en la versión de la técnica NFT que maneja el documento, pues comparte la misma explicación grosso modo que se ha hecho en el recorrido de este documento. Mas aun y así si es provechoso traer a colación los costos expuestos por las autoras, en su documento se plantea el objetivo de sembrar 6400 plántulas, (distribuidas 5400 lechugas verdes crespas, y 1000 lechugas moradas crespas respectivamente). El montaje requiere de 25 módulos de 1280 lechugas, cada módulo ensamblado por 16 tubos, requieren 5 mesas para la germinación de las 6400 plántulas sembradas dentro de un terreno de 3000 m2. (p. 51)

Con todo y esto anterior generalizado, en el texto mismo texto, proyectan una inversión inicial de 80.000.000\$ COP para todo el proyecto, pero en lo que al documento interesa, el solo sistema NFT proyecta una inversión de 21.397.900\$ COP. Por otro lado, al no contar con lo cotizado en el anterior trabajo en cuanto a la estructura del sistema de estantes de tubos para el cultivo NFT, se ha encontrado que este tipo de estructura de granjas se encuentran a la venta ya prefabricadas por lo que es importante primero dimensionar la presentación en las que estas estructuras son comercializadas, sus capacidades y la cantidad a requerir de estas según la distribución que se identifique como óptima para ser usada al interior del contenedor de carga propuesto de 40 pies. Inicialmente se presentan a continuación las medidas de cada módulo de cultivo. (Ríos, García, & Tarazona, 2021)

Tabla 14.

Medidas de contenedor y estructuras de cultivo en su interior.

Item	Alto	Ancho	Largo
Contenedor de 40 pies	2,59 mts	2,44 mts	12,19 mts

Estructura de cultivo	1,35 mts	51 cm	97 cm
-----------------------	----------	-------	-------

Nota. Elaboración propia. Adaptada de (Icontainers, 2024; Amazon, 2024).

Con base en las medidas anteriores, se ha calculado entonces la cantidad de cuantas estructuras de cultivo se pueden organizar al interior de este, determinando así el uso de dos filas cada una de 10 módulos completos, (20 módulos de 3 niveles cada uno) cada una de estas filas se posicionarán en los laterales del interior del contenedor, permitiendo tener un espacio sobrante a lo largo del contenedor de 2,49 mts para destinarlo a cabinas o sistemas de regulación del invernadero, además dejando también un espacio en el centro formando un pasillo de aproximadamente 1,42 mts. Sin embargo, se ha encontrado que la altura de estos módulos no es suficiente, por lo que se llegó a la conclusión de que se podrían adaptar otros dos niveles de estanterías a cada módulo ya utilizado de 3 niveles, estos módulos idénticos no pueden encontrarse a la venta en presentación de 2 niveles a un precio razonable, por lo que se ha considerado el comprar 14 módulos completos de 3 niveles más (para requerir entonces un total de 34 módulos de 3 niveles), para luego desarmarlos y adaptarlos a solo dos niveles y sobreponerlos a cada uno de los módulos ya acomodados en el interior del contenedor, por lo que quedarían entonces 2 filas de módulos de cultivo de 5 niveles de cultivo fabricados en PVC. Con esta información, se presenta entonces la liquidación de las 3 diferentes cotizaciones realizadas para los módulos de cultivo mencionados.

Tabla 15.

Estimación del valor total de estructuras de cultivo en contenedor.

Proveedores (Amazon)	Precio unit USD	Cantidad	Total USD	TRM	Total COP
Opción 1	\$140,00	34	\$4.760,00	\$ 3.901	\$ 18.568.760
Opción 2	\$474,50	34	\$16.133,00	\$ 3.901	\$ 62.934.833
Opción 3	\$848,00	34	\$28.832,00	\$ 3.901	\$ 112.473.632

Nota. Elaboración propia con la TRM del día 22 de marzo de 2024 y Elaboración propia. Adaptada de (Amazon, 2024).

En cuanto al rendimiento o capacidad de producción que ofrecen estos módulos de cultivo, se establece que cada uno de los módulos originales (3 niveles) viene con la capacidad de cultivar 108 plántulas de lechuga, por lo que, si se ajusta el cálculo a los módulos adaptados de 5 niveles, esta capacidad por modulo aumentaría a 180 lechugas por modulo, teniendo un total de 20 módulos

de 5 niveles, la capacidad de cultivo total del contenedor sería de 3,600 lechugas por ciclo de cultivo (considerando el mejor resultado posible de rendimiento al interior de un invernadero completamente controlado).

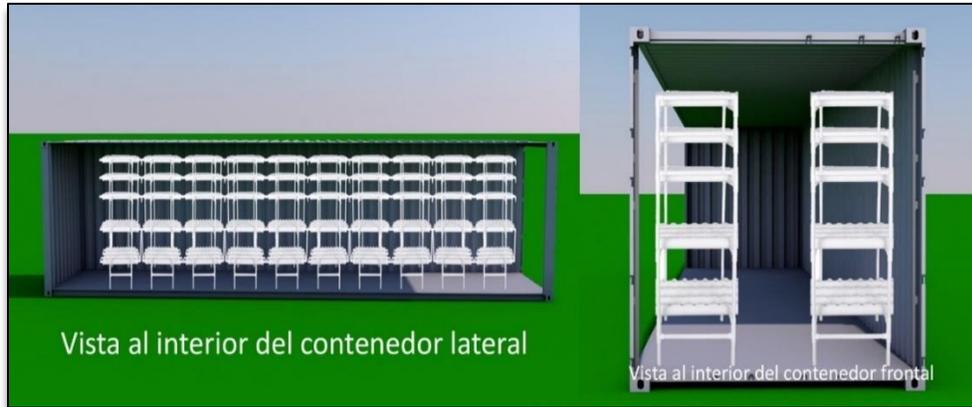


Figura 13. Vistas al interior del contenedor con módulos de cultivo. Render realizado por Daniel Acosta.

Considerando que el peso promedio de una lechuga es de 300 gramos, la cantidad de lechugas requeridas para tener un kilo es de 3.33... lechugas, en este orden de ideas y teniendo en cuenta la capacidad de producción anteriormente mencionada de 3,600 lechugas por ciclo de cultivo, se puede determinar que entonces la producción por cada ciclo sería de 1,081 kilos o casi 1.1 toneladas de lechuga con la versatilidad de que el cultivo de un producto como la lechuga, al verse potenciado por ser cultivado al interior de un invernadero, tendrá notables mejoras de al menos una tercera o cuarta parte de su tiempo productivo dependiendo del tipo de lechuga y proponiendo entonces un aumento de ciclos de cultivo por año, pasando de los 2 ciclos de cultivo que se suelen tener de lechuga al año en agricultura horizontal a poder ser de entre 8 a 10 ciclos de cultivo totales por año.

Hasta el momento, ya se cuenta con el costo de todos y cada uno de los detalles requeridos para la construcción del proyecto propuesto, el proyecto de llevar los cultivos horizontales de lechuga a unos cultivos verticales, en un ambiente totalmente controlado con el fin de potenciar su producción en un menor espacio de cultivo, es decir, potenciar su rendimiento sobre el terreno cultivado y reducir la pérdida de cultivo junto a las demás características que este sistema propone para el medio ambiente, por lo tanto, se determinaron los siguientes costos de montaje,

encontrando su variación como dependiente a la calidad de estructura en PVC que se elija para su desarrollo.

Tabla 16.

Estimación del valor total de diferentes sistemas de cultivo en contenedor.

Precio contenedor	Precios accesorios	Precio módulos PVC	Total
\$ 11.600.000,00	\$ 24.631.064	\$ 18.568.760,00	\$ 54.799.824,00
\$ 11.600.000,00	\$ 24.631.064	\$ 62.934.833,00	\$ 99.165.897,00
\$ 11.600.000,00	\$ 24.631.064	\$ 112.473.632,00	\$ 148.704.696,00

Nota. Elaboración propia. Adaptada de Fuente: Propia.

Una mirada más cercana a los tipos de granjas y los sistemas de cultivo en contenedores verticales revela un panorama apasionante de innovación agrícola. Operando en estructuras diseñadas específicamente para la producción agrícola, las granjas verticales han demostrado su viabilidad económica y su capacidad para optimizar el uso de los recursos. Entre estos sistemas, la hidroponía, especialmente la que utiliza tecnología NFT, se ha convertido en una opción popular y eficiente para el cultivo de hortalizas. Al eliminar la necesidad de tierra y reutilizar agua y nutrientes, el método aumenta significativamente el rendimiento y reduce el consumo de recursos. Adaptados a los interiores de contenedores de carga de empresas como Vertical Crop Consultants y su producto estrella Cropbox, estos sistemas abren nuevas posibilidades para la agricultura urbana y la producción de alimentos en espacios limitados. La lechuga es un cultivo de ciclo corto que se cultiva ampliamente para consumo en fresco, y su cultivo resalta la importancia de elegir sistemas de cultivo adecuados para maximizar la eficiencia y la calidad del producto. Los datos proporcionados por Cropbox muestran un rendimiento de producción impresionante, así como reducciones en el uso de agua y fertilizantes, lo que destaca el potencial de estos sistemas para abordar cuestiones de seguridad alimentaria y sostenibilidad. En resumen, los estudios sobre tipos de granjas y sistemas de cultivo vertical en contenedores brindan información valiosa sobre el desarrollo de la agricultura moderna. Se espera que estas tecnologías no sólo aumenten la productividad y la eficiencia, sino que también reduzcan el impacto ambiental y hagan que los sistemas alimentarios sean más resilientes. Sin embargo, aún se necesita una evaluación comparativa para comprender completamente el potencial del cultivo de lechuga en contenedores

versus el cultivo horizontal convencional al aire libre. La investigación es esencial para determinar qué métodos proporcionan el mejor equilibrio entre eficiencia, calidad del producto y sostenibilidad a largo plazo.

Apoyados en los documentos y las diferentes fuentes de información de las que se ha tomado la información correspondiente al coste inicial de un proyecto de esta magnitud, se identifica una alta inversión económica para la recreación de lo plasmado en los diferentes renders y la puesta en marcha de este cultivo NFT al interior de un contenedor de carga, esta propuesta consta de un aprovechamiento máximo de un contenedor, estructura que se presta pero poder controlar el ambiente al interior del mismo y esto contempla tecnología de vanguardia y conocimiento especializado para la producción de lechugas de alta calidad y en grandes cantidades para el espacio en el que se están produciendo. Este sistema de cultivo ha presentado sin duda algunos aportes fuertes en la reducción de la huella de carbono, reducción de recursos hídricos para la producción de alimento, reducción de químicos dañinos y por sobre todo ha aportado a abandonar el deterioro de la fertilidad de las tierras cundinamarqueses, aun así, entre las desventajas de esta propuesta, como se ha mencionado, radican en la exclusividad de la estructura, los componentes de esta y lo costoso que ha de ser implementar un nuevo sistema de cultivo no visto con anterioridad en el país, por lo que aún es importante llevar a cabo una comparación de rendimientos entre el sistema de cultivo propuesto, frente al cultivo tradicional que aun en la actualidad, se lleva a cabo en las tierras cundinamarqueses para así proyectar el futuro idóneo capaz de abastecer con eficiencia real las necesidades de cada municipio, departamento y por qué no, el país o incluso aportar aún más a promover la exportación de un producto tan demandado como lo es la lechuga.

CAPITULO 3: Cultivo de lechugas en contenedores con granjas verticales frente al cultivo horizontal tradicional.

En la agricultura actual, la búsqueda de métodos eficientes y sostenibles para la producción de alimentos es primordial para enfrentar los desafíos alimentarios. En el caso en los que respecta al documento, delimitando la capacidad productiva de Cundinamarca y replanteando su potencial frente a los mayores competidores a nivel nacional en materia de agricultura. Por ello se propone un enfoque diferente al tradicional planteando así una comparación entre el cultivo vertical en contenedor y el cultivo horizontal convencional en tierra, ambos métodos difieren significativamente en sus técnicas, requerimientos y resultados. Sin embargo, merecen ser explorados y comparados para comprender plenamente su impacto en la producción agrícola y en la sanidad alimentaria. Mientras que el cultivo tradicional en suelo ha sido la práctica predominante durante siglos, el cultivo en contenedor ha surgido como una alternativa innovadora que promete eficiencia, eficacia en el uso de recursos, flexibilidad en la ubicación y potencial para la agricultura urbana. Para el desarrollo de este, se separarán los métodos de cultivo a comparar en tres diferentes aspectos, siendo estos; el impacto ambiental, capacidad productiva y viabilidad económica.

Impacto Ambiental.

En general, el cultivo de una hortaliza, en el caso de la lechuga, requiere de diversas condiciones que hay en los dos cultivos manejados en el documento el vertical y el horizontal. Para comparar el impacto ambiental de ambos cultivos se trae a colación información presente en anteriores capítulos. El objetivo específico es en entender el impacto negativo de esas condiciones de cultivo convencional los cuales al implementar el sistema propuesto de cultivo dentro del contenedor se pueden eludir. En cuanto a impacto ambiental en los cultivos convencionales se encuentran los siguientes malestares: El riego en los cultivos, que se realiza con aguas contaminadas; las plagas presentes en cultivos al aire libre; deterioro del terreno colombiano.

Dentro en lo que respecta al primer malestar, si bien hay diversos métodos de “hidratación” o riego en los cultivos de hortalizas, uno de los más comunes es el método de aspersión. Cuando de cultivo horizontal se habla, se requiere de condiciones específicas, en tanto terreno y control sanitario del agua para que pueda darse. El control del agua o manejo sanitario es mucho más complicado por las mismas condiciones y características del difícil acceso al terreno llevado en horizontal, a sus dimensiones y metrajés. Al menos, como se estudió en la página 5 del documento,

las autoras Campos Pinilla, y Contreras, Leiva, mencionan que el cultivo de lechuga en el centro agropecuario de marengo destaca por tener concentraciones de coliformes fecales, este es un indicador bacteriano en la calidad sanitaria de los alimentos y el agua. Estas bacterias superan las recomendaciones de la OMS, lo que se traduce en el aumento y representación asociada con enfermedades como la diarrea y la hepatitis, esto es significativamente amenazante para la salud pública.

Complementando este apartado en mención, y como se revisó en la sección inicial del documento, la Universidad Nacional de Colombia, realizo un estudio que arroja como hallazgo la concentración de metales pesados como cadmio y plomo en los tejidos de las plantas sometidas al riesgo de agua. El riego se realiza con agua proveniente del rio Bogotá, lo que directamente se relaciona e indica problemáticas para la población que la consume. El producto final (la lechuga), llega a presenciar y exceder en más de un 200% los niveles máximos permitidos por la normatividad colombiana, consecuencia directa en la limitación de su consumo y comercialización.

En referencia a un segundo aspecto, el de las plagas y enfermedades presente en el cultivo convencional. Con anterioridad se asistió del proyecto final el texto de la autora Méndez Sánchez, C, ella afirma la innumerable cantidad de plagas que empiezan en muy pequeños focos de monocultivos. Dichas plagas se caracterizan por reproducirse en los cultivos convencionales puesto a sus grandes y dimensionadas superficies, problemáticas de temperatura no controlada a la intemperie, el tiempo de los ciclos de cultivo, e inclusive alude a los invernaderos como una posible contención a dicho malestar, aun deja en claro que no es exento de la reproducción de plagas. En el mismo proyecto bien aclara que existe la necesidad del constante conocimiento y capacidad del desarrollo del contingente de los patógenos de las plagas. Como con el primer malestar, el segundo indica negativamente el cultivo, así como la posible restricción de comercialización por el no manejo biológico que es evidenciado en hojas deformadas, y transmisión de virus para los consumidores. El anterior análisis es el que ejemplifica que a mayor control específico de los cultivos, menos oportunidad del surgir de las plagas, lo que a comparación con la propuesta del cultivo en invernaderos genera el alivio que se busca. Como se describió en todo el documento, la propuesta es un cultivo completamente controlado, con un sistema de riego el igual es un bombeo de un sustrato tratado en laboratorio, el cual nutre a las plántulas, la temperatura dentro del contenedor es controlable mediante la implantación de tecnología y sistema

de cultivo remoto controlado por una app, y para finalizar su última comparación, el metraje, las dimensiones del cultivo convencional son directamente condicionadas al metraje de la huerta, lo que varía entre dueños de territorio cosechado. En el contenedor se limita a 40 pies y el cultivo se realiza en estanterías lo que facilita su cuidado y control del metraje.

En continuidad con el impacto ambiental; para el tercer aspecto, se identificó que si existe el relativo impacto negativo de los efectos del deterioro del terreno en el cultivo convencional. Con base en la premisa de que no hay significativo avance del cultivo convencional de lechugas, precedente a que continúa la afectación al medio ambiente y el deterioro de la tierra fértil en Colombia, se realizó una investigación respaldada por experiencia de diversas empresas que comparten el problema y encontrar un contingente mejor productividad que el del cultivo convencional estos son característicos del difícil control/manejo adecuado de los cultivos. Mientras más grande el cultivo, mayores gastos y adecuaciones del terreno tiene la producción, las personas a cargo del direccionamiento tienen que controlar más, significado de sin número de condiciones que deben cumplirse para llevar en orden esos contingentes. De manera generalizada dentro de los principios de este documento, Saminef, contextualiza que los contenedores son altamente resistentes a impactos, condiciones climáticas diversas y corrosión, cuentan con un interior impermeable que garantiza la protección de carga, son extremadamente versátiles a la hora de la logística del transporte y su fácil manipulación. En ese punto de inflexión se encuentra la oportunidad de mejorar con la propuesta del cultivo vertical dentro de contenedores.

Es allí donde el implementar un sistema NFT controlado, en un menor metraje (específicamente el de un contenedor de 40 pies), rinde verdaderos impactos beneficiosos para el medio ambiente de la siguiente manera; no deteriorar los suelos, control y manejo de las plagas, no uso de agua contaminada pues es tratada en un laboratorio.

Se abre la posibilidad de que el sustento nutritivo sea correctamente controlado en un laboratorio y por un único personal encargado, se encuentra beneficio en el control de las condiciones climáticas similar a un invernadero, pues la no existencia de lluvia o cambio de temperaturas es el diferencial que beneficia al cultivo. Al no extenderse en el terreno, el medio ambiente es el más beneficiado, no hay existencia de pesticidas corrosivos para el mismo, no hay desperdicios residuales, lo cual se delimita únicamente al control interno del personal del contenedor.

Capacidad productiva y rendimientos.

El rendimiento de los cultivos es un aspecto crítico en la agricultura moderna ya que influye directamente en la rentabilidad de los agricultores y en obtener resultados con un impacto significativo, en el debate sobre qué método de cultivo es más eficiente, el tradicional o el innovador en contenedor, es fundamental analizar cómo cada uno afecta el rendimiento de las cosechas. Este análisis permite evaluar no solo la cantidad de productos obtenidos, sino también la calidad, la consistencia y la sustentabilidad del proceso agrícola en su conjunto.

Para la comparación de estos dos cultivos se toma las estadísticas ya realizadas y expuestas anteriormente en el capítulo uno, en primer lugar se expondrá los datos del cultivo tradicional en el departamento de Cundinamarca por lo cual la Gobernación de Cundinamarca en el año más reciente 2021 muestra que en Cundinamarca se realizan solo dos cultivos al año y que tienen una variación ya que en el primer ciclo se obtuvo un rendimiento 12.94 toneladas de lechuga por hectárea para un total de 15,140 de toneladas de lechuga en el área cosechada, mientras que en el segundo ciclo se obtuvo un rendimiento de 16.93 toneladas de lechuga por hectárea para un total de 20,150 toneladas de lechuga en el área cosechada, por lo tanto su totalidad de rendimiento promedio en el año fue de 14.95 toneladas por hectárea para un total de producción de 35,290 toneladas de lechuga. Estos datos muestran una variación considerable en el rendimiento productivo de lechuga entre los dos ciclos de cultivo, lo que puede atribuirse a diversos factores como las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas utilizadas y la gestión de los cultivos. Además, estos datos ofrecen una visión general del papel significativo que desempeña el cultivo de lechuga en la economía agrícola de la región de Cundinamarca.

Del mismo modo se realizaron las estadísticas para el cultivo en contenedor que muestra la capacidad y el total que se puede cultivar en este. Para un contenedor marítimo de 40 pies se puede alcanzar una capacidad de producción de 3.600 lechugas por ciclo de cultivo que podría según el tipo de lechuga disminuir entre 10 a 15 días al cultivarse en un entorno controlado, por lo que si se habla de un tipo de lechuga con un tiempo de cultivo de 40 o 45 días podría tener así una reducción en tiempos productivos de entre 30 a 35 días aproximadamente, como resultado, esto podría equivaler a 1.081 toneladas por contenedor en un ciclo, por lo tanto, estadísticamente hablando, se pueden realizar entre 8 a 10 ciclos de cultivo por año debido a que no es igual a un

cultivo tradicional que requiere de características específicas para realizar el cultivo como la temperatura, el clima o la tierra.

No obstante, se puede proyectar la idea de formar grupos de dos grupos de contenedores apilados para aumentar la producción de este cultivo. Esta estrategia busca aprovechar al máximo los recursos disponibles y mejorar la eficiencia en la producción agrícola, lo que podría tener un impacto significativo en el rendimiento total del cultivo de lechuga en Cundinamarca teniendo en cuenta que con esta estructura ya se estaría teniendo una producción competitiva en comparación a rendimientos de algunos municipios. Esta estructura cuenta con una capacidad productiva de 14,400 lechugas o 4.4 toneladas por ciclo de cultivo. A continuación, se presenta una imagen que ilustra cómo se podrían disponer estos contenedores adicionales para optimizar el espacio y aprovechar al máximo la capacidad de producción.

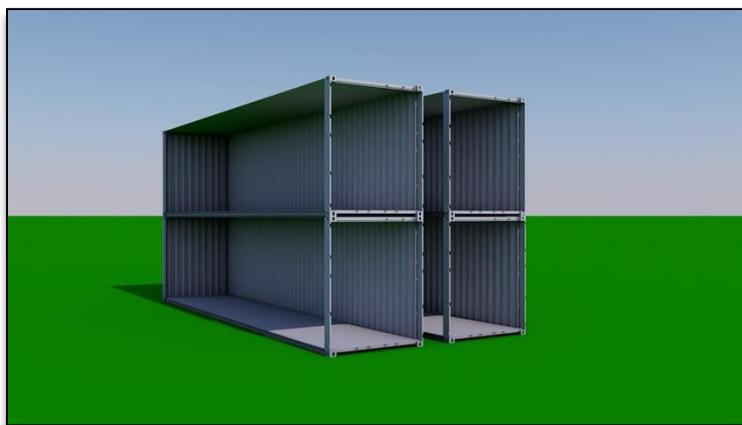


Figura 14. Cultivo de 4 contenedores apilados en bloques de dos. Render realizado por Daniel Acosta.

En este caso se refleja una gran diferencia puesto que la producción de 135 metros cuadrados que tendrían estos contenedores superaría notablemente la producción anual de municipios como Carmen de Carupa. Según las cifras del año 2021, la producción promedio en esta región fue de 10 toneladas de lechuga en un área de cosecha de una hectárea en el primer semestre o ciclo de cultivo, mientras que, al estructurar cuatro contenedores de carga, estos tendrían una capacidad productiva estimada de 44 toneladas de lechuga anuales. Esto representa un aumento significativo en la capacidad de producción en un área de cosecha mínima, mostrando el potencial de esta metodología para maximizar la producción agrícola de manera eficiente y sostenible.

Sin embargo, es importante destacar que, en comparación con un cultivo tradicional por hectárea, el cultivo en contenedor ofrece una extensión mucho mayor. Una propuesta interesante que ha ganado terreno es la capacidad de integrar contenedores en una hectárea, lo que significa que se podrían necesitar hasta 74 contenedores por hectárea. Esto equivaldría a una producción potencial de 81.4 toneladas de lechuga por ciclo de cultivo, una cantidad que supera con creces lo que se cultiva en un año en municipios como. Este dato refleja una diferencia positiva en rendimientos, ya que en aproximadamente un año se podrían cultivar cantidades superiores en toneladas de lechuga en comparación a la producción anual de municipios como; Cajicá, chía, cota, y Soacha, teniendo en cuenta que estos municipios obtienen sus resultados en áreas de cultivo superiores a una hectárea.

Viabilidad de inversión económica.

Han sido varios los momentos de la investigación llevada a cabo, en los que se ha resaltado el alto valor económico que conllevaría la inversión inicial de un cultivo NFT al interior de un contenedor, por ende, se van comparar los costos presentados en la investigación, además se revisaran las posibles variaciones de estos y por sobre todo conocer también el beneficio de cada inversión, ya que el objetivo se mantiene en presentar una idea futurista pero aterrizado a la realidad, que promueva la consideración de inversiones en materia tecnológica nueva que potencie los rendimientos de cultivos ya no solo de lechugas, sino también de todos aquellos cultivos que se puedan llegar a identificar como compatibles con un tipo de cultivo como el presentado.

En el segundo capítulo de la investigación, se diseñó una tabla informativa con datos extraídos del DANE del año 2017 donde se presentan los costos en promedio que se tuvieron para preparar el terreno de cultivo y mantener este en un ciclo de cultivo de lechuga, ubicado en el territorio de Mosquera, el costo propuesto fue de \$ 16,560,910 COP, esto es lo que costaba aproximadamente preparar una hectárea destinada a un ciclo de cultivo de lechuga. Es importante tener en cuenta que, estos costos son del año 2017 por lo que a 2024 este valor aumento aproximadamente a \$ 23,530,967, esto teniendo en cuenta el IPC, la inestabilidad de precios de insumos agropecuarios requeridos para llevar a cabo la labor agrícola, el mantenimiento de los terrenos y las posibles añadiduras de logística imprevistas que suelen tener los granjeros para poder comercializar la lechuga que producen.

En cuanto a los costos presentados para el cultivo al interior del contenedor marítimo, se presenta un costo mínimo de montaje para inicio de un ciclo productivo de \$ 54,799,824 COP, este es el valor promedio que tendría el montar un contenedor de carga para cultivo con el sistema propuesto, es importante tener en cuenta que este valor es netamente la inversión inicial, para los siguientes ciclos de cultivo, no se requieren gastos elevados de preparación de tierras como en el cultivo tradicional y es posible que el valor del mantenimiento por ciclo de cultivo sea bastante inferior incluso al 50% de lo que cuesta la preparación de una hectárea de cultivo tradicional, teniendo como punto de partida lo obtenido de Mosquera para el año 2017.

En primera estancia se pueden reconocer dos puntos clave; el primero, es que la inversión inicial del contenedor adaptado para cultivar lechugas en su interior, es bastante alta si se compara con el costo de preparación del terreno de cultivo de una hectárea, sin embargo, este último dato hay que replicarlo a la cantidad de hectáreas a preparar y a la cantidad de ciclos de cultivo que se vayan a realizar en el año, es decir, este costo de preparación de terreno en el cultivo tradicional hay que multiplicarlo en este caso por dos ciclos de cultivo y por la cantidad de hectáreas que se vayan a cultivar, para el caso de Mosquera, en el 2021, si se maneja el costo inexacto y variable que se obtuvo del año 2017, se estaría planteando que Mosquera en el año 2021 cosecho 472 hectáreas de lechuga, teniendo como resultado aproximado un costo total de preparación de tierras de \$ 8,984,660,556 COP. Para el caso del contenedor, hay que tener en cuenta que el valor de mantenimiento del contenedor y de preparación para un ciclo de cultivo, no alcanza a superar los cinco millones de pesos. En este orden de ideas, aunque se encuentra una ventaja de inversión inicial de parte del cultivo tradicional, lo cierto es que a la larga el cultivo en los contenedores es más sostenible en cuando a la preparación de los ciclos de cultivo.

Como proyección comparativa, se plantea lo que se podría lograr con el dinero de la preparación de las hectáreas de Mosquera en cuanto a la adquisición de contenedores y su montaje, de esta forma se estima que con lo que le costó a Mosquera llevar a cabo el cultivo 472 hectáreas de lechuga, se podrían adquirir 164 contenedores de cultivo, los cuales ocuparían apenas 2.21 hectáreas, con esto se proyectaría una producción anual de aproximadamente 1,803 toneladas de lechuga anuales, si es cierto que esto apenas se aproxima al 16% de la cantidad de lechugas producidas por Mosquera en el año 2021, lo cierto es que esta cantidad se está obteniendo en un espacio mucho menor al cultivado en hectáreas de cultivo tradicional y para la producción de los

años venideros, los costos de replantación de lechuga serían inferiores a los manejados normalmente en el cultivo tradicional.

Tabla 17.

Ventajas del cultivo vertical en contenedor frente a las desventajas cultivo tradicional.

Aspecto	Cultivo NFT en contenedor	Cultivo tradicional
Ambiental	<p>Ambiente controlado totalmente para disminuir pérdidas en la producción del cultivo.</p> <p>Hidratación por medio de un sistema NFT, condicionado a un sistema de bombeo que disminuye la cantidad requerida de agua.</p> <p>Cultivo monitoreado por medio de una aplicación, lo que permite atención en cualquier ubicación de los responsables del cultivo.</p> <p>No depende de la ubicación geográfica donde se situó el cultivo.</p> <p>No existe deterioro de la tierra pues los contenedores se pueden manipular con mayor asertividad y en lugares con la correcta adecuación.</p>	<p>Grandes superficies y dimensiones de terreno, dificultad en acceso al cultivo.</p> <p>Métodos de riego que demandan enormes cantidades de agua.</p> <p>Menor control de la pureza del agua.</p> <p>Mayor presencia de bacterias en el agua, y de metales pesados en el producto final.</p> <p>Cultivo al aire libre e intemperie, lo cual no permite controlar la temperatura adecuada y condiciona geográficamente zonas de cultivo.</p> <p>Deterioro en el terreno debido al acondicionamiento necesario del cultivo y a los pesticidas utilizados en él.</p> <p>Depende de las condiciones climáticas de la zona geográfica.</p>
Rendimiento	<p>Ofrece una producción más predecible y consistente debido al control más preciso de las condiciones ambientales.</p> <p>Ciclo de cultivos en menor tiempo</p> <p>Mayores ciclos de cultivos</p> <p>Disminución de la pérdida productiva de cultivos.</p> <p>Uso eficiente de recursos.</p>	<p>Las condiciones del suelo y ambiente pueden variar significativamente de un área a otra.</p> <p>Ciclos de cultivo en mayor tiempo</p> <p>Más posibilidades de disminuir la producción por exposición ambiental.</p> <p>Pérdidas de cultivos por daños ambientales.</p>

Económico	Costo menor de mantenimiento y re-cultivo. Aumento de utilidades a largo plazo.	Altos costos de preparación de tierra de cultivo por ciclo. Perdida de utilidades por posibles pérdidas de cultivo.
-----------	--	--

Nota. Elaboración propia.

Con los datos manejados en este tercer y último capítulo, se ha podido llevar a cabo un análisis y comparación de todos los datos recolectados a lo largo del trabajo investigativo desarrollado lo que ya permite dar una respuesta a aquellos beneficios que tiene el cultivo vertical al interior de contenedores de carga en cuanto a la producción de lechugas se refiere. Inicialmente, este tipo de cultivo presenta beneficios ambientales tales como; el control de plagas en cultivos sin el uso de productos químicos contaminantes, una reducción considerable del uso de agua para el cultivo de lechuga y la posibilidad de detener el deterioro o la infantilización de la tierra. En cuanto a las ventajas de rendimiento, se identifica un rendimiento de cultivo de hasta 11 toneladas de lechuga anuales por contenedor en un área de 135 metros cuadrados un rendimiento considerable teniendo en cuenta que algunos municipios de Cundinamarca logran tal cifra en el cultivo anual de una hectárea completa de lechuga. En el apartado económico se encuentran cifras competitivas, siendo la inversión inicial del contenedor mayor a la del cultivo actual de una hectárea de lechuga, sin embargo, se considera menor a la inversión que habría que hacer para la adquisición de una hectárea de terreno para cultivar y mucho menor también el costo de mantenimiento del cultivo al interior del contenedor frente al costo de mantenimiento de cultivo en una hectárea de tierra firme.

Conclusiones.

El departamento de Cundinamarca, reconocido por su ubicación estratégica y su desarrollo sostenible, alberga 15 provincias, lo que lo convierte en una región notablemente extensa y diversa. Sin embargo, en el año 2021, de los 118 municipios que conforman Cundinamarca, solo 28 municipios participaron en el cultivo de lechuga. Aunque la agricultura representa el segundo sector más importante de su economía, se ha observado un declive progresivo en la producción de hortalizas durante al menos una década, destacándose los años 2018 y 2022 como los más desafiantes. Este fenómeno ha llevado a que departamentos como Nariño y Antioquia superen a Cundinamarca en términos de producción hortícola, lo que subraya la importancia de abordar los retos actuales y revitalizar el sector agrícola para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en la región.

Se determina que, mediante el uso de la agricultura vertical y la implementación de sistemas de cultivo en contenedores cerrados, se logra reducir significativamente el consumo de agua por lo tanto Díaz, C. González, E. Sención, G. González, 2016 hablaron de como las empresas dedicadas a este sector han logrado cosechas de productos en un tiempo más corto que en el campo tradicional, con periodos de crecimiento de hasta 16 días en lugar de los 30 días, además, este método utiliza un 95 % menos de agua y un 50 % menos de fertilizantes, y elimina el uso de pesticidas, herbicidas y fungicidas. Estos datos toman mayor fuerza cuando las empresas Growspec y Cropbox que ya han puesto en marcha proyectos de cultivo de hortalizas al interior de contenedores, reportan reducciones del consumo de agua del 90%, reducción total de pérdidas de lechugas en el proceso de producción y fortalecen el camino de dejar a un lado los cultivos en tierra para prolongar su fertilidad. Además, el sistema de cultivo NFT ha demostrado potenciar significativamente la calidad nutritiva de las hortalizas. Este método ofrece un entorno controlado donde las plantas pueden absorber una solución nutritiva equilibrada de manera eficiente. Por lo tanto, se ha observado un aumento en la concentración de vitaminas, minerales y otros nutrientes esenciales en los productos cosechados.

Frente a un sistema de cultivo tradicional, la cosecha al interior de un contenedor potenciado con estructuras de cultivo NFT se encuentra capacitado para producir una mayor cantidad de lechugas en espacios reducidos obteniendo un rendimiento promedio de cultivo de 1.1 toneladas de lechuga por ciclo de cultivo en un área de aproximadamente 135 metros cuadrados,

aprovechando las dimensiones del contenedor a lo largo, ancho y alto, y compitiendo en espacio con el promedio de cultivo del año 2021 de Cundinamarca, que obtuvo un rendimiento de casi 13 toneladas por hectárea y por ciclo de cultivo, es importante tener en cuenta que los ciclos de cultivo del cultivo en el contenedor se estima que sean menores a los del cultivo tradicional, por lo que entonces se hablaría de un promedio casi trimestral (esto es lo que dura un ciclo de cultivo de lechuga en la agricultura tradicional y se llevan a cabo dos ciclos al año) de cultivo al interior del contenedor de 3.3 toneladas de lechuga en un área de 135 metros cuadrados, representando así poco más de una cuarta parte del promedio reportado en el cultivo tradicional, con esto se logra identificar una alta competitividad del cultivo en el contenedor con un fuerte potencial de cultivo viéndose mayormente en el aumento de ciclos de cultivo de lechuga al año y en el reducido espacio en el que esto se puede llevar a cabo frente a las miles de hectáreas que se usan anualmente para cultivar lechugas. En cuanto a lo económico el sistema conlleva altas inversiones para su instalación mencionadas en el capítulo 2 y su funcionamiento propone la futura adaptación de otros sistemas que complementen el funcionamiento de este y promuevan la disminución del impacto ambiental de la huella de carbono.

En conclusión, la implementación de sistemas de cultivo vertical al interior de contenedores para la producción de lechugas en el departamento de Cundinamarca ofrece beneficios importantes y una solución innovadora y prometedora para enfrentar los problemas agrícolas actuales. Esta técnica no solo optimiza el uso del espacio, reduce las pérdidas de cultivos y aumenta los rendimientos, sino que también mejora la calidad nutricional de las lechugas y disminuye la dependencia de pesticidas mencionadas en el capítulo 1, teniendo en cuenta todos los tipos de plagas que existen. En un contexto donde la agricultura enfrenta presiones de recursos limitados y cambios climáticos específicos en el capítulo 1, la adopción de estos sistemas como el NFT expuesto en el capítulo 2 presenta una oportunidad crucial para fortalecer la seguridad alimentaria, promover la sostenibilidad y revitalizar el sector agrícola en la región de manera eficiente y efectiva.

Referencias

- Agropinos. (15 de septiembre de 2021). Cultivos Para Invernadero. Chía, Colombia. Recuperado de <https://www.agropinos.com/blog/cultivos-en-invernadero>.
- Agropinos. (26 de julio de 2022). Razones Por Las Cuales Cultivar Lechuga En Su Invernadero. Recuperado de: <https://www.agropinos.com/blog/razones-para-cultivar-lechuga#:~:text=Con%20respecto%20a%20la%20humedad,60%25%20y%20el%2080%25>.
- Andrés, C. (2024). Contenedores Marítimos Usados Y Nuevos De 20, 40, 40 Pies Hc. Mercado Libre. Recuperado de: https://inmueble.mercadolibre.com.co/MCO-1400167823-contenedores-maritimos-usados-y-nuevos-de-20-40-40-pies-hc-JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=37c9fcb9-dd8c-4bc7-880c-3375d6144adc.
- Angulo, J. R. (2024). Lechuga Batavia. Características, cultivo y propiedades. Recuperado de: <https://www.agromatica.es/lechuga-batavia/>.
- Angulo, J. R. (2024). Cultivo de la lechuga. Recuperado de: <https://www.agromatica.es/cultivo-de-la-lechuga/>.
- Arribas, C y Olive, J. (15, octubre, 2018). Construcción con contenedores marítimos: ¿ética o estética? [Entrada del Blog]. Recuperado de: <https://informatiu.apabcn.com/es/blog/construccion-con-contenedores-maritimos-etica-o-estetica/>.
- Association for Vertical Farming. (2023). About the Association for Vertical Farming. Recuperado de: <https://vertical-farming.net/about-avf/>.
- Ayala Padilla, L. E., Pabón Beltrán, J. A., & Correa-Mahecha, F. (2021). Una mirada a la evaporación como operación en la industria química. Revista De Investigación, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.29097/23461098.304>.

Bayer (pty) LTDA. (2023). Lechuga Coolguard. Colombia. Obtenido de:

https://www.vegetables.bayer.com/co/es-co/productos/lechuga/details.html/lettuce_coolguard_colombia_seminis_all_greope_al.html

Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). Cultivo en hidroponía. Libros de Cátedra Universidad nacional de la Plata, Argentina, Recuperado de: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Be Origen. (18 de junio de 2023). Granjas verticales: qué son, cómo poner en práctica y consejos. Recuperado de: <https://beorigen.com/granja-de-animales/granjas-verticales/>.

Biera, M. (2017). Construcción sostenible con contenedores (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Recuperado de: <https://idus.us.es/handle/11441/72329>.

Brenes Peralta, L., & Jiménez Morales, M. F. (2014). Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT. Cartago, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6581/manual-hidroponia-NFT.pdf?sequence=1>.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). “Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento Empresarial cámara de comercio de Bogotá MANUAL LECHUGA” (p.11-50), Bogotá, Cámara de comercio.

Campos Pinilla, C., Contreras, A. M., y R. Leiva, F.. (2015). Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) debido al riego con aguas residuales sin tratar en el centro agropecuario Marengo (Cundinamarca, Colombia). *Biosalud*, 14(1), 69–78. <https://doi.org/10.17151/biosa.2015.14.1.8>

Cofepasa. (23 de agosto de 2019). Las Nuevas Tecnologías Llegan A Los Diferentes Tipos De

- Invernaderos. Recuperado de: <https://cofepasa.com/invernaderos-y-nuevas-tecnologias/#:~:text=En%20un%20invernadero%20todo%20est%C3%A1,dar%20las%20soluciones%20m%C3%A1s%20%C3%B3ptimas.>
- Cortes, M. (2016). Aportes a la sustentabilidad: Una mirada desde la gestión del territorio y los recursos naturales. Guadalajara, México: Editorial Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO).
- Cropbox. (2017). La manera inteligente de cultivar. Vertical Crops Consultants. Recuperado de: <https://cropbox.co/>
- DANE. (28 de junio de 2022). Boletín Técnico Cuentas departamentales 2021. Producto Interno Bruto por departamento 2021 preliminar. Bogota D.C., Colombia. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B_2015/Bol_PIB_departal_2021preliminar.pdf.
- DANE. (2022). Geovisor PIB Departamental Base 2015. Bogota D.C., Colombia. Recuperado de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/pib-departamental/>
- DANE. (30 de mayo de 2023). PIB por departamento. Información 2022 preliminar. Bogota D.C., Colombia. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>.
- Díaz, I. (2017). Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano. Prisma Tecnológico, 7(1), 3-6. Recuperado a partir de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1255>
- Díaz, I., González, C., Sención, G. González, G. (2016). Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano. Prisma Tecnológico, 7(1) Recuperado de: <https://online.fliphtml5.com/abbdj/osdo/index.html>.
- Dieppa, J. L. (24 de Julio de 2022). Innovador cultivo en contenedores de carga mejora el

acceso a productos agrícolas frescos. Recuperado de <https://interamerica.org/es/2022/07/innovador-cultivo-en-contenedores-de-carga-mejora-el-acceso-a-productos-agricolas-frescos/>.

Digitalización Agrícola. (8 de febrero de 2022). La Evolución De La Agricultura: Una Historia De Cambios Hacia La Digitalización. Recuperado de <https://agrawdata.com/evolucion-de-la-agricultura-historia-de-cambios-hacia-digitalizacion/>.

E-containers. (2024). 40 pies STD Usado. E-containers. Recuperado de: <https://econtainers.co/shop/product/contenedor-maritimo-de-40-pies-usado/>.

Espinoza, H., A. (2023). Economía circular: una aproximación a su origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible. Revista de Economía Institucional, 25(49), 109-134.

FLTRGO. (2024). Sistema de cultivo hidropónico 72 sitios 8 tubos Kit de cultivo hidropónico Equipo de plantación de jardín Nft Balcón sin suelo Herramienta de invernadero interior Lechuga Fresa Torre. Amazon. Recuperado de: https://www.amazon.com/-/es/home/dp/B0CYLSZ5JG/ref=sr_1_6?crd=VE3N5I7CUJS5&dib=eyJ2IjoiMSJ9.PZCTmVT3ncOI_VrXFrsUDhSmQEEdhRcgHV4mkkEn70owxTWGQ7fE5w3XEbi1isINw45NiOuk5wqaYln8jTBJC6nObN7Y7HYbDsiOuzsV9lrQSAe92h7sWuoTtmsN03Xd_QrdtFuSzY844x5-MB3ad_2P-I_c8ONLXE.

FLTRGO. (2024). Sistema de cultivo de torre hidropónica Sistema de cultivo interior con mini invernadero hidropónico para plantar lechuga fresa fácil de instalar y operar. Amazon. Obtenido de : https://www.amazon.com/-/es/home/dp/B0CYLS8VL3/ref=sr_1_10?crd=VE3N5I7CUJS5&dib=eyJ2IjoiMSJ9.PZCTmVT3ncOI_VrXFrsUDhSmQEEdhRcgHV4mkkEn70owxTWGQ7fE5w3XEbi1isINw45NiOuk5wqaYln8jTBJC6nObN-7Y7HYbDsiOuzsV9lrQSAe92h7sWuoTtmsN03Xd_QrdtFuSzY844x5-MB3ad_2P-I_c8ONLX

Foshan GrowSpec BioTech Co., Ltd. (2024). Growspec. Recuperado de:

<https://es.growspecdevice.com/>.

Freepik. (2024). Freepik Pikaso. Recuperado de: <https://www.freepik.com/1692ea9b-561f4778-a260-dba1b940ba9a>.

Garay, C. C. (2024). ¿Cuál fue el origen de la agricultura? Recuperado de:

<https://www.nationalgeographic.es/historia/2022/01/cual-fue-el-origen-de-la-agricultura>.

García, L. M. (2019). Manejo de sustratos para el cultivo. Buenos aires, Argentina. Recuperado

de:https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/6737/INTA_CRBsAsN_orte_EEASanPedro_Garcia_LM_Manejo_sustratos_cultivo_contenedor.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

García, A., López, B., & Rodríguez, C. (2018). Impacto de invernaderos en la biodiversidad.

Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 34(1), 127-139.

García, X., Martínez, Y., & Fernández, Z. (2022). Captura de carbono en invernaderos de

contenedores de carga. Revista de Cambio Climático y Agricultura Sostenible, 49(1), 67-82.

Gobernación de Cundinamarca. (2023). Una mirada a la Competitividad de Cundinamarca:

Resultados, retos y oportunidades. Bogota D.C. Recuperado de <https://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/6377d667-f067-4f76-abb2-0645519abe5d/Informe+-++Una+mirada+a+la+Competitividad+de+Cundinamarca++version+final+.pdf?MOD=AJPERES&CVID=oG2Hyzv>.

Gobernación de Cundinamarca. (2023). Estadísticas Agropecuarias. Recuperado de:

https://mapas1.cundinamarca.gov.co/dependencias/secagricultura/informacion-de-interes/estadisticas_agropecuarias.

Gobernación de Cundinamarca (2020). Plan departamental de extensión agropecuaria.

Colombia. Recuperado de: <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/PDEA-Cundinamarca.pdf>.

Hytekgro. (2024). Luz LED de crecimiento con 225 luces LED para plantas, paneles rojos, azules, blancos, lámparas de cultivo para plantas de interior, plántulas, verduras y flores (paquete de 2). Amazon. Recuperado de: https://www.amazon.com/Hytekgro-crecimiento-lámparas-interior-plántulas/dp/B07GWQW8GM/ref=sxin_14_pa_sp_search_thematic_sspa?adgrpid=156445813868&content-id=amzn1.sym.3b6f6e97-b87a-4348-9b39-566e0375571e%3Aamzn1.sym.3b6f6e97-b87a-4348-9b39-566e0375571e&cv.

Icontainers. (2024). Medidas de un contenedor de 40 pies. iconainers. Obtenido de iconainers: <https://www.iconainers.com/es/ayuda/contenedor-40-pies/#:~:text=Medidas%20de%20un%20contenedor%20de%2040%20pies&text=Dimensiones%20exteriores%20sistema%20internacional%3A%2012,y%2010%20pulgadas%20de%20alto>.

INCAP. (2006). Hidroponía: Sistema de cultivo NFT. INCAP: Ecotecnologías para la seguridad alimentaria y nutricional. Recuperado de: https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=medu_94764_2_02062015.pdf.

Ladino Cintura, M. (2022). Plan de negocios para un sistema hidropónico localizado en el municipio de Suesca (Cundinamarca). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 6-9.

LAPOND. (2024). Sistema de cultivo hidropónico para plantas de jardín y verduras, kit de jardinería. Amazon. Recuperado de: https://www.amazon.com/-/es/LAPOND-Sistema-hidropónico-verduras-jardinería/dp/B07FM8GZ6P/ref=sr_1_3?crd=VE3N5I7CUJS5&dib=eyJ2ljojMSJ9.PZCTmV

[T3ncOI_VrXFrsUDhSmQEEdhRcgHV4mkkEn70owxTWGQ7fE5w3XEbi1isINw45NiOuk5wqaYln8jTBJC6nObN-7Y7HYbDsiOuzsV9lrQSAe92h7sWuoT.](https://www.expoknews.com/ikea-ahora-cultiva-lechuga-en-contenedores-de-envio-en-sus-tiendas/)

Lazovska, D. (2019). Ikea ahora cultiva lechuga en contenedores de envío en sus tiendas.

Recuperado de: <https://www.expoknews.com/ikea-ahora-cultiva-lechuga-en-contenedores-de-envio-en-sus-tiendas/>

Lexica.art. (16 de febrero de 2024). Lexica.art. recuperado de: https://img.lexica.art/be4b23c9-9f8c-4b31-820d-9eeb188949ed_full.webp

Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2012).

Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1629-1636. Recuperado en 19 de abril de 2024, de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000800012&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000800012&lng=es&tlng=es)

Ministerio de agricultura. (10 de marzo de 2024). Reporte: Área, Producción y Rendimiento

Nacional por Cultivo. Recuperado de Minagricultura: [https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1.](https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1)

Oficina de estudios económicos. (2024). Perfiles Económicos Departamentales: Departamento

de Cundinamarca. Recuperado de: [https://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=5382c2c2-7959-4304-b59e-ae0600e29391.](https://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=5382c2c2-7959-4304-b59e-ae0600e29391)

Osorio J. "Producción de hortalizas: generalidades.", Colombia: ICA, 2018. Consultado en

línea en la Biblioteca Digital de Bogotá (<https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3618071/>), el día 2024-03-04.

Ríos, M. J., García, C. M., & Tarazona, M. L. (16 de diciembre de 2021). Proyecto de

Emprendimiento de Cultivo de Lechugas Hidropónicas Utilizando la Técnica de Película Nutritiva o NFT. Bogotá D.C., Distrito Capital, Colombia.

Rojas, Y. D. (2017). Evolución de la Aero ponía en Colombia como innovación ambiental y sostenible. [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21077>.

Rosado, L. R. (29 de Julio de 2022). Hidropónicos: Sistema Nft. UF/IFAS University of Florida blogs. Recuperado de: <https://blogs.ifas.ufl.edu/polkco/2022/07/29/hidroponicos-sistema-nf/#:~:text=La%20Técnica%20llamada%20%22Nutrient%20Film,como%20el%20mecanismo%20de%20distribución>.

Ruiz, J. (2011). Evaluación de tratamientos para disminuir cadmio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) regada con agua del río Bogotá. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 5(2), pp. 233-243 abril 18, 2024. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732011000200007&lng=en&tlng=es.

Saenz Fety S.A.S. (9 de Julio de 2021). AHORA*: el proyecto que pretende transformar la alimentación. Recuperado de <https://saenzfety.com/ahora/>.

Saminef. (28, agosto, 2023). Transportes de mercancías [Entrada del Blog]. Recuperado de: <https://logisticaascoel.com/soluciones-logisticas/distribucion/>.

Saminef. (2021). La Importancia De Los Contenedores En El Transporte De Mercancías. Recuperado de: <https://logisticaascoel.com/la-importancia-de-los-contenedores-en-el-transporte-de-mercancias/>

Sánchez, C. M. (2014). Estudio de Plagas y Enfermedades en el cultivo de Lechuga. Universidad Politécnica De Cartagena. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4653/pfc5880.pdf>.

Secretaría de Salud, (2013). Localización. Análisis de situación en salud 2013. Colombia,

Gobernación de Cundinamarca. Recuperado de:
https://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/b295dc6d-9567-4706-b8cf-e88ef114627d/ASIS+Cundinamarca+2013++V3-06072014.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kst6fBC&ASIS_DEPARTAMENTAL.

Sierra Gómez, O., Algecira Mahecha, E. R., & Aldana Wilches, C. (2022). Estadísticas

Agropecuarias Volumen 29. Cundinamarca. Bogota D.C.: Departamento de Cundinamarca - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de https://miproyecto.com.co/estadisticas_agropecuarias_cun/pdf.pdf.

SMEAP México. (s.f.). Tipos de sistemas hidropónicos (cultivos en agua y aire). Recuperado

de <https://smeapmexico.org/tipos-de-sistemas-hidroponicos-cultivos-en-agua-y-aire/#:~:text=Los%20sistemas%20hidrop%C3%B3nicos%20se%20pueden,flow%2C%20De%20mecha%2C%20Goteo.>

Treid. (19, agosto, 2020). Cundinamarca se destacó por sus exportaciones de lechuga en 2019.

Recuperado de: <https://www.treid.co/post/cundinamarca-se-destaco-por-sus-exportaciones-de-lechuga-en-2019>.

UICN. (2022). Soluciones basadas en la naturaleza: la respuesta a muchos desafíos globales.

WWF. Recuperado de: <https://www.wwf.org.co/?373791/Soluciones-basadas-en-la-naturaleza-la-respuesta-a-muchos-de-los-desafios-globales>.

Verdegen. (2017). Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar. [Entrada del Blog].

Recuperado de: <https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>.