



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA TEXTIL**

**“Aplicación de textiles reciclados 100% algodón como compuesto orgánico
alternativo de siembra en cultivos hidropónicos”**



AUTOR: CEVALLOS TERÁN SAMANTA ANAHÍ

DIRECTOR: MSc. OMAR VINICIO GODOY COLLAGUAZO

Ibarra – Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100518159-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cevallos Terán Samanta Anahí		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui, David Manangón y Jorge Regalado.		
EMAIL:	sacevallost@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062530830	TELF. MÓVIL	0994656726

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Aplicación de textiles reciclados 100% algodón como compuesto orgánico alternativo de siembra en cultivos hidropónicos.
AUTOR (ES):	Cevallos Terán Samanta Anahí
FECHA:	2025-05-26
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/ PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR:	MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

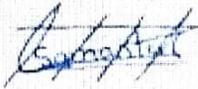
CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días, del mes de mayo de 2025.

EL AUTOR:

Firma:



Nombre: Cevallos Terán Samanta Anahi

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, a los 15 días del mes de mayo de 2025.

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

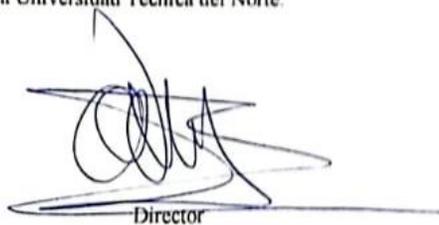


MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "**APLICACIÓN DE TEXTILES RECICLADOS 100% ALGODÓN COMO COMPUESTO ORGÁNICO ALTERNATIVO DE SIEMBRA EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS**" elaborado por Cevallos Terán Samanta Anahí, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.



Director

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936



Asesor

MSc. Darwin José Esparza Encalada

C.C: 1001584570

DEDICATORIA

Con amor y gratitud dedico este trabajo investigativo, a mi papá Joselito Cevallos y a mi mamá Gladys Terán, por creer en mí, su apoyo durante mi formación académica es invaluable. A mi hermano Brandon Cevallos, por su compañía y motivación, siendo un gran ejemplo de constancia y superación.

Gracias familia.

Samanta Cevallos

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de esta investigación.

A mis amigas de universidad, por su apoyo y solidaridad durante la trayectoria estudiantil.

A mis profesores, por su dedicación, sabiduría y en especial a mi director de tesis Omar Godoy, por ser un gran guía en mi formación académica.

Y en especial a Jefferson Males, por su amor, apoyo incondicional y motivación constante.

A mis mascotas, que, a pesar de no ser seres humanos, su compañía y alegría, me reconfortaron en momentos de estudio y reflexión.

A todos ellos, gracias por hacer posible este logro.

Samanta Cevallos

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la viabilidad de utilizar textiles reciclados 100% algodón como un compuesto orgánico alternativo de siembra en cultivos hidropónicos. Como antecedente, se puede mencionar que, ante el incremento de desechos textiles y el impacto ambiental generado por éstos, se plantea el uso de prendas de vestir consideradas de desecho, mismas que al ser sometidas a un tratamiento previo, sirvan como sustrato de crecimiento para plantas ornamentales, cuyo crecimiento será bajo el sistema de cultivo hidropónico, teniendo la premisa de reducir la cantidad de residuos textiles, promoviendo paralelamente las prácticas sostenibles.

El análisis de las prendas se llevó a cabo en el Laboratorio de la Carrera de Textiles en la Universidad Técnica del Norte, mientras que la prueba experimental o de campo, tuvo lugar en el cantón Antonio Ante – Imbabura, donde se asentaron los cultivos hidropónicos. En primera instancia, se seleccionaron prendas cuya composición sea predominantemente de algodón, mediante pruebas de clasificación visual, análisis pirométrico y microscopía; para tal fin, se trabajó con tres tipos de textiles: tela llana, estampada y jean, en tres presentaciones: hilachas, probetas y trozos. En segundo lugar, las especies de plantas seleccionadas fueron tres: *Limonium*, *Godetia* y *Alelí*; asimismo, se utilizaron tres tipos de fertilizantes: orgánico, inorgánico y mineral.

Los resultados de la investigación indican que los textiles reciclados presentan variaciones en la retención de humedad y en la tasa de crecimiento de las raíces, esto se da por su tipo y presentación. El crecimiento de cada planta tiene distintos comportamientos de desarrollo, dependiendo del tipo de textil utilizado como sustrato. Con los elementos de convicción señalados, se determina que la tela de algodón reciclado bajo la presentación de “hilachas”, propicia el crecimiento de semillas de *Alelí* y *Godetia* con la ayuda de fertilizante orgánico. Finalmente, se puede establecer que un textil bajo tratamientos previos y condiciones controladas tiene un alto potencial para ser utilizado como alternativa de crecimiento de plantas ornamentales de ciclo corto bajo el sistema de hidroponía.

Palabras clave: Cultivos hidropónicos, Prendas recicladas, Algodón, Sustrato, Ornamental

ABSTRACT

The present research aims to evaluate the feasibility of using 100% recycled cotton textiles as an alternative organic growing medium in hydroponic cultivation. As a background, it is important to highlight that, given the increasing textile waste and its environmental impact, the use of discarded garments is proposed. These garments, after undergoing a pre-treatment process, serve as a growth substrate for ornamental plants cultivated under a hydroponic system. The main objective is to reduce the volume of textile waste while simultaneously promoting sustainable practices.

The textile analysis was conducted in the Textile Engineering Laboratory at Universidad Técnica del Norte, whereas the experimental or field trial took place in Antonio Ante – Imbabura, where the hydroponic crops were established. Initially, garments with a predominantly cotton composition were selected through visual classification tests, pyrognostic analysis, and microscopy. For this purpose, three types of textiles were studied: plain weave, printed fabric, and denim, each in three different presentations: shredded fibers, test specimens, and fabric scraps. Additionally, three plant species were selected: *Limonium*, *Godetia*, and *Alelí*, alongside three types of fertilizers: organic, inorganic, and mineral.

The research findings indicate that recycled textiles exhibit variations in moisture retention and root growth rates depending on their type and presentation. Each plant species demonstrated distinct growth behaviors based on the textile used as a substrate. The results suggest that recycled cotton fabric in the "shredded fibers" presentation promotes the growth of *Alelí* and *Godetia* seeds when combined with organic fertilizer. Finally, it is established that textiles subjected to prior treatment and controlled conditions hold great potential as an alternative substrate for short-cycle ornamental plants in hydroponic systems.

Keywords: Hydroponic cultivation, Recycled garments, Cotton, Substrate, Ornamental

LISTA DE SIGLAS

CAT: Catalasa.

POD: Peroxidasas.

CO: Algodón.

NFT: Nutrient Film Technique

PVC: Policloruro de Vinilo

SA: Sociedad Anónima

SOD: Superóxido Dismutasa

MSP: Ministerio de Salud Pública

ARCSA: Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria

MAE: Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador

lb: Libra

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
Problema de investigación	1
Justificación	2
Objetivos.....	2
Objetivos Específicos	2
Características del sitio del proyecto.....	3
CAPÍTULO I	4
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Estudios previos	4
1.1.1 Comportamiento del algodón en cultivos.	4
1.1.2 Determinación de la composición de la prenda.	6
1.2. Marco legal	8
1.2.1. Constitución de la República del Ecuador	8
1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	8
1.2.3. Normativa ambiental y laboral.....	8
1.3. Marco Conceptual	10
1.3.1. Prendas de algodón	10
1.3.2. Plantas de ciclo corto	11
1.3.3. Cultivos hidropónicos	12
CAPÍTULO II	14
2 METODOLOGÍA	14

2.1. Metodología de la investigación	14
2.1.1. Enfoque de la investigación	14
2.1.2. Tipo de investigación	14
2.1.3. Técnica de investigación.....	15
2.2. Flujogramas	15
2.2.1. Flujograma general	15
2.2.2. Flujograma muestral	16
2.3. Materiales y equipos	17
2.3.1 Tejidos reutilizables para hidroponía	17
2.3.2 Características técnicas:	18
2.3.3 Hidroponía vertical	20
2.3.4 Estructura de hidroponía vertical	29
2.3.5 Ambiente controlado.....	30
2.4 Norma de referencia	31
2.5. Procedimiento	33
2.5.1. Clasificación y proceso de identificación de los tejidos 100% algodón.....	33
2.4.1 Procedimiento para la elaboración de cultivos hidropónicos	36
2.4.2 Procedimiento para el sistema de hidroponía	37
2.4.3 Procedimiento para construcción del invernadero.....	38
2.5.2. Porta sustituto de sustrato	39
2.6. Puesta en funcionamiento del sistema de hidroponía	40
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
3.1 Resultados	41
3.1.1. Resultados de identificación de fibras	41
3.1.2. Resultados proceso de obtención sustrato alternativo de siembra.....	43

3.1.3. Resultados de crecimiento	46
3.2. Análisis de confiabilidad.....	48
3.2.1. Normalidad de los datos.....	49
3.2.2. Análisis de la varianza	53
3.3. Discusión de resultados.....	55
3.3.1. Análisis de resultados	55
5. Conclusiones y recomendaciones.....	67
5.1. Conclusiones	67
5.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Opción de Fertilizante mineral	23
Tabla 2 Opción de Fertilizante inorgánico	24
Tabla 3 Opción de fertilizante orgánico	25
Tabla 4 Muestras	26
Tabla 5 Datos del método de combustión	34
Tabla 6 Resultados de la clasificación visual	41
Tabla 7 Resultados de la prueba de combustión	42
Tabla 8 Resultados del análisis microscópico	42
Tabla 9 Tela llana	43
Tabla 10 Tela estampada	44
Tabla 11 Tela jean.....	45
Tabla 12 Crecimiento en tela estampada.....	46
Tabla 13 Crecimiento en tela llana.....	47
Tabla 14 Crecimiento en tela jean	48
Tabla 15 Validación de datos para la tela estampada	50
Tabla 16 Validación de datos para la tela llana	51
Tabla 17 Validación de datos para la tela jean	52
Tabla 18 Varianza de la tela estampada.....	53
Tabla 19 Varianza de la tela llana.....	54
Tabla 20 Varianza de la tela jean	55
Tabla 21 Resultado de las telas	59
Tabla 22 Resultado de fertilizantes	60
Tabla 23 Resultados presentación del textil	62
Tabla 24 Resultados en la planta.....	63
Tabla 25 Comparación de los tres mejores resultados	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación geográfica del laboratorio de pruebas	3
Figura 2	Sitio de la realización de los cultivos hidropónicos.	3
Figura 3	Gráficos de las actividades enzimáticas	5
Figura 4	Plantas de berro de longitud media, cultivadas sobre cáñamo y lana mineral.	6
Figura 5	Plantas de ciclo corto (ornamentales).....	12
Figura 6	Cultivo en hidroponía.....	13
Figura 7	Flujograma general.....	16
Figura 8	Flujograma muestral.....	16
Figura 9	Flujograma muestral de muestras.....	17
Figura 10	Paca de ropa.....	19
Figura 11	Cultivo hidropónico vertical.....	20
Figura 12	Sistema NFT.....	21
Figura 13	Manguera de PVC	22
Figura 14	Godetia	27
Figura 15	Limonium amarillo.....	28
Figura 16	Alelí	28
Figura 17	Viguetas	29
Figura 18	Alambre galvanizado.....	30
Figura 19	Invernadero.....	31
Figura 20	Vista transversal del algodón.....	35
Figura 21	Vista transversal del poliéster.....	35
Figura 22	Estado inicial del área para los cultivos	36
Figura 23	Propuesta de cultivo hidropónico vertical.....	37
Figura 24	Sistema NFT.....	37
Figura 25	Propuesta de invernadero	39
Figura 26	Propuesta de recipiente.....	39
Figura 27	Propuesta de instalación de cultivos hidropónicos.....	40
Figura 28	Gráfico de crecimiento tela estampada	56
Figura 29	Gráfico de crecimiento tela llana.....	57
Figura 30	Gráfico de crecimiento tela jean.....	58

Figura 31	Crecimiento según el tipo de tela	60
Figura 32	Comparación de fertilizantes.....	61
Figura 33	Crecimiento según la presentación del textil como sustrato	62
Figura 34	Crecimiento de plantas según tipo de semilla	63
Figura 35	Mejores Combinaciones de Presentación, Tela y Fertilizante para Cada Planta.....	65

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

El alto índice de ropa desechada ha ido en aumento a lo largo del tiempo, debido a que la moda es muy cambiante, lo que provoca que los consumidores opten por actualizarse en cuanto a los nuevos diseños. El incremento constante del volumen de ropa desechada ha generado una creciente preocupación por la contaminación ambiental (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2023).

Aunque se han implementado iniciativas como la recolección y venta de prendas de segunda mano para mitigar este impacto, aún persiste la problemática de prendas irreparables o en condiciones extremadamente deterioradas (Sancho, 2022).

La ropa que es enviada a los contenedores produce 1200 millones de toneladas anuales de emisiones de dióxido de carbono, gracias a los componentes que posee, es por esta razón que se considera como un gran contaminante a la industria textil, pues se usa generalmente el 97% de materia prima virgen para su elaboración y el otro 3% es de materiales reciclados, sin embargo, no se toman en cuenta los desechos que generan los textiles tinturados, siendo uno de los factores principales de la contaminación (García, 2021).

La moda es muy cambiante y cada año los productores textiles buscan renovar sus diseños, gracias a esto, los consumidores optan por desechar sus prendas, las cuales fueron adquiridas en un corto periodo de tiempo. Particularmente en el Ecuador, tomando como ejemplo al cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura por su potencial textil, mismo que cada año realiza ferias con el fin de divulgar la moda en textilería, los compradores se sienten tentados a adquirir nueva vestimenta, a pesar de que muy probablemente, ya cuentan con ropa en buen estado en sus closets, esto a corto plazo, generará prendas de desecho que irán a parar a los vertederos como resultado de la “*Fast Fashion*” (Ayala, 2019).

En el artículo publicado por Ávila (2021), se aborda la problemática de la industria textil de Antonio Ante en función del gran número de contaminación por prendas desechadas, el autor explica, que ya sea en el área de confección, o en las áreas que venden telas para estos procesos hay desechos. Es posible delimitar algunos efectos de contaminación como: retazos de tela, prendas no recicladas y contaminación de los espacios naturales.

En este contexto, se desconoce si a partir de estas prendas desechadas se puede obtener algún beneficio positivo, por esta razón, el problema de investigación se basa en la siguiente pregunta problema: ¿Es posible utilizar prendas de vestir de desecho como compuesto orgánico alternativo para el desarrollo de cultivos hidropónicos?

Justificación

Las prendas que presentan un daño físico que se considera irreparable, son enviadas directamente a los vertederos o a los incineradores; muchas empresas buscan solucionar este problema con la reutilización de estas, sin embargo, al no existir tal solución, cada segundo gran cantidad de camiones cargados con textiles “inservibles”, son enviados al vertedero (Ediciones País, Moda, 2023).

Por esta razón, el estudio a nivel de laboratorio sobre el uso del material celulósico en procesos de cultivos por hidroponía se presenta como una opción para minimizar los desechos de prendas por desuso; a partir de esto, se busca responder si esta opción es viable o no para generar un cultivo, tomando en cuenta distintos parámetros de las prendas textiles, como: composición, tipo de prenda, tipo de acabado, entre otras, para posteriormente ser analizadas cualitativamente, con la finalidad de tener un punto de referencia, sobre la mejor opción de tejido para su uso como compuesto orgánico de siembra.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un sistema de agricultura por hidroponía utilizando residuos de prendas de vestir algodón 100% como sustrato alternativo de siembra.

Objetivos Específicos

- Identificar los diversos tipos de productos textiles en función de su composición para su clasificación mediante análisis físicos y químicos.
- Experimentar diferentes muestras de tejidos 100% algodón en función del tipo de producto a sembrar, nutrientes requeridos y ciclo de proceso.

- Demostrar si el material textil usado como compuesto orgánico para siembra es idóneo para su aprovechamiento en cultivos hidropónicos mediante el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Características del sitio del proyecto.

La investigación se desarrolló en los laboratorios de la Carrera de Textiles (Ver **Figura 1**), en la Universidad Técnica del Norte con coordenadas 9VHH+M5C, Ibarra 100110, Ecuador.

Figura 1

Ubicación geográfica del laboratorio de pruebas



Fuente: (Google maps, 2024)

Además, la **Figura 2** muestra la ubicación de sitio donde se desarrolló la fase experimental del estudio, con dirección: David Mangón S/N y Jorge regalado en el cantón Antonio Ante.

Figura 2

Sitio de la realización de los cultivos hidropónicos.



Fuente: (Google Maps, 2024)

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estudios previos

En este apartado, se pretende recopilar y analizar sistemáticamente todas aquellas investigaciones y publicaciones ya existentes y que están relacionadas con el tema analizado, teniendo como objetivo, recolectar conocimientos previos, detectar vacíos en la literatura y establecer un marco teórico y conceptual para orientar la investigación actual (Palmira, 2021).

1.1.1 Comportamiento del algodón en cultivos.

Para comenzar con la temática relacionada con la sustitución del sustrato o también llamado turba por subproductos de algodón y poder utilizarlo en los cultivos como sustrato alternativo, un estudio realizado por Petropoulos et. al (2019), menciona que “los resultados [...] mostraron que los subproductos del algodón y la zeolita pueden sustituir parcialmente a la turba en el sustrato de crecimiento de “*C. Spinosum*” y se pueden lograr altos rendimientos comparables a los de la turba” (p. 1).

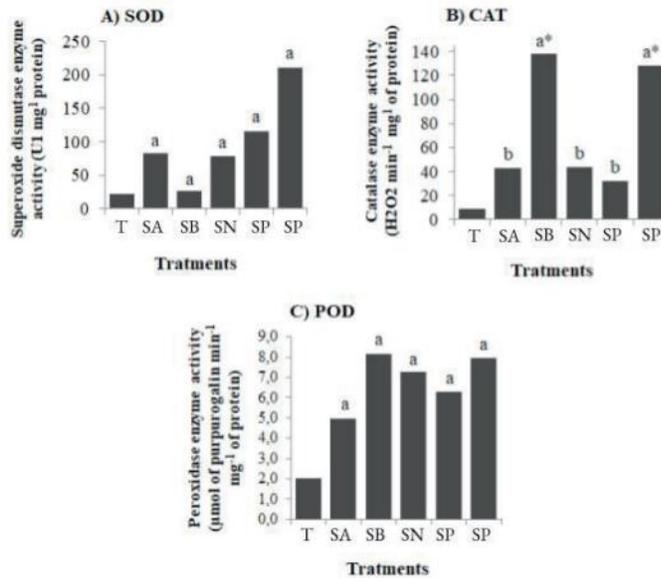
Este estudio presenta una interesante propuesta para la sustitución de la turba en el sustrato de cultivos, utilizando subproductos del algodón (Co) en combinación con zeolita. Este enfoque no solo plantea una solución viable desde el punto de vista agrícola, sino que también responde a una creciente preocupación ambiental. La turba es un recurso natural no renovable cuya extracción tiene un impacto significativo en los ecosistemas. Por lo tanto, la posibilidad de reemplazarla por subproductos de una fibra textil tan ampliamente producida como el Co es una alternativa atractiva.

Al realizar un estudio de la viabilidad de sustratos orgánicos, en los que incluye los residuos de algodón en cultivos de tomate, Marcon et al. (2020) menciona que:

Los extractos derivados de residuos de algodón (SA) y caña de azúcar mostraron impactos negativos en el índice de germinación de las semillas de tomate y en la longitud de las plántulas de tomate, lo que indica su toxicidad moderada. En esas condiciones, los sistemas de defensa de enzimas antioxidantes (CAT, SOD y POD) de las semillas y plántulas no fueron efectivos para revertir el daño inducido por el estrés concluyendo que el uso de estos residuos de algodón muestra índices de germinación y longitud de raíz más

bajos, esto debido a los altos valores de pH y conductividad eléctrica, lo cual apuntan a una posible toxicidad. (p. 9)

Figura 3
Gráficos de las actividades enzimáticas



Fuente: (Marcon et al., 2020). Nota: La información se interpreta así: a) superóxido dismutasa (SOD); b) catalasa (CAT); y, c) peroxidasa (POD) en plántulas de tomate 168 horas después de la germinación en lo siguiente: agua destilada, Control – (T); extracto de residuos de algodón (SA); extracto de residuos de caña de azúcar (SB); extracto de hierba Napier (SN); extracto de poda de árboles (SP); extracto de aserrín (SS).

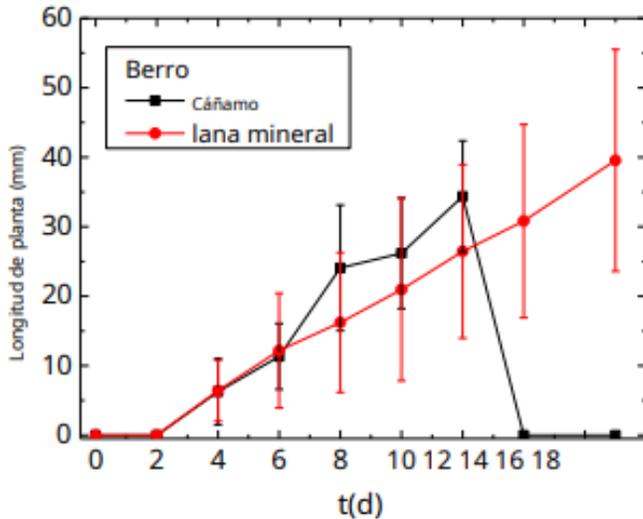
Esto quiere decir que, en los datos mostrados en la **Figura 3**, los residuos de algodón no se consideran factibles para cultivar plantas comestibles, debido al grado de toxicidad que presenta en su composición, pues los residuos textiles son obtenidos de prendas ya elaboradas que pasaron por un proceso de fabricación en el que se usa productos químicos, de esta manera resulta peligroso para el consumo humano y de igual forma perjudica el correcto crecimiento de la planta, sin embargo esto no quiere decir que la germinación no sea posible si no que el cultivo crecerá de menor longitud que uno con proceso normal.

Los resultados de Dirkes et al. (2021) indican que:

Como es típico en el caso del berro, todas las plántulas germinaron. Inesperadamente, después de un comienzo similar durante los primeros 6 días, las plántulas de cáñamo crecieron más rápido antes de morir, ya que el sustrato no estaba suficientemente irrigado. La albahaca, la mejorana y la ajedrea no pudieron germinar sobre

el cáñamo ya que este sustrato estaba demasiado húmedo, siendo colocadas en una caja llena unos centímetros de agua. (p. 3)

Figura 4
Plantas de berro de longitud media, cultivadas sobre cáñamo y lana mineral.



Fuente: (Dirkes et al., 2021).

Estos resultados que se presentan en la **Figura 4**, de acuerdo con el estudio realizado en cultivos verticales utilizando sustratos textiles, en el caso del cáñamo se utilizaron plantas como el berro, albahaca, mejorana y ajedrea. Al ser una fibra que contiene celulosa como el algodón, su comportamiento en los cultivos es similar y en base al estudio que se realizó los resultados pueden generar similitud. Las dos fibras tienen gran capacidad de absorción es por esto que, puede generar un problema en la germinación de los cultivos debido al excesivo consumo de humedad.

1.1.2 Determinación de la composición de la prenda.

Existen varios métodos para determinar cómo se compone una prenda textil. Según Villanueva (2020):

Para determinar la composición del producto textil, en primer lugar, se debe proceder a identificar la naturaleza de cada fibra componente (análisis cualitativo). Posteriormente, debe aplicarse el método de determinación cuantitativa adecuado, conforme el resultado obtenido en el análisis cualitativo previo. Estos métodos cuantitativos están basados en el análisis gravimétrico. (p. 27)

Esto indica que, entender la naturaleza de cada fibra mediante un análisis cualitativo es fundamental, ya que sienta las bases para aplicar métodos cuantitativos como el análisis gravimétrico. Este enfoque metodológico no solo asegura la precisión en la identificación de fibras, sino que también proporciona un marco sólido para investigaciones posteriores en el campo de la composición textil, es crucial comprender cómo estos métodos se interrelacionan para obtener resultados confiables.

Existen algunos procesos para identificar los textiles, al respecto Maldonado y Pérez (2010) mencionan que:

“Existen varios métodos de identificación, aunque los que presentan menor complejidad y pueden llevarse a cabo con un menor requerimiento tecnológico son los siguientes:

- Exploración visual.
- Resistencia al calor y a la flama.
- Pruebas de solubilidad.
- Análisis al microscopio” (p. 13)

En este contexto, la identificación precisa de las fibras es crucial, los métodos varían en complejidad y requerimientos tecnológicos, siendo algunos más accesibles que otros, entre los de menor complejidad y requerimientos tecnológicos se explican a continuación:

- a) Exploración visual: Este método implica examinar físicamente la estructura y características superficiales de las fibras. Es un paso inicial que puede proporcionar indicios visuales sobre la naturaleza de la fibra, como su brillo, color y textura.
- a) Resistencia al calor y a la flama: Consiste en someter muestras de fibras a diferentes temperaturas para observar su reacción. Cada tipo de fibra reacciona de manera específica al calor y a la flama, lo cual permite diferenciar fibras naturales de sintéticas y determinar posibles mezclas.
- b) Pruebas de solubilidad: Este método implica sumergir muestras de fibras en diferentes solventes para observar su disolución o resistencia. Las fibras tienen diferentes reacciones químicas frente a solventes específicos, lo que ayuda a identificar su composición.

- c) Análisis al microscopio: Es un método más avanzado que implica el uso de un microscopio para examinar la estructura y características internas de las fibras. Permite identificar detalles microscópicos que son únicos para cada tipo de fibra.

Estos métodos proporcionan herramientas fundamentales, desde pruebas visuales simples hasta análisis más complejos bajo microscopio, permitiendo identificar la fibra de mejor manera y más precisa.

1.2. Marco legal

Es el conjunto de leyes, regulaciones, normas y principios jurídicos que rigen y regulan una actividad, tema o sector específico, estableciendo los límites, derechos y obligaciones, proporcionando una base para la toma de decisiones, la resolución de conflictos y la protección de intereses (Sarasola, 2024).

1.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La búsqueda de soluciones sostenibles y eco-amigables en la agricultura es crucial para mitigar el impacto ambiental negativo y promover un desarrollo sostenible. En este contexto y según la Constitución de la República del Ecuador (2008) en su Artículo 14 se menciona que:

Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

En base a la realidad de esta investigación y tomando en cuenta todo lo relacionado al proceso investigativo, la línea de investigación UTN que más se alinea es la número 1, que indica: “Producción Industrial y Tecnología Sostenible” (Universidad Técnica del Norte, 2024, p. 1).

1.2.3. Normativa ambiental y laboral

En lo referente a la seguridad alimentaria se puede indicar que esto se refiere a la garantía de que los alimentos sean inocuos para el consumo humano y cumplan con estándares de calidad.

En lo referente a regulaciones internacionales, sus principios se basan en lo dictaminado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Gonzalo Muñoz, 2019). Algunos de estos se detallan a continuación:

- a) Codex Alimentarius: Es un conjunto de normas internacionales sobre alimentos, que incluye directrices sobre higiene de los alimentos, residuos de plaguicidas, contaminantes y más.
- b) ISO 22000: Es un estándar internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos.

En Ecuador, la seguridad alimentaria está regulada por varias entidades, incluyendo el Ministerio de Salud Pública (MSP) y la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) (Calero, 2011).

- a) Buenas prácticas de manufactura:

Las Buenas Prácticas de Manufactura son procedimientos destinados a garantizar que los productos sean consistentemente producidos y controlados según los estándares de calidad apropiados para su uso previsto (Agencia Nacional de Regulación, 2024), al respecto se detallan algunos requerimientos:

- Instalaciones: Diseño y condiciones higiénicas de las instalaciones de producción.
- Personal: Capacitación adecuada del personal en higiene personal y procedimientos de producción.
- Procesos: Controles para asegurar la calidad y seguridad de los productos durante la fabricación.
- Documentación: Registro y documentación de todos los procedimientos y controles.

En lo referente a las regulaciones por entes gubernamentales se pueden mencionar a las siguientes:

- a) Ambientales: La Constitución de Ecuador reconoce los derechos de la naturaleza, lo que ha llevado a una legislación estricta para proteger el medio ambiente. La Secretaría de Ambiente (MAE) es la entidad encargada de implementar y controlar las políticas ambientales.

- b) Laborales: El Ministerio de Trabajo regula las condiciones laborales en Ecuador, incluyendo aspectos como seguridad en el trabajo, condiciones salariales, jornadas laborales, entre otros. Es importante cumplir con las normativas laborales para garantizar condiciones dignas y seguras para los trabajadores.

1.3. Marco Conceptual

Es un conjunto de ideas, teorías, conceptos y suposiciones que proporcionan una estructura lógica y coherente para entender y analizar un tema o problema, definir límites, identificar relaciones entre variables, establecer hipótesis y análisis de datos (Rhoton, 2023).

1.3.1. Prendas de algodón

El algodón es una fibra compuesta por diferentes longitudes y variaciones en su estructura. Estas son provenientes de las plantas de algodón, que pertenecen al género *Gossypium*. Principalmente compuesto de celulosa, un compuesto orgánico insoluble crucial para la estructura de las plantas, el algodón es un material suave y esponjoso. La planta de algodón requiere abundante luz solar, un período largo sin heladas y una buena cantidad de lluvia (Masterclass, 2021).

El algodón es ampliamente conocido como la fibra natural más utilizada globalmente, principalmente destinada a la confección de prendas de vestir. Gracias a su origen natural y al proceso de diseño y fabricación al que se somete, este material presenta una serie de ventajas distintivas (Peterman, 2023), entre ellas se encuentran:

- a) Aislamiento. Actúa como aislante térmico tanto en verano como en invierno, protegiendo del calor y el frío. El espacio entre las fibras de la tela atrapa el aire, mejorando la comodidad.
- b) Hipoalergénica. El algodón rara vez causa reacciones alérgicas, siendo recomendado para personas con sensibilidad en la piel. Su naturaleza hipoalergénica lo hace ideal para productos médicos como vendas y gasas, así como para la ropa de bebé (Reyes, 2023).
- c) Resistencia al agua. Pueden ser tratadas para resistir el agua sin comprometer su comodidad y transpirabilidad, ofreciendo prendas versátiles para diversas condiciones climáticas.
- d) Comodidad. La suavidad y la capacidad de estiramiento del algodón hacen que sea extremadamente cómodo de usar, especialmente en prendas interiores y ropa de uso diario.

- e) Durabilidad. El algodón tiene una excelente resistencia a la tensión, siendo fuerte y duradero incluso cuando está mojado. Puede soportar numerosos lavados con agua caliente sin perder sus propiedades.

1.3.2. Plantas de ciclo corto

Los cultivos de ciclo corto son aquellos que tienen un período relativamente breve desde la siembra hasta la cosecha. Estos cultivos son fundamentales en la agricultura familiar debido a su rápida producción y contribución significativa a la dieta y economía doméstica (Domínguez, 2023).

En un sistema de manejo integral, estos cultivos se cultivan típicamente en callejones, utilizando prácticas como la rotación de cultivos. Este enfoque no solo ayuda a mantener la fertilidad del suelo, sino que también es crucial para evitar la expansión de la frontera agrícola, promoviendo así la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de recursos.

Además, la agricultura de ciclo corto se integra estrechamente con otras actividades en la finca, permitiendo la utilización eficiente de subproductos agrícolas. La familia desempeña un papel central al aportar mano de obra para el cuidado de estos cultivos, que incluyen maíz, arroz, frijol y soya, todos destinados principalmente al consumo familiar (Quevedo, 2020).

Parte de la producción, especialmente los cultivos como maíz, soya y trigo se destinan a la elaboración de alimentos balanceados caseros para animales como mamíferos y aves menores. Estos animales no solo proporcionan carne y huevos para la alimentación familiar, sino también ingresos económicos adicionales que son vitales para el sustento rural; a la hora de establecer estos cultivos, es crucial considerar no solo la temperatura del aire, sino también la humedad y la temperatura del suelo.

Antes de sembrar semillas o plántulas, es importante verificar que el suelo no esté saturado por el deshielo de la nieve ni demasiado frío al tacto. Utilizar camas elevadas con buen drenaje para facilitar y acelerar su calentamiento. Para iniciar la temporada de cosecha, es recomendable comenzar con vegetales que sean tolerantes al frío, optimizando así el rendimiento de los cultivos en estos huertos de temporada corta (Burpee, 2024).

Figura 5
Plantas de ciclo corto (ornamentales)



Fuente: (Cesio, 2023)

1.3.3. Cultivos hidropónicos

La hidroponía es una técnica moderna de cultivo que se basa en cultivar plantas utilizando soluciones minerales nutritivas en lugar de suelo. Este método busca maximizar la productividad y mejorar la calidad de los cultivos al proporcionar de manera directa los nutrientes esenciales que las plantas necesitan para crecer y desarrollarse de manera óptima (Ricardo et al., 2022).

Hoy en día, la hidroponía está ganando popularidad como un método de cultivo expansivo y eficiente. No solo permite la producción de plantas en cualquier época del año y en ubicaciones variadas, sino que también es adaptable a espacios reducidos y utiliza menos recursos en comparación con la agricultura tradicional en suelo. Esta técnica ofrece la posibilidad de un manejo más preciso de los nutrientes y del ambiente de cultivo, lo que contribuye a un aumento en la productividad y a una agricultura más sostenible (Chuquimarca, 2023).

El cultivo hidropónico es ampliamente adoptado en la agricultura profesional y en diversas iniciativas comunitarias o familiares debido a sus beneficios nutricionales para las plantas mediante sistemas de riego optimizados. Este método se distingue por la ausencia de suelo, reemplazado por sustratos que sostienen y facilitan el desarrollo adecuado de las plantas. Al no haber contacto directo con tierra, las plantas pueden crecer en un medio acuático controlado que les suministra los nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo óptimos (Lema, 2023).

Figura 6
Cultivo en hidroponía



Fuente: (Wallace, 2021).

CAPÍTULO II

2 METODOLOGÍA

2.1. Metodología de la investigación

En esta sección se abordará la temática relacionada con el método de investigación para los cultivos hidropónicos usando textiles reciclados algodón (Co) 100% como sustituto de suelo, al respecto Coelho (2024) menciona que “la metodología de investigación es la disciplina que guía el proceso de investigación científica, proporcionando conceptos, principios y leyes para realizar estudios eficientes, enfocándose en el proceso de investigación como objeto de estudio”. (p.1)

2.1.1. Enfoque de la investigación

Se ha seleccionado al enfoque cualitativo por la motivación de que se explorará en profundidad las percepciones, experiencias y la calidad de los cultivos cuando se utilizan textiles reciclados 100% algodón como sustrato en sistemas de cultivo hidropónico. Permitirá capturar información detallada sobre aspectos como la textura del sustrato, la absorción de agua, la interacción con las raíces de las plantas, y las condiciones de crecimiento observadas directamente en el contexto de un ambiente controlado. Además, el enfoque cualitativo facilitará la comprensión de los posibles beneficios y desafíos percibidos por los agricultores y los expertos en agricultura hidropónica al utilizar este tipo de sustrato alternativo.

Este enfoque cualitativo permitirá obtener una perspectiva detallada sobre cómo los textiles reciclados 100% algodón podrían integrarse efectivamente como un compuesto orgánico en sistemas de cultivo hidropónico, explorando aspectos que van más allá de los resultados únicamente cuantitativos.

2.1.2. Tipo de investigación

Por las características del estudio, se considera pertinente hacer uso de la investigación experimental; en este sentido, Gómez (2021), explica como “está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver.” (p. 2)

Este tipo de investigación permitirá realizar experimentos controlados donde se manipulan variables (como el tipo de sustrato) para observar directamente cómo afecta el crecimiento y la productividad de los cultivos en sistemas hidropónicos. Comparando el rendimiento de las plantas

cultivadas en sustratos convencionales con aquellas cultivadas en textiles reciclados 100% algodón, midiendo parámetros como el crecimiento de la raíz, comportamiento del sustrato utilizado, entre otros.

También, se puede enfocar este proyecto hacia la investigación descriptiva que se centra en identificar y explicar "qué" ocurre en el objeto de estudio, en lugar de investigar las razones o motivos detrás de ello. Su objetivo principal es describir detalladamente fenómenos, situaciones o eventos sin profundizar en las causas subyacentes que los generan (Valle, 2022).

Se utiliza este tipo de investigación para describir detalladamente cómo se implementa y se utiliza el sustrato de textiles reciclados 100% algodón en diferentes sistemas de cultivos hidropónicos. Esto incluye detallar los métodos de preparación de los sustratos, los tipos de cultivos utilizados, las condiciones de crecimiento observadas y las percepciones sobre el desempeño de este tipo de sustrato.

2.1.3. Técnica de investigación

Con el fin de que el desarrollo de esta investigación sea fiable y confiable, se utilizará la técnica de observación, misma que implicará establecer 3 grupos de cultivos hidropónicos de acuerdo a la presentación del textil, es decir, la prenda deshilachada, cortada en trozos y probetas, también se presenta las variables del tipo de planta cultivada.

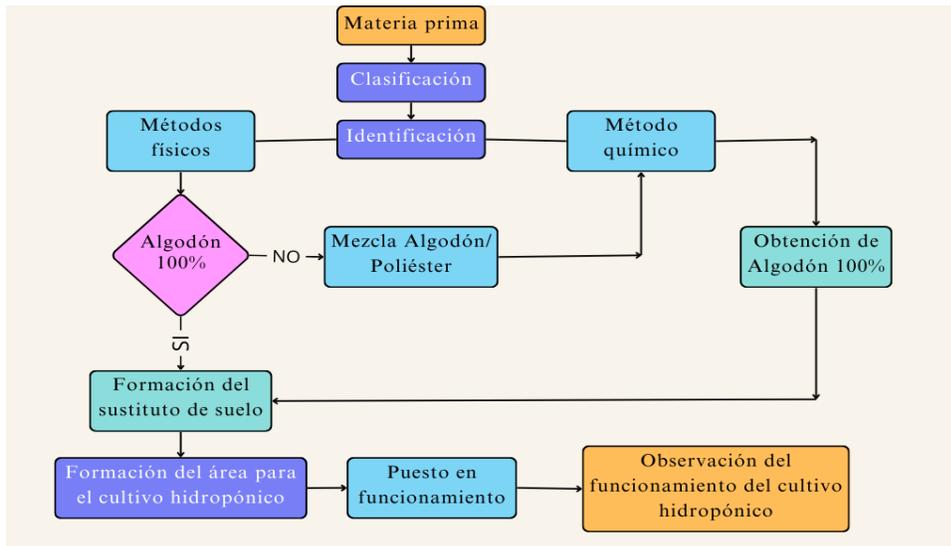
La experimentación controlada se refiere a una técnica firme para evaluar la efectividad del compuesto de textiles reciclados en cultivos hidropónicos. Al establecer grupos idénticos con diferentes sustratos, se minimizan las variables externas y se garantiza una comparación objetiva.

2.2. Flujogramas

2.2.1. Flujograma general

En la **Figura 7**, se muestra la representación gráfica del proceso en general de la realización de los cultivos hidropónicos a través del uso de textiles reciclados 100% algodón como sustituto de suelo.

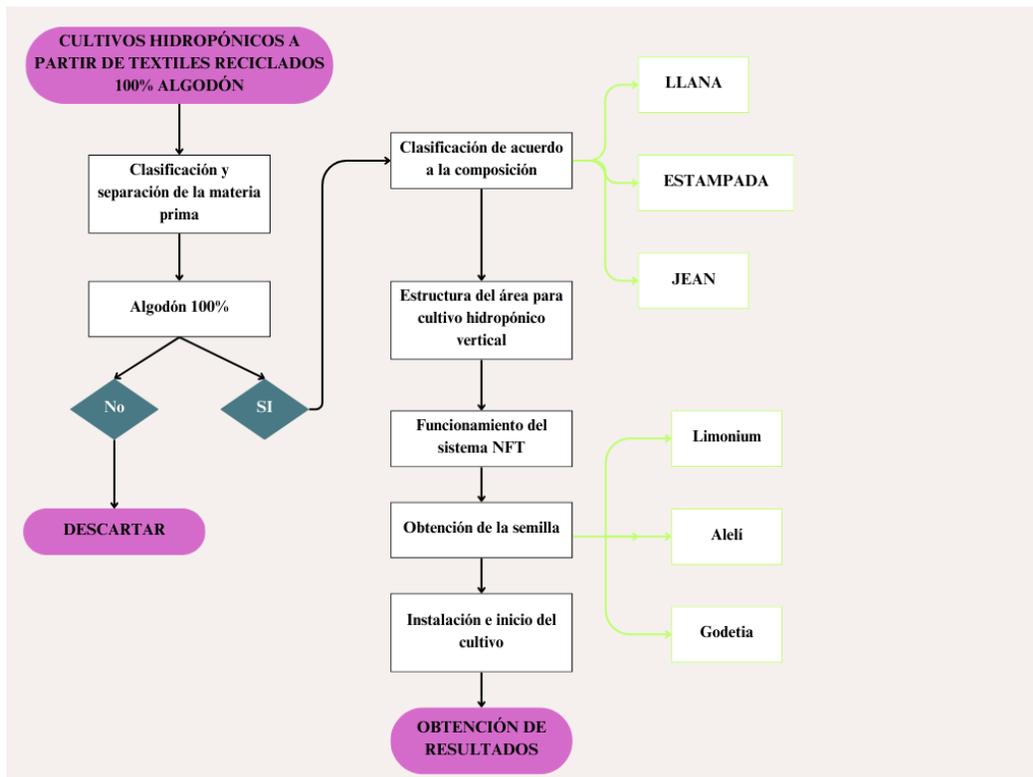
Figura 7
Flujograma general



2.2.2. Flujograma muestral

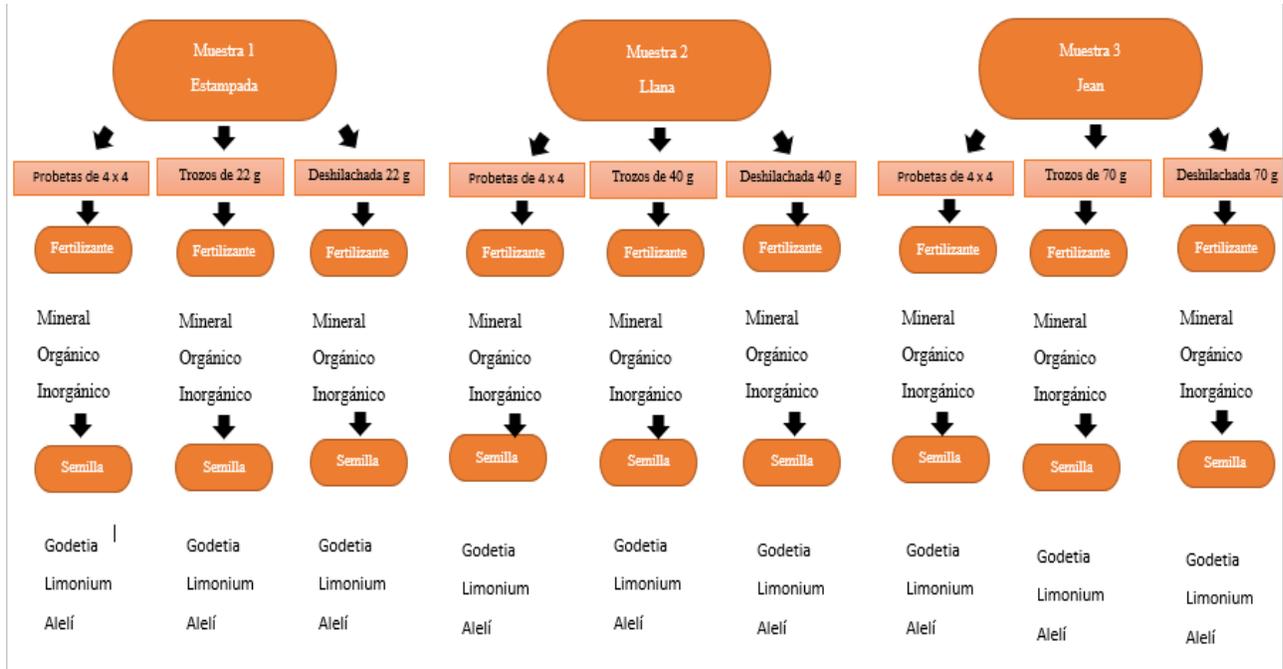
En la **Figura 8**, se muestra el flujograma muestral del proceso para la realización de los cultivos hidropónicos a través del uso de textiles reciclados 100% algodón como sustituto de suelo.

Figura 8
Flujograma muestral



En la **Figura 9** se detalla la información sobre las muestras que se utilizaron para el proyecto, de forma detallada.

Figura 9
Flujograma muestral de muestras



2.3. Materiales y equipos

2.3.1 Tejidos reutilizables para hidroponía

La hidroponía sostenible requiere innovaciones en materiales y técnicas, al mencionar tejidos, éstos ofrecen una solución eficiente y ecológica para cultivos hidropónicos. Estos materiales permiten tener más eficiencia en el uso de recursos, reducción de residuos y mejora en el sistema de reutilización.

Materiales: los textiles con mayor uso en hidroponía son a base de materiales como el algodón, lana, cáñamo y coco; siendo éstas algunas opciones populares debido a sus propiedades absorbentes y facilidad en su manejo de aplicación.

Dadas las condiciones en los estudios preliminares del presente proyecto, se opta por el uso de algodón reciclado de prendas de vestir, intentando minimizar los residuos, ahorrando recursos, disminuyendo costos a largo plazo y promoviendo prácticas sostenibles.

2.3.2 Características técnicas:

La reutilización y reciclaje de tejidos de segunda mano presenta una oportunidad significativa para reducir residuos textiles y promover prácticas sostenibles. En este apartado se mencionarán los aspectos clave de los tejidos de segunda mano, con el objetivo de identificar oportunidades para su reutilización y reciclaje efectivo.

a) Composición

Según el estudio que realizó Pacas la Americana (2024) menciona que “ todas las pacas tienen un aproximado de 100 Lb, por consiguiente no se puede certificar un número exacto de piezas, pero si se puede dar aproximados (ropa de adultos: 150-200 piezas aprox.)/ (ropa de niños: 200-300 piezas aprox.)”; en los tejidos de segunda mano es fundamental establecer un análisis cuantitativo de fibras (composición), para determinar su potencial de reutilización y reciclaje, en este sentido se podrían encontrar prendas de vestir en pacas de ropa para reutilización en composiciones puras o como en mezclas de fibras, tales como:

- Algodón: 100% (camisas, pantalones, vestidos)
- Poliéster: Mezcla con algodón (camisas, pantalones, chaquetas)
- Lana: 100% o mezclas (camisas, pantalones, chaquetas)

Se debe tomar en cuenta que para el presente proyecto se seleccionaron las prendas con composición 100% algodón, dando cumplimiento a los objetivos plantados en el estudio a través de su uso como sustituto de suelo en los cultivos hidropónicos.

b) Tipo de prenda

Al momento de realizar la compra de las pacas de ropa, estas se encuentran surtida con diferentes prendas de vestir, así como complementos de vestuario, de acuerdo a esto, se detallan los diferentes escenarios:

- Ropa de vestir: camisas, blusas, pantalones, faldas, vestidos.
- Ropa de abrigo: chaquetas, abrigos, impermeables.
- Ropa interior: camisetas, calzoncillos, bragas.
- Accesorios: bufandas, pañuelos, cinturones.

En cuanto a las características que presentan las pacas de ropa, estas dependen del tipo de prendas que contengan: dependiendo de la ropa (10-25 kg), tamaño de la paca (15-50 kg), material y densidad (10-25 kg), estos parámetros son de acuerdo a las pacas de ropa que son adquiridas para la venta de la misma. (Montilla, 2022)

Figura 10
Paca de ropa



Fuente: (Dayma, 2022).

c) Clasificación por teñido

Los tejidos de segunda mano se presentan en diversas formas y estilos, de acuerdo con la determinación de calidad, colores, composiciones, entre otros. En este contexto, se explorarán las diferentes categorías de teñido, desde colores sólidos hasta estampados:

- Teñido: colores sólidos, estampados, rayas.
- Blancos: sin teñir.
- Colores pasteles: suaves y desvaídos.
- Claro/Oscuro: clasificación según la intensidad de color.

d) Clasificación por acabados

En este apartado se analizarán las características de los tejidos de segunda mano, las cuales influyen directamente en su textura, durabilidad y potencial de reutilización. Debiendo clasificarse por simple inspección visual y al tacto los posibles tipos de acabados, pudiéndose encontrar las siguientes opciones:

- Acabados suaves: algodón, lana, mezclas.
- Acabados rígidos: poliéster, nylon.
- Estampados: Algodón, poliéster, entre otros.
- Sublimados: Poliéster y mezclas.

2.3.3 Hidroponía vertical

En esta sección, se optó por usar este tipo de hidroponía, en función del espacio físico donde se realizó el proyecto, pues este tipo de cultivo es ideal en espacios con poca disponibilidad, también, por mayor facilidad y manejo de las plantas y la observación constante en este tipo de sistema.

Se debe tomar en cuenta que las plantas no se encuentren demasiado juntas para generarse sombras entre ellas, ya que la configuración de este sistema hace que los contenedores y tubos queden sobrepuestos (Campoverde, 2021).

Figura 11
Cultivo hidropónico vertical



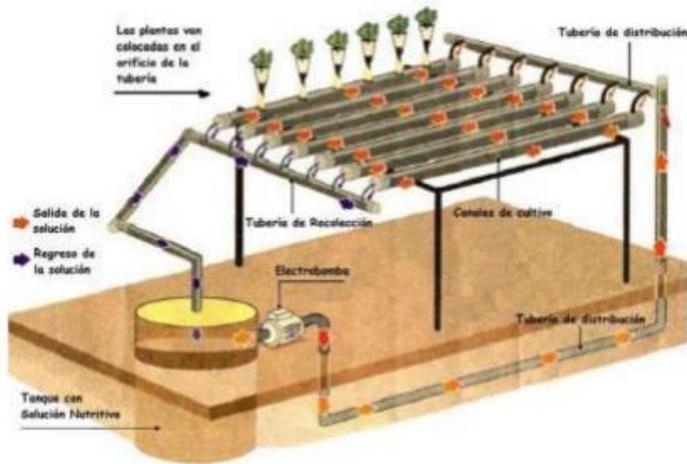
Fuente: (Herme, 2024)

a) Sistema de hidroponía NFT (Nutrient Film Technique)

Es una técnica de cultivo hidropónico que utiliza un flujo constante de nutrientes (fertilizante) para alimentar las raíces de las plantas, en cuanto a su funcionamiento consta de un canal de tuberías conectado a un sistema de riego (ver **Figura 12**). Los tubos se dirigen

directamente a los cultivos para garantizar el riego continuo, también es importante tomar en cuenta el drenaje del agua.

Figura 12
Sistema NFT



Fuente: (Inca, 2013)

b) Tuberías (Características, dimensiones, formas, corte, longitudes)

Para la fase experimental del proyecto, se utilizaron mangueras pequeñas para gasolina (uso para transportar el agua) por motivos de flexibilidad, resistencia y costos; las condiciones para su uso deben sujetarse a flexibilidad y grosor, para que pueda transportar el agua a las plantas de manera eficiente, el diámetro interno será de 4-6mm y el espesor de 0.5-1.5mm.

Características:

- Corte en “V”: Como su nombre lo dice la parte superior de la manguera tendrá la forma de “V”, esto facilitará la entrada del agua hacia las raíces.
- Corte con cuchilla: Se utiliza esta herramienta para generar un corte preciso y limpio.
- Profundidad del corte: 1-2 cm.
- Ajuste del flujo: tomar en cuenta las necesidades de la planta.
- Cortes irregulares: puede causar obstrucciones y reducir el flujo del agua.
- Longitud: 1-2 cm cada 10-20 cm.

- Limpieza: La manguera debe estar en constante limpieza para evitar la acumulación de residuos.

Figura 13
Manguera de PVC



Fuente: (Riego Ecuador, 2024).

c) Sistema de riego

Considerando las mejores condiciones del sistema, se opta por el riego manual del cultivo hidropónico NFT, dada su sencillez y economía, siendo requerida la utilización de una bomba manual para impulsar una solución nutritiva desde un tanque hacia los canales donde se encuentran las raíces de las plantas.

Ventajas:

- Económico: no se requiere de una inversión en equipos automatizados.
- Adaptabilidad: los parámetros de riego se ajustan directamente según las necesidades de la planta.
- Monitoreo: control directo sobre el flujo del agua y el drenaje.
- Mantenimiento: no cuenta con equipos complejos que dificulten la limpieza y mantenimiento.
- Ambiente: reduce el consumo de agua.

d) Sustrato de crecimiento

De acuerdo a las plantas que se van a usar para realizar el cultivo hidropónico se plantean tres variables de acuerdo al sustrato o en este caso los tipos de fertilizantes, los cuales contienen diferentes tipos de componentes para ayudar o mejorar el crecimiento de la planta.

De acuerdo con la planta que se va a sembrar en los cultivos hidropónicos, se optó por un fertilizante mineral (ver **Tabla 1**), debido a que es un abono soluble en agua, contiene alto contenido de macro y micronutrientes para fomentar el crecimiento y desarrollo homogéneo de la planta.

Tabla 1
Opción de Fertilizante mineral

Producto: Fuerza Verde Especial	Composición	Porcentaje (%)
	Nitrógeno (N)	9.00%
	Fosforo (P ₂ O ₅)	24.00%
	Potasio (K ₂ O)	27.00%
	Boro (B)	0.03%
	Cobre (Cu)	0.01%
	Magnesio (Mn)	0.04%
	Molibdeno (Mo)	0.05%
	Zinc (Zn)	0.05%
	Hierro (Fe)	0.04%

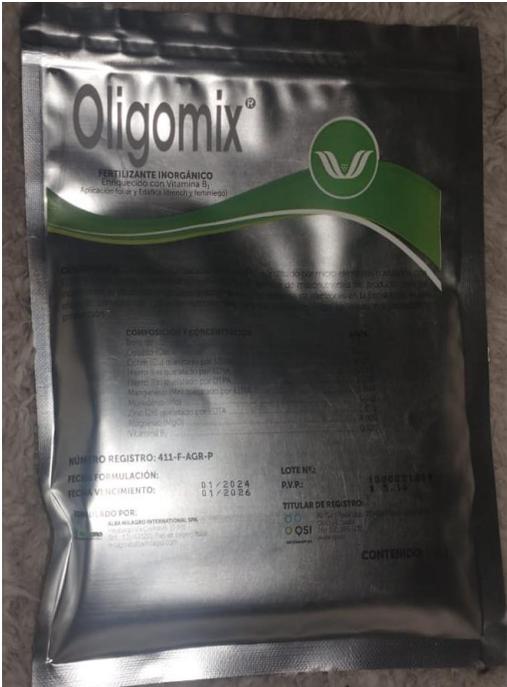
Fuente:(Agrosad, 2023).

También, se opta por otro tipo de fertilizante inorgánico (ver **Tabla 2**), es un fertilizante altamente soluble, constituido por microelementos complementados con vitamina B₁. El balance de micronutrientes del producto permite incrementar la eficiencia enzimática e incrementa la transferencia de electrones en la

fotosíntesis, es un eficiente corrector de carencias nutrimentales para los cultivos en todas las etapas del desarrollo y producción. En cuanto a la dosis que se coloca es de 0.4 g/L de agua.

Los nutrientes que se encuentran en este tipo de fertilizante suelen ser necesarios en pequeñas cantidades, pero su ausencia puede afectar arduamente el crecimiento, la calidad y el rendimiento de las plantas. Oligomix es muy utilizado en cultivos agrícolas, ornamentales y hortícolas.

Tabla 2
Opción de Fertilizante inorgánico

Producto: Oligomix	Composición	Porcentaje (p/p)
	Hierro (Fe)	2.500
	Cobalto (Co)	0.002
	Hierro (Fe)	1.500
	Zinc (Zn)	2.000
	Manganeso (Mn)	1.500
	Boro (B)	1.200
	Molibdeno (Mo)	0.110
	Magnesio (MgO)	4.000
	Cobre (Cu)	0.100
	Vitamina B	0.100

Como tercera variable se opta por otro tipo de fertilizante orgánico (ver **Tabla 3**); esto para observar la mejor opción en las plantas a sembrar; contribuye a intensificar la coloración de las flores y frutos, además de acelerar el ciclo productivo de las plantas. También cuenta con propiedades reductoras, que actúan como donadoras de electrones, son especialmente útiles para compensar la insuficiencia de horas

de luz y para estimular reacciones aniónicas que benefician el desarrollo del cultivo. La dosis que se coloca es de 1.5 ml/L de agua.

Es utilizado tanto en cultivos agrícolas como en ornamentales debido a su gran capacidad para potenciar la calidad y productividad, puede ser aplicado en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo.

Tabla 3
Opción de fertilizante orgánico

Producto: Mykross Plus	Composición	Porcentaje (p/p)
	Materia orgánica	50.00
	Potasio (K20)	20.00
	Nitrógeno Total	1.00
	Fósforo (P205)	1.00
	Magnesio (MGO)	1.00
	Calcio (CaO)	1.00
	Hierro (Fe)	0.01
	Zinc (Zn)	0.01
	Cobre (Cu)	0.01
	Manganeso (Mn)	0.90
	Cloruro	34% p/p
	Sodio (Na20)	36% p/p

e) Sustituto de suelo

En el cultivo hidropónico, el sustituto de suelo es un componente fundamental para el desarrollo y crecimiento de las plantas, es necesario tomar en cuenta que en este sistema no se usa el suelo tradicional, es necesario emplear un medio que proporcione soporte, retenga la semilla y permita el paso de la raíz hacia el agua.

Para llevar a cabo el proyecto, es fundamental seleccionar un tejido de algodón 100% como sustituto de suelo en los cultivos. Este material se presentará en tres variantes, detalladas en la **Tabla 4**. El objetivo es generar variables y evaluar cuál de ellas ofrece los mejores resultados para su aplicabilidad en cultivos, identificando así la opción óptima.

Tabla 4
Muestras

Presentación de las muestras	Descripción	Figura
Deshilachada	Se utiliza una tapa de botella (tillo) para debilitar las fibras del textil 100% algodón (Co) y de forma manual retirando la fibra hasta el punto de formar una especie de “nido” para colocar en la adaptación del cultivo hidropónico.	
Trozos	Se utilizan las tijeras para “destrozar” el textil y de igual manera adaptarla para que encaje en el cultivo.	
Probetas	Se coloca un cuadro completo del textil, tomando en cuenta el espacio que necesitaría la raíz de la planta para crecer.	

f) Selección de plantas

En el marco de este proyecto, se realizó una selección de tres especies de plantas ornamentales con el objetivo de determinar cuál es la más adecuada para los cultivos hidropónicos. Las especies seleccionadas son:

- Godetia “*Clarkia amoena*”

Esta planta es originaria de América del Norte, es una flor que tiene entre 30-60 cm de altura (ver **Figura 14**), se caracteriza por presentar pétalos de colores pasteles (rosado, blanco, lavanda y amarillo), la semilla germina de 1-2 semanas después de la siembra.

En cuanto a su uso, esta flor presenta un gran atractivo para jardines de flores o para contenedores, atrae a las mariposas y a los colibríes, siendo una gran opción para jardines de polinizadores.

Figura 14
Godetia



- Limonium Amarillo “*Limonium aurantiacum*”

Es una flor de color amarillo y con una textura suave crece entre 30-60 cm de altura, las flores son pequeñas con un color brillante (ver **Figura 15**). La planta puede tardar unos meses en establecerse después de la plantación y su floración se produce aproximadamente 3-4 meses. En cuanto a sus usos, se aplica en jardines de flores o para contenedores, debido a su belleza y atractivo visual. También se usa en la producción de tintes y pigmentos debido a su color amarillo intenso.

Figura 15
Limonium amarillo



- Alelí “*Matthiola incana*”

Es un tipo de planta herbácea que pertenece a la familia Brassicaceae, originaria de Europa y Asia. Tiene un crecimiento de 10-30 cm de altura, las flores son pequeñas, de color blanco o amarillo, las hojas son ovaladas y lanceoladas (ver **Figura 16**). En cuanto al uso que se le da a esta flor es en el ámbito ornamental en jardines, parques y espacios públicos, gracias a su belleza y durabilidad, presenta un gran atractivo para las abejas, lo que la hace ideal para jardines polinizadores.

Figura 16
Alelí



2.3.4 Estructura de hidroponía vertical

En la siguiente sección se describen las características técnicas necesarias para la formación óptima de una estructura de hidroponía vertical (1m x 1m), considerando factores físicos, ambientales y de control.

a) Viguetas de madera:

A pesar de su apariencia ligera (ver **Figura 17**), es sorprendentemente fuerte y estable, lo que la hace ideal para soportar el peso, proporcionan una estructura sólida y estable para sostener los componentes del sistema hidropónico, como los tubos de riego y los soportes para las plantas, siendo la madera ampliamente utilizada en la construcción de estructuras hidropónicas (Vallejo, 2020).

La madera que se utilizó en el presente proyecto es tabla de pino para encofrado la misma que se usa para estructuras de soporte, es decir que sostiene los sistemas de hidroponía, en este caso se presenta como la materia primordial para que el funcionamiento del cultivo hidropónico vertical sea factible.

Figura 17
Viguetas



Fuente: (Aglomerados Cotopaxi, 2020).

b) Rollo de alambre galvanizado:

Este material se utiliza para formar la malla interna que sostiene el envase para los cultivos hidropónicos, es útil y versátil gracias a su resistencia y su uso en diferentes aplicaciones, incluyendo la hidroponía.

Figura 18
Alambre galvanizado



Fuente: (Hierros HB S.A., 2024)

2.3.5 Ambiente controlado.

Las características de la zona deben alinearse con relación a las necesidades de las plantas que se desea cultivar, por esta razón se toma en cuenta:

- Luz: la energía solar actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas, a través de los procesos biológicos, en los que se incluye la fotosíntesis en su forma de asimilación, gracias al calor, estimula el desarrollo de la planta.
- Temperatura: este aspecto afecta directamente al desarrollo de la planta, no permite que se realice la fotosíntesis, afecta a la respiración de la planta, evitando que absorba nutrientes y agua.
- Humedad: afecta al metabolismo de la planta, directamente a la absorción de nutrientes ya que se reduce la transpiración y se cierran las estomas de las plantas.

A partir de las necesidades que los cultivos presentan se opta por realizar una simulación de invernadero, para poder controlar las condiciones climáticas, pues es la más utilizada para los procesos hidropónicos, obteniendo a través de esta los más altos rendimientos, controlando en su totalidad los factores ambientales (Smithers Oasis, 2022).

Figura 19
Invernadero



Fuente: (DIVINO, 2024)

2.4 Norma de referencia

Según la Normativa General para Promover y Regular la Producción Orgánica-Ecológica-Biológica en el Ecuador, establecida mediante el Acuerdo Ministerial N.º 299 y publicada en el Registro Oficial N.º 34 el 11 de julio de 2013, los sistemas de producción de alimentos destinados al consumo humano deben cumplir estrictamente con los principios de inocuidad y sostenibilidad. En este sentido, el uso de materiales como telas recicladas en cultivos hidropónicos podría no ser adecuado para la producción de alimentos comestibles, ya que podrían presentar riesgos de toxicidad y no garantizar la calidad exigida para productos orgánicos.

La normativa exige garantizar la inocuidad de los productos, y los materiales de segunda mano no certificados podrían presentar riesgos, lo cual sería desacorde con los principios orgánicos y ecológicos. Esto hace referencia a la negación de no cultivar alimentos para consumo humano en estas condiciones.

Norma ISO 11269-1:2012 - Procedimiento para Medir el Crecimiento de las Raíces

Objetivo de la Norma:

La norma tiene como objetivo proporcionar un procedimiento estándar para medir el crecimiento de las raíces de plantas en presencia de contaminantes, pero sus principios pueden adaptarse para estudiar el crecimiento radicular en condiciones normales, como en un cultivo hidropónico.

Pasos principales para medir el crecimiento de las raíces según la norma:

Preparación del cultivo:

El primer paso es sembrar las plantas en el sistema de cultivo hidropónico, asegurando que las condiciones ambientales (luz, temperatura, nutrientes) sean constantes para el estudio. Es importante utilizar un medio de cultivo adecuado para hidroponía.

Condiciones de crecimiento controladas:

Durante el experimento, las plantas deben estar bajo condiciones controladas, donde se pueda monitorear el suministro de nutrientes y agua, asegurando un ambiente sin contaminantes, a menos que el estudio sea para evaluar el efecto de ciertos factores.

Extracción de la planta:

- Extracción cuidadosa: Las raíces deben ser extraídas del sistema hidropónico con cuidado para evitar daños. Esto generalmente se hace en el momento en que las plantas alcanzan una etapa de crecimiento determinada o al final del periodo experimental.
- Método recomendado: Se puede usar un sistema de extracción de raíces sumergiendo las plantas en agua destilada o solución nutritiva para evitar el daño mecánico durante la extracción.

Limpieza de las raíces:

Las raíces extraídas deben ser lavadas cuidadosamente con agua destilada para eliminar los residuos de nutrientes o sustrato, especialmente si se usan medios inertes en el sistema hidropónico.

Se recomienda usar un lavado suave para evitar que se rompan las raíces.

Medición de la longitud de las raíces:

- Medición directa: Después de limpiar las raíces, se mide su longitud total utilizando una regla o cinta métrica. Esta longitud se mide de la punta más lejana de la raíz hasta la base donde se conecta al tallo principal.

- Evaluación del crecimiento: La longitud de las raíces se mide en intervalos regulares para monitorear su crecimiento. Las mediciones pueden realizarse semanalmente o en los tiempos predefinidos para el análisis.

Evaluación y análisis:

Se pueden utilizar software de análisis de imágenes para medir la longitud de las raíces en sistemas más sofisticados, o simplemente hacer un análisis visual.

Comparar los datos obtenidos en diferentes etapas del crecimiento para evaluar el impacto de distintos factores.

2.5. Procedimiento

A continuación, se detalla el procedimiento utilizado para el desarrollo del sustituto de suelo, los cultivos hidropónicos y el invernadero, destacando los pasos clave y las técnicas empleadas. Tomando en cuenta las medidas y materiales de manera general.

2.5.1. Clasificación y proceso de identificación de los tejidos 100% algodón

Para este proyecto se debe tomar en cuenta que el uso exclusivo de la prenda para aplicar en los cultivos sea 100% algodón (Co), sin embargo, las prendas que se obtienen a partir de las pacas de ropa de segunda mano en su gran mayoría presentan mezclas algodón/ poliéster, es por esta razón que se procede a clasificar las mismas.

Las prendas que son de algodón y las mezclas, pasan a un proceso de identificación, donde se realizarán los siguientes métodos:

a. Método de combustión (pirognóstico):

Para comenzar a realizar el proceso de identificación, se empieza por el método que se considera “no confiable”, en este caso se utiliza un encendedor y se procede a anotar las características que presenta la muestra de tejido, según el Instituto Textil Nacional (2020) menciona que “consiste en exponer a una llama las fibras o hilos de la materia textil que queremos identificar, analizando su forma de arder, el olor desprendido y el residuo que produce la combustión.”. (p.1)

A continuación, se presenta la **Tabla 5** con los parámetros necesarios para tomar en cuenta en una mezcla de algodón/poliéster, con el método de combustión:

Tabla 5
 Datos del método de combustión

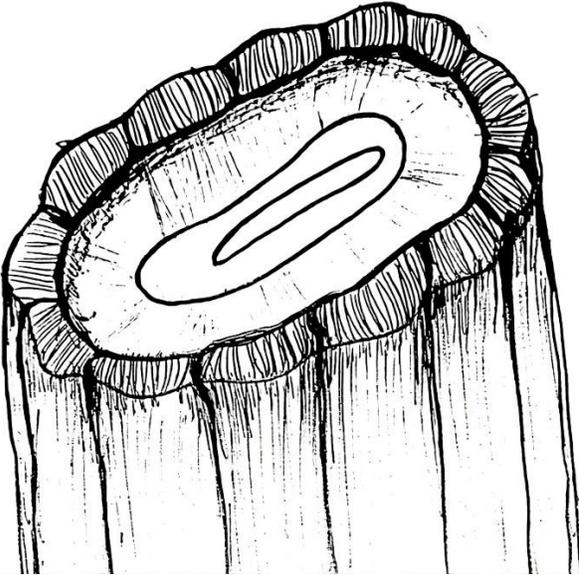
Fibra	Características
Algodón	<ul style="list-style-type: none"> • Al acercarse a la llama: No se funde ni se encoge. • En la llama: Arde rápido y no se funde, llama amarilla. • Al retirar de la llama: Continua ardiendo. • Humo: Gris. • Olor: Papel quemado. • Residuo: Ceniza gris, ligera y suave.
Poliéster	<ul style="list-style-type: none"> • Al acercarse a la llama: Se funde y se encoge. • En la llama: Arde lento y se funde, llama amarilla. • Al retirar de la llama: Se apaga sola. • Humo: Negro. • Olor: Plástico quemado. • Residuo: Ceniza negra, dura y forma de esfera.

Fuente: Adaptado de (Limusa, 1999, p. 4) .

b. Método por microscopía:

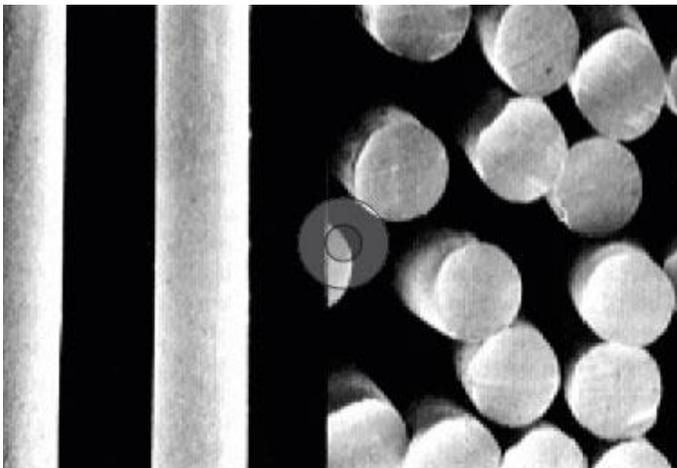
La realización del primer método no es suficiente para tener un diagnóstico confiable de la estructura del textil, es por esta razón que se opta por otros métodos como la microscopía, en este apartado se utilizó un microscopio trinocular, sabiendo que la fibra de algodón en su sección transversal (ver **Figura 20**) se visualiza con la forma de un “fréjol” (Farinango, 2017).

Figura 20
Vista transversal del algodón



En el caso del poliéster (ver **Figura 21**) se puede visualizar a través del microscopio su sección transversal en forma “circular y trilobal”

Figura 21
Vista transversal del poliéster



Fuente: (Terán, 2018).

Cabe destacar que otro método de identificación de fibras es el químico y se pudo haber considerado el uso de ácido sulfúrico (H_2SO_4) para disolver el algodón o la dimetilformamida para disolver el poliéster; sin embargo, debido a las complicaciones en cuanto a su libre adquisición y por no ser factible su uso a pequeña o mediana escala, este procedimiento se descarta.

2.4.1 Procedimiento para la elaboración de cultivos hidropónicos

Para generar la estructura de los cultivos hidropónicos de acuerdo al proyecto se toma en cuenta el lugar en el cual se realiza, considerando la verticalidad y el sistema NFT, ya que esta alternativa de hidroponía es ideal cuando se utilicen textiles reciclados 100% Co como sustituto de suelo, en este contexto, la técnica no requiere la utilización de suelo como soporte y la planta tomará nutrientes directamente del agua, la ventaja de utilizar esta técnica es que se puede adaptarla en cualquier espacio, condición climática y economía (Valencia, 2023).

Figura 22

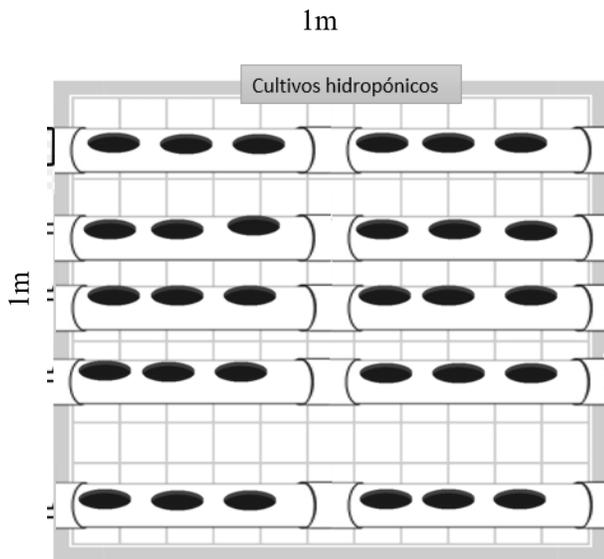
Estado inicial del área para los cultivos



Para la implementación de los cultivos hidropónicos verticales, se diseñó un módulo de 1m x 1m, aprovechando al máximo el espacio disponible. Los orificios para los recipientes de agua y sustituto de suelo tienen dimensiones de 20 cm. Un soporte de alambre en forma de "nido" mantendrá el sustituto de suelo en su lugar, evitando su caída y contacto con el agua, lo que garantiza resultados precisos y óptimos.

En la **Figura 23** se muestra las medidas y el bosquejo de la estructura que presenta el cultivo hidropónico, la cual se encuentra alineada a la pared y las medidas necesarias de acuerdo con el área propuesta para el desarrollo.

Figura 23
Propuesta de cultivo hidropónico vertical

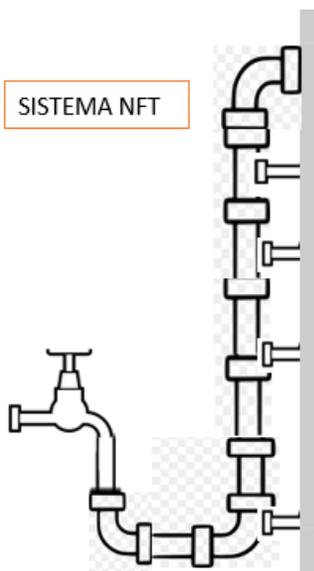


Fuente: Propia.

2.4.2 Procedimiento para el sistema de hidroponía

En este proyecto se utiliza el sistema NFT gracias a su estructura de riego, pues permite el movimiento para el paso del agua a través de tubos que forman canales, realizando orificios en la parte superior de los canales, además es ideal para cultivos verticales gracias a su manera de riego (Hernández, 2022).

Figura 24
Sistema NFT



2.4.3 Procedimiento para construcción del invernadero

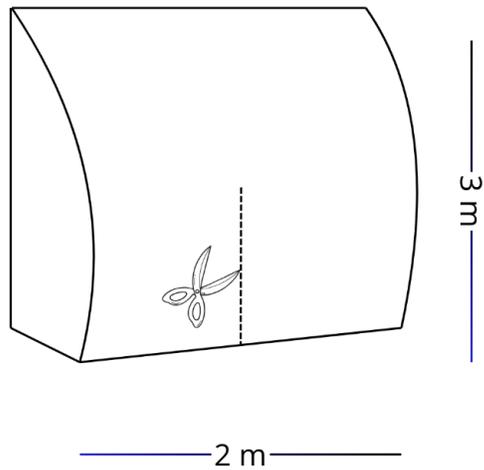
Se lo realizará en una pequeña zona de aproximadamente 2 m², en cuanto a materiales a usar, están:

- Tabla de encofrado
- Pegamento
- Prensas para madera
- Cierra o serrucho
- Taladro
- Tornillos, tacos de pared, clavos

En cuanto al procedimiento que se sigue:

- Corte con la cierra o serrucho la tabla de encofrado cada 1m lo necesario para poder obtener entre 2 o 3 piezas.
- Se coloca las piezas de madera de manera paralela formando un cuadrado de más o menos 1 metro cuadrado
- Con la ayuda de la goma se pega los extremos de cada pieza y se juntan una a la otra con la ayuda de la prensa para madera y se deja secar.
- Con el taladro se hace 4 orificios en cada esquina de la plancha de madera y en la pared de igual forma.
- Se coloca los tacos de pared en los orificios de la pared.
- Se coloca la plancha de madera en la pared con la ayuda de los tornillos y se ajusta para quede seguro.
- Se mide cada 10 cm de forma horizontal y vertical y la realización una cuadrícula donde en cada intersección se coloca un clavo a medio introducir.

Figura 25
Propuesta de invernadero



2.5.2. Porta sustituto de sustrato

Al realizar un proyecto que se enfoca en la reutilización de prendas, es factible tratar de utilizar la menor cantidad de residuos contaminante, en este caso se utiliza tubos de PVC (tuberías de plomería) como porta sustrato. Se opta por esta técnica ya que de acuerdo al espacio que se tiene, este material ayuda a obtener la mayor cantidad de muestras con un menor gasto de material.

Figura 26
Propuesta de recipiente

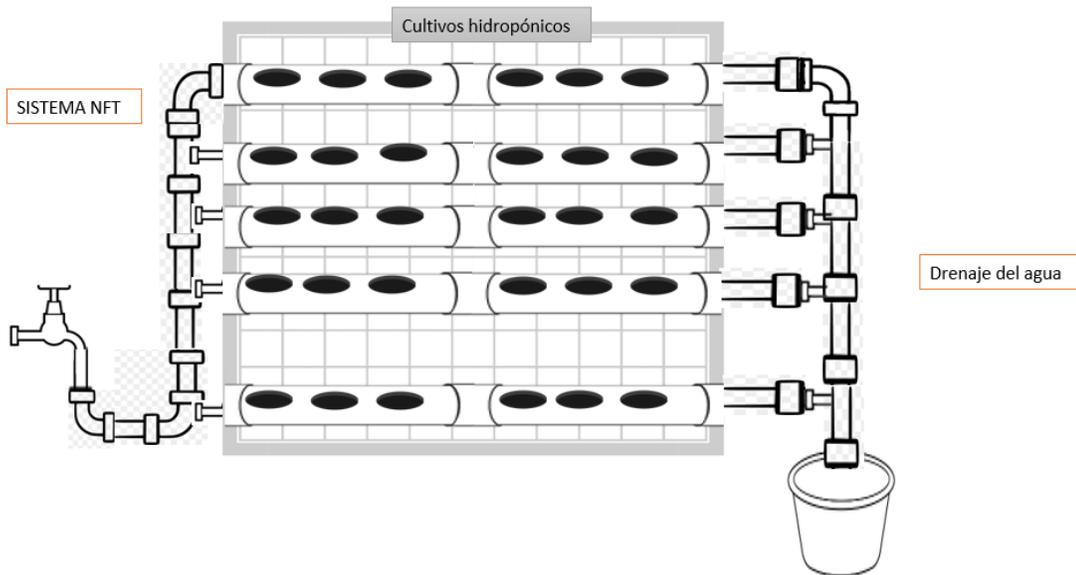


2.6. Puesta en funcionamiento del sistema de hidroponía

Para empezar con la instalación se toma en cuenta las medidas del lugar donde se realizarán los cultivos hidropónicos, también las condiciones climáticas y si estas son óptimas para el crecimiento de la planta, a continuación, se explica los pasos que se siguieron para instalar este sistema de cultivo hidropónico:

1. Una vez unida la estructura donde de las macetas y las plantas se colocan clavos en las esquinas para asegurarla contra la pared del área de los cultivos.
2. Formar la estructura del invernadero, tomando en cuenta los espacios para que no tengan contacto con los cultivos y se dejen espacios para el sistema de ventilación natural del lugar.
3. A partir de la formación de toda la estructura donde estarán los cultivos hidropónicos, se toma medidas para instalar el sistema de riego NFT que estará conectado a un grifo instalado previamente, el cual funcionará como una bomba manual para realizar el proceso de distribución del agua hacia las macetas y con un recipiente en el cual se drenará el agua.
4. Finalmente, y antes de instalar los tejidos que servirán como sustituto de suelo en las macetas y las semillas, se comprueba el funcionamiento tanto de la resistencia de la estructura, como el sistema de riego que se implantó.

Figura 27
Propuesta de instalación de cultivos hidropónicos



CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Resultados

Mediante los resultados se logra obtener datos relevantes para la investigación, se toma en cuenta diferentes variables como el tipo de tela, el fertilizante, la presentación de los textiles y la semilla utilizada, influyen en el crecimiento de la raíz. Se examina las diferencias en el desarrollo de las raíces entre los tipos de tela (llana, estampada y jean), y se analiza el efecto de los fertilizantes orgánicos, inorgánicos y minerales en el crecimiento de las plantas.

3.1.1. Resultados de identificación de fibras

En este apartado, se presentan los datos obtenidos a partir de la identificación de fibras por los métodos: visual, microscopía y pirométrico, enfocando los análisis a la identificación de sustratos textiles 100% algodón, pues serán los seleccionados de las pacas de ropa para la elaboración de sustrato para hidroponía.

A. Clasificación visual

Se analizaron un total de 100 prendas provenientes de pacas de ropa. Durante la clasificación visual:

- Se descartaron 10 prendas por ser sublimadas (no contienen algodón).
- Se descartaron 40 prendas por etiquetas que indicaban composición sin algodón.
- 50 prendas fueron seleccionadas para pruebas adicionales.

Tabla 6
Resultados de la clasificación visual

Categoría	Cantidad	Porcentaje (%)
Sublimados	10	10
Sin algodón (etiqueta)	40	40
Seleccionadas	50	50

B. Prueba de combustión

De las 50 prendas seleccionadas:

- 40 prendas pasaron la prueba (indicios compatibles con algodón).

- 10 prendas fueron descartadas por resultados no compatibles.

Tabla 7

Resultados de la prueba de combustión

Resultado	Cantidad	Porcentaje (%)
Compatibles con algodón	40	40
No compatibles	10	10

El 20% de las prendas que pasaron la primera selección fueron descartadas por no ser algodón y el 80% que representa las 40 prendas continúan con el estudio.

C. Prueba del microscopio

Se analizaron las 40 prendas que pasaron la prueba de combustión. En este análisis, se verificó la presencia de fibras características de algodón en un **4% de las muestras (4 prendas)**, mientras que el **36% restante (36 prendas)** no correspondió a 100% algodón.

Tabla 8

Resultados del análisis microscópico

Resultado	Cantidad	Porcentaje (%)
Algodón identificado	4	4
No algodón	36	36

El 8% de las prendas que pasaron la prueba pirométrica cumplen con ser 100% algodón y son aptas para ser utilizadas como sustituto de suelo.

Se trabajó con una paca de ropa usada cuyo peso total fue de **30.62 libras** (100 prendas), considerando este valor como el 100% del material inicial. Tras realizar las etapas de clasificación visual, pruebas de combustión y análisis microscópico, se determinó que únicamente **4 prendas**, equivalentes al **4% del peso total de la paca**, corresponden a prendas elaboradas con fibras de algodón. También las prendas seleccionadas son diferenciadas debido a sus características, las cuales son:

- Camisetas estampadas.
- Chompa jean.
- Camiseta llana.

3.1.2. Resultados proceso de obtención sustrato alternativo de siembra.

En este apartado se mencionan los datos finales que se siguieron para obtener el sustituto de suelo y el diseño integral para el desarrollo de los cultivos hidropónicos verticales. Se detallan los datos clave obtenidos durante la implementación del proceso, proporcionando una visión de los resultados alcanzados.

Tabla 9
Tela llana

Presentación	Imagen	Peso (g)
Probeta 4x4		21
Trozos 4x4		22
Deshilachada 4x4		20

En la siguiente tabla se explican los resultados obtenido a partir sustrato estampado, tomando en cuenta el peso que tienen las muestras en un cuadro de 4x4, el cual se aplicará para las diferentes presentaciones.

Tabla 10
Tela estampada

Presentación	Imagen	Peso (g)
Probeta 4x4		40
Trozos 4x4		40
Deshilachada 4x4		39

De acuerdo con las telas seleccionadas (ver *Tabla 11*), se obtienen diferentes valores a pesar de tener la misma medida de sus presentaciones (4x4). Se obtienen los datos del peso para la tela jean de acuerdo con la última tela seleccionada.

Tabla 11
Tela jean

Presentación	Imagen	Peso (g)
Probeta 4x4		70
Trozos 4x4		71
Deshilachada 4x4		70

Las medidas seleccionadas para la presentación de las prendas se realizaron en base al área donde el sustituto de suelo se encontrará, esto para evitar el exceso de tejido y que cubra completamente la semilla y pueda llegar a evitar o generar una dificultad en la observación del crecimiento de la misma.

3.1.3. Resultados de crecimiento

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de los diferentes cultivos hidropónicos, sometidos a pruebas en un campo cerrado (invernadero), aplicando diferentes tipos de telas (llana, estampada, jean), semillas (Limonium, Alelí, Godetia) y fertilizantes (orgánico, inorgánico, mineral). Los valores obtenidos de la medición se rigen a partir de la norma ISO 11269-1:2012.

Desarrollo de la planta

En la **Tabla 12** se muestran los resultados, tomando como referencia la primera tela seleccionada en sus diferentes presentaciones y aplicando la primera variable de la semilla en un total de 9 muestras.

Tabla 12
Crecimiento en tela estampada

Semilla	Presentación del Textil	Fertilizante	Crecimiento de la raíz (mm)			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Limonium	Trozos	Orgánico	5	8	10	11
		Inorgánico	3	6	10	13
		Mineral	2	4	6	9
	Probetas	Orgánico	5	9	10	12
		Inorgánico	1	4	6	8
		Mineral	0	2	4	7
	Deshilachada	Orgánico	0	4	4	5
		Inorgánico	1	4	6	8
		Mineral	6	12	16	23
Alelí	Trozos	Orgánico	8	12	26	27
		Inorgánico	6	14	20	24
		Mineral	4	10	13	20
	Probetas	Orgánico	2	7	11	15
		Inorgánico	5	17	23	32
		Mineral	4	13	22	26
	Deshilachada	Orgánico	1	7	14	20
		Inorgánico	4	18	27	32
		Mineral	0	0	0	0
Godetia	Trozos	Orgánico	3	6	10	12
		Mineral	2	5	11	20
	Probetas	Inorgánico	6	9	19	30
		Mineral	3	5	11	20
	Deshilachada	Inorgánico	2	4	6	9

En la **Tabla 13** se muestra la segunda tela y tomando como referencia la primera variable de semilla.

Tabla 13
Crecimiento en tela llana

Semilla	Presentación del Textil	Fertilizante	Crecimiento de la raíz (mm)			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Limonium	Trozos	Orgánico	1	2	4	6
		Inorgánico	3	3	5	6
		Mineral	1	2	4	5
	Probetas	Orgánico	3	3	4	5
		Inorgánico	1	2	3	4
		Mineral	3	5	9	13
	Deshilachada	Orgánico	2	6	9	11
		Inorgánico	5	8	13	16
		Mineral	3	6	9	13
Alelí	Trozos	Orgánico	2	2	5	6
		Inorgánico	1	3	4	5
		Mineral	1	2	4	5
	Probetas	Orgánico	2	3	4	5
		Inorgánico	1	3	3	4
		Mineral	3	6	9	13
	Deshilachada	Orgánico	2	6	9	11
		Inorgánico	4	10	14	17
		Mineral	2	6	9	13

No se muestran los resultados de la semilla “Godetia” debido a que su crecimiento es nulo, pues en ninguna presentación logró germinar y no cumple con lo requerido para esta investigación.

Para la tercera y última tela se presentan los siguientes resultados (ver *Tabla 14*), de acuerdo con la aplicación de la primera variable de semilla.

Tabla 14
Crecimiento en tela jean

Semilla	Presentación del Textil	Fertilizante	Crecimiento de la raíz (mm)			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Limonium	Trozos	Orgánico	5	9	10	12
		Inorgánico	1	9	16	21
		Mineral	5	11	14	17
	Probetas	Orgánico	0	3	6	7
		Inorgánico	5	10	13	16
		Mineral	10	15	18	22
	Deshilachada	Orgánico	2	8	9	12
		Inorgánico	5	8	12	14
		Mineral	8	18	20	23
Alelí	Trozos	Orgánico	7	17	25	33
		Inorgánico	6	15	23	31
		Mineral	0	9	17	23
	Probetas	Orgánico	2	10	19	27
		Inorgánico	3	9	12	17
		Mineral	0	8	11	12
	Deshilachada	Orgánico	6	16	26	34
		Inorgánico	6	15	23	31
		Mineral	1	14	23	25
Godetia	Trozos	Orgánico	13	25	28	34
		Inorgánico	14	21	26	32
		Mineral	0	0	0	0
	Probetas	Orgánico	0	0	0	0
		Inorgánico	5	12	16	22
		Mineral	4	8	10	14
	Deshilachada	Orgánico	15	24	30	34
		Inorgánico	8	15	18	22
		Mineral	0	0	0	0

3.2. Análisis de confiabilidad

El análisis de confiabilidad determina la precisión y credibilidad de los resultados obtenidos durante las 4 semanas de investigación, determinando si los datos son reales. Se analiza fuentes de error, las cuales afecten directamente a los resultados, es clave para asegurar que sean consistentes, válidos y puedan ser replicados en futuras investigaciones o aplicaciones prácticas.

3.2.1. Normalidad de los datos

En este punto se hace uso de análisis estadísticos, para determinar la normalidad de los datos obtenidos, el objetivo de este análisis es llegar a confirmar los resultados hasta este punto de la investigación, son viables y confiables.

En cuanto a la normalidad, se encuentran algunas opciones, haciendo uso de las siguientes:

- Prueba de Shapiro-Wilk

Es una prueba paramétrica que evalúa si un conjunto de datos sigue un curso normal. Mide la semejanza entre los datos observados y la normalidad correspondientes, de esta manera se calcula estadísticamente los resultados, presentando el grado de ajuste de los datos en una distribución normal, comparándolos con los valores críticos (Luzuriaga Jaramillo et al., 2023).

La prueba es útil en análisis estadísticos donde la normalidad de los datos es importante, como en pruebas de hipótesis. Además, se puede utilizar en análisis de menos de 50 muestras, siempre que se complemente con otro método para verificar la factibilidad.

- Prueba de Anderson-Darling: sensibilidad en las colas de la distribución.

Es una herramienta que evalúa si los datos tienen una distribución específica, tomando en cuenta los extremos de la distribución. Así, calcula los datos obtenidos a partir de los resultados y los compara con la teoría esperada. Es más sensible que otras pruebas para detectar desviaciones en los extremos y resulta adecuada tanto para muestras pequeñas como grandes (Mares Castro, 2022).

Para el análisis de la normalidad de los datos en el crecimiento de la raíz, es necesario utilizar esta prueba, ya que identifica si los datos tienen un comportamiento “normal” o si existe alguna variación, se enfoca especialmente en los extremos (los datos más pequeños y grandes), los cuales son muy importantes en este análisis.

Al tomar en cuenta estos métodos se debe observar que el p-valor sea mayor que 0.05 para ser aceptado e interpretado como “normal”, en el presente proyecto se hace uso de las dos pruebas para cada tabla, tomando como constantes el uso de los fertilizantes y la presentación del textil.

Los resultados obtenidos a partir de la primera tela estampada con las variables de semillas, se puede observar como las pruebas propuestas obtienen un p mayor a 0.05, lo que hace referencia que los datos son “normales” y su confiabilidad es del 95%.

Tabla 15
Validación de datos para la tela estampada

Semilla		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Limonium	N	9	9	9	9
	Shapiro-Wilk W	0,8918	0,8913	0,8641	0,8356
	p(normal)	0,2082	0,2057	0,1062	0,05154
	Anderson-Darling A	0,4245	0,5339	0,5612	0,6264
	p(normal)	0,2448	0,1216	0,1045	0,0692
Alelí	Shapiro-Wilk W	0,9678	0,9514	0,9205	0,881
	p(normal)	0,8751	0,7055	0,3962	0,161
	Anderson-Darling A	0,2281	0,2255	0,322	0,4362
	p(normal)	0,7332	0,7429	0,454	0,2276
Godetia	N	5	5	5	5
	Shapiro-Wilk W	0,7787	0,8585	0,8844	0,9391
	p(normal)	0,05368	0,223	0,3295	0,6598
	Anderson-Darling A	0,5883	0,4416	0,429	0,2631
	p(normal)	0,05719	0,1589	0,1739	0,5208

Al analizar los resultados de la tela llana con las variables de semillas, se observa que las pruebas de normalidad arrojan un p-valor mayor a 0.05, lo que sugiere que los datos se distribuyen de manera normal.

Tabla 16
Validación de datos para la tela llana

Semilla		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	N	9	9	9	9
	Shapiro-Wilk W	0,8587	0,8686	0,8568	0,8607
Limonium	p(normal)	0,09281	0,1188	0,08851	0,09769
	Anderson-Darling A	0,6035	0,5261	0,649	0,6158
	p(normal)	0,07997	0,1281	0,06	0,07399
	Shapiro-Wilk W	0,8533	0,8435	0,8503	0,8473
	p(normal)	0,08099	0,06308	0,07506	0,06957
Alelí	Anderson-Darling A	0,6154	0,6463	0,6518	0,669
	p(normal)	0,07418	0,06103	0,05895	0,05287

Los resultados obtenidos de la tela jean con la primera variable de semilla, las pruebas de normalidad indican un p-valor superior a 0.05, esto implica que no se detectaron desviaciones significativas en la distribución de los datos, lo que refuerza la fiabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 17
Validación de datos para la tela jean

Semilla		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	N	9	9	9	9
Limonium	Shapiro-Wilk W	0,9314	0,9335	0,9895	0,9517
	p(normal)	0,4948	0,5158	0,9954	0,7084
	Anderson-Darling A	0,3855	0,4118	0,1058	0,2291
	p(normal)	0,3109	0,2648	0,9903	0,7297
Alelí	Shapiro-Wilk W	0,8614	0,8678	0,8794	0,9135
	p(normal)	0,09919	0,1165	0,1548	0,3412
	Anderson-Darling A	0,5519	0,5719	0,5013	0,3479
	p(normal)	0,1108	0,09764	0,1505	0,3896
Godetia	Shapiro-Wilk W	0,8648	0,8785	0,8743	0,8428
	p(normal)	0,1081	0,1515	0,1365	0,06201
	Anderson-Darling A	0,4819	0,4157	0,4426	0,5575
	p(normal)	0,1705	0,2584	0,2186	0,1069

3.2.2. Análisis de la varianza

En esta sección se analiza los datos obtenidos a partir del programa Past 4 sobre el análisis de la varianza, ya que permite evaluar las diferencias que se presentan en el crecimiento de las raíces bajo distintas condiciones. Se toma en cuenta el crecimiento de la raíz, pues este dato es uno de los más completos e importantes para comprender la reacción de las plantas al uso de textiles reciclados 100% algodón como sustituto de suelo en cultivos hidropónicos.

Varianza en tela estampada

En la **Tabla 18** se muestra un incremento notable en la variabilidad del crecimiento de las plantas utilizando tela estampada como sustituto de suelo. Esto se evidencia en el aumento progresivo de las varianzas en las semanas posteriores para las tres semillas. En la primera semana los resultados de varianza con valores bajos (2,7 a 6,19), mientras que en la cuarta semana el rango es más elevado (27,75 a 98,19). Lo que indica que, mientras mas semanas de crecimiento las plantas muestran diferencias en su desarrollo.

Tabla 18
Varianza de la tela estampada

Semilla		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	N	9	9	9	9
Limonium	Std. error	0,7657805	1,059932	1,290994	1,755942
	Variance	5,277778	10,11111	15	27,75
	N	9	9	9	9
Alelí	Std. error	0,8296214	1,874125	2,886751	3,303104
	Variance	6,194444	31,61111	75	98,19444
	N	5	5	5	5
Godetia	Std. error	0,7348469	0,8602325	2,111871	3,666061
	Variance	2,7	3,7	22,3	67,2

Varianza en tela llana

El análisis de varianza realizado para la segunda tela, de igual forma que la tela estampada el incremento de los datos conforme avanzan las semanas es evidente, indicando que el crecimiento de las raíces cambia en cuanto a su variabilidad conforme pasa el tiempo. Este aumento en la varianza sugiere que, a medida que las plantas progresan en su desarrollo, comienzan a mostrar diferencias más marcadas en su respuesta al sustrato textil utilizado.

En las primeras semanas, la varianza es relativamente baja, lo que implica un crecimiento más uniforme entre las muestras. Sin embargo, para la semana 4, los valores de varianza alcanzan sus niveles más altos (19,94 en Limonium y 22,69 en Alelí).

Tabla 19
Varianza de la tela llana

Semilla		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	N	9	9	9	9
Limonium	Std. error	0,4444444	0,7349309	1,142609	1,48864
	Variance	1,777778	4,861111	11,75	19,94444
Alelí	N	9	9	9	9
	Std. error	0,3333333	0,8836652	1,222222	1,587956
	Variance	1	7,027778	13,44444	22,69444

Varianza en tela jean

El análisis de la varianza realizado para la tela jean muestra una mayor dispersión en los datos en comparación con las otras telas, especialmente hacia las semanas finales. Reflejados en los valores de varianza más elevados, que aumentan progresivamente con el tiempo, alcanzando niveles de 28,5 en Limonium, 56,36 en Alelí y 215,78 en Godetia durante la semana 4. Este comportamiento sugiere que la interacción entre las raíces y este textil genera resultados más diversos, debido a características específicas de la tela, como su densidad o capacidad para retener agua.

Tabla 20
 Varianza de la tela jean

Semilla		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	N	9	9	9	9
Limonium	Std. error	1,068632	1,43802	1,485527	1,779513
	Variance	10,27778	18,61111	19,86111	28,5
	N	9	9	9	9
Alelí	Std. error	0,9444444	1,167989	1,836697	2,502468
	Variance	8,027778	12,27778	30,36111	56,36111
	N	9	9	9	9
Godetia	Std. error	2,069025	3,435921	4,115613	4,896459
	Variance	38,52778	106,25	152,4444	215,7778

3.3. Discusión de resultados

La discusión de resultados tiene como objetivo interpretar y analizar los datos obtenidos, buscando explicar las variaciones de crecimiento y comprender los factores que influyen en los resultados experimentales. Tomando en cuenta el tipo de tela utilizada como sustrato, los diferentes fertilizantes, las semillas y las presentaciones de los textiles en el desarrollo de la raíz. Se busca identificar las variaciones de crecimiento observados y determinar los resultados más favorables para el cultivo hidropónico, a través de la comparación de resultados se permite obtener conclusiones y datos relevantes para la investigación.

3.3.1. Análisis de resultados

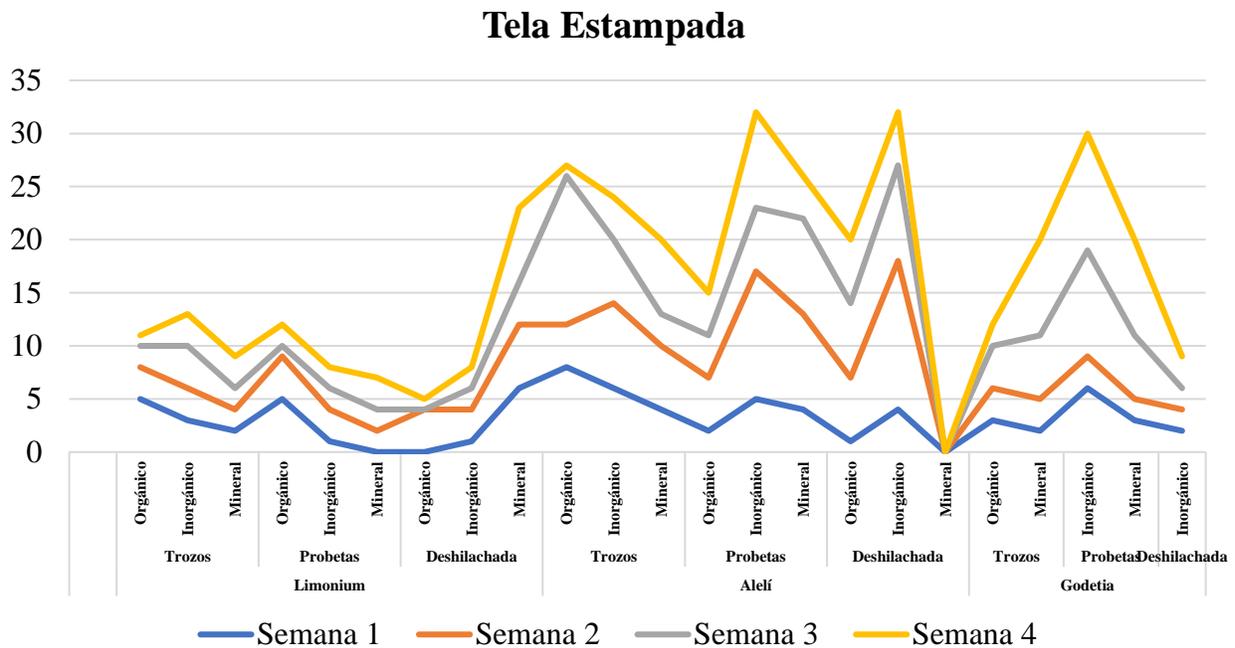
En este apartado se realiza un análisis completo de los resultados obtenidos a partir de las diferentes combinaciones y muestras que se presentaron en el proyecto, de acuerdo a esto se muestran las gráficas propuestas, a partir de las cuatro semanas que duró el análisis de crecimiento y se realiza una comparación individual y general de todas las muestras de acuerdo al tamaño de

la raíz, el tipo de textil utilizado y tomando las diferentes variables (tipo de textil- fertilizante - semilla).

Tela estampada (Tafetán)

Se analiza el efecto de las diferentes presentaciones del textil como sustituto de suelo (trozos, probetas y deshilachado) en el crecimiento de cada tipo de planta (Limonium, Alelí y Godetia). Además, se considera la influencia del fertilizante como nutriente clave en la estimulación del desarrollo de los cultivos. La **Figura 28** destaca la evolución del crecimiento en la semana 4, donde se observa un cambio significativo, lo que representa la etapa más relevante dentro del ciclo. Cabe mencionar que el ciclo de crecimiento varía según la especie, por lo que el tiempo afecta el desarrollo de cada planta según su ciclo de crecimiento.

Figura 28
Gráfico de crecimiento tela estampada



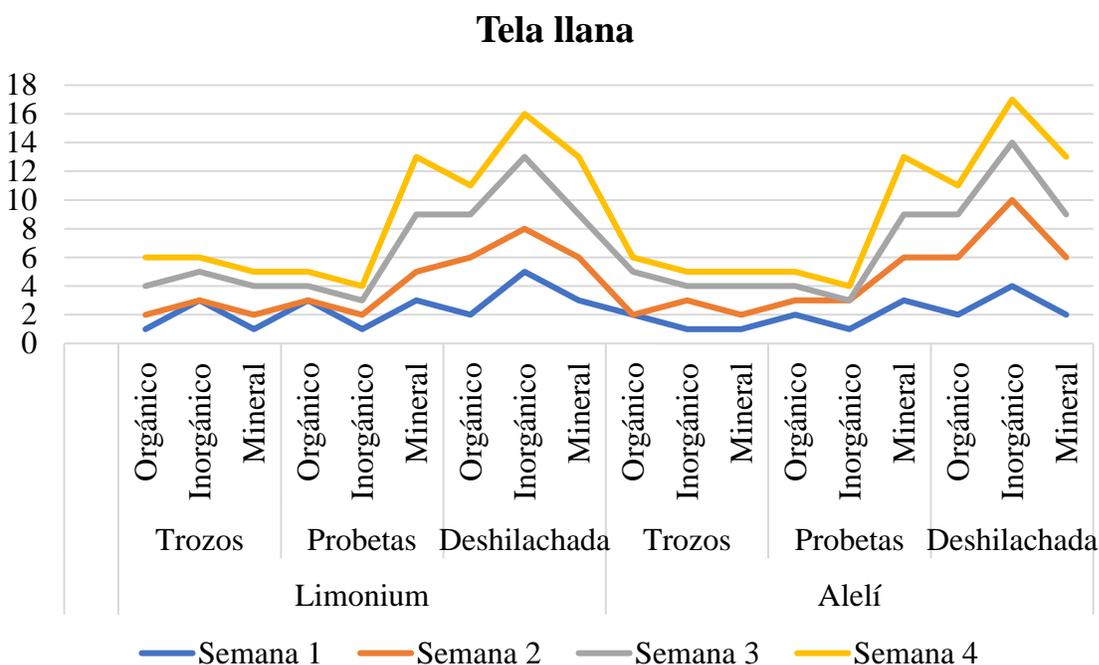
Los resultados muestran que la planta de Alelí con un crecimiento de 32mm, siendo el mejor resultado, destacándose especialmente en los tratamientos con fertilizante inorgánico y textil en presentación deshilachada y probetas. Esto sugiere que esta combinación optimiza la absorción de nutrientes y la retención de humedad, favoreciendo el desarrollo de la planta en el sistema hidropónico. Por otro lado, Limonium (23mm) y Godetia (30mm) tuvieron un crecimiento más

moderado, con variaciones dependiendo del fertilizante y la presentación del textil, aunque en ambos casos los tratamientos con fertilizante inorgánico y mineral mostraron mejores resultados en comparación con el orgánico.

Tela llana (Tafetán)

En este análisis se evalúa el efecto de las diferentes presentaciones del textil como sustituto de suelo (trozos, probetas y deshilachado) en el crecimiento de Limonium y Alelí, considerando los fertilizantes (orgánico, inorgánico y mineral). Cabe destacar que, a diferencia de la tela estampada, en esta tela no se incluyen datos de Godetia, ya que su crecimiento fue nulo en todas las condiciones evaluadas, lo que indica que esta semilla no logró completar su proceso de germinación bajo estos tratamientos. La **Figura 29** permite observar el ciclo de crecimiento de cada planta y cómo las distintas variables, tanto del textil como del fertilizante, influyen en su desarrollo.

Figura 29
Gráfico de crecimiento tela llana



La mejor combinación se observó en Alelí con fertilizante inorgánico y textil en presentación deshilachada, alcanzando un crecimiento de 17mm, siendo el mejor resultado dentro de las condiciones evaluadas. Por otro lado, aunque Limonium también mostró un crecimiento

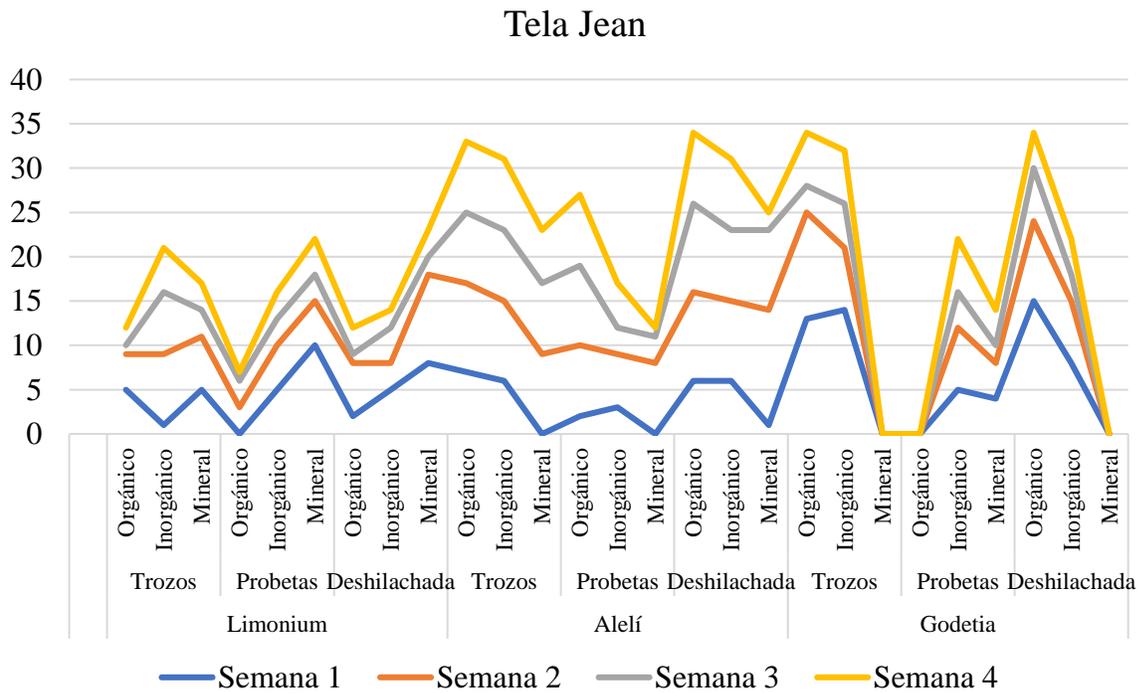
progresivo, sus valores fueron de 16mm, menores en comparación con Alelí, lo que indica que esta planta tuvo una menor adaptación a la tela llana como sustituto de suelo.

En cuanto al fertilizante inorgánico fue el más efectivo, generando un mayor crecimiento en ambas especies, seguido del fertilizante mineral, mientras que el orgánico mostró un impacto más limitado. Entre las presentaciones del textil, la deshilachada permitió un desarrollo superior.

Tela Jean (Sarga)

Para la última tela evaluada, tela jean, se consideran las mismas variables que en los casos anteriores: las presentaciones del textil (trozos, probetas y deshilachado), los tipos de fertilizantes (orgánico, inorgánico y mineral) y las semillas utilizadas (Limonium, Alelí y Godetia). En la **Figura 30** se muestra la variación en el crecimiento de cada semilla a lo largo del tiempo, permitiendo observar cómo influye cada combinación de variables en su desarrollo.

Figura 30
Gráfico de crecimiento tela jean



La mejor combinación se observó en Alelí con 34mm, presentó el mayor desarrollo, especialmente cuando se utilizó en la presentación deshilachada con fertilizante orgánico. Esto indica que este tratamiento favoreció las condiciones óptimas para la germinación y crecimiento

de la planta. Godetia con 32mm también tuvo un crecimiento estable en esta tela, aunque en menor medida que Alelí, mientras que Limonium 23mm que en otras telas no logró desarrollarse, mostró cierto crecimiento en la tela jean, especialmente con el fertilizante mineral

Comparación General de los Resultados en las Tres Telas

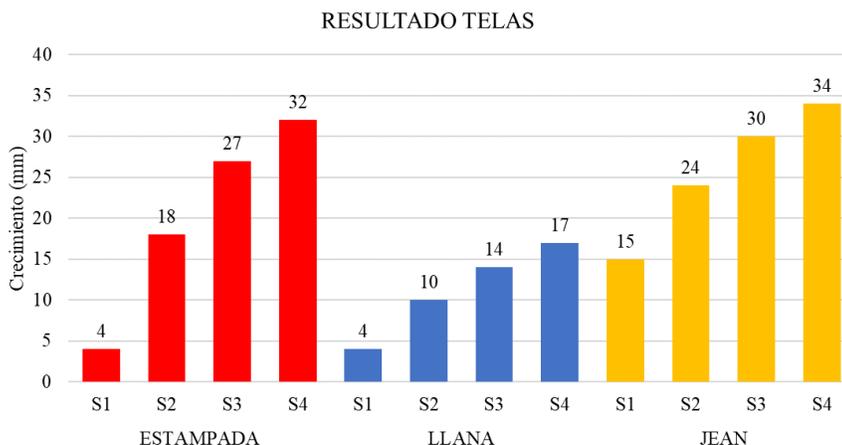
Se evaluó la influencia de tres tipos de telas de algodón utilizadas como sustrato: llana, jean y estampada. Los resultados obtenidos permitieron identificar cómo las características físicas de cada tela inciden en el crecimiento de las raíces, destacando aquellas que ofrecieron un entorno más favorable para el desarrollo vegetal, en la **Tabla 22** se presentan los datos más representativos asociados a cada tipo de tela.

Tabla 21
Resultado de las telas

Telas	Crecimiento de la raíz (mm)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Llana	4	10	14	17
Estampada	4	18	27	32
Jean	15	24	30	34

Con el fin de analizar la influencia del tipo de textil utilizado como sustrato en el crecimiento vegetal, se evaluaron tres variantes de tela 100% algodón: llana, estampada y jean. La **Figura 31** muestra los mejores resultados de crecimiento (en milímetros) obtenidos con cada tipo de tela durante las cuatro semanas de seguimiento. Este análisis permite identificar cuál de las telas ofreció un entorno más favorable para el desarrollo radicular y vegetativo de las plantas bajo condiciones hidropónicas.

Figura 31
Crecimiento según el tipo de tela



Estos resultados indican que la textura, porosidad o tratamiento superficial de la tela estampada (32mm) y del jean (34mm) generan condiciones más favorables para la retención de humedad o distribución de nutrientes, favoreciendo el desarrollo de las raíces. En diferencia, la tela llana, a pesar de ser también 100% algodón, posiblemente ofreció una menor interacción beneficiosa con las raíces pues tubo 17mm de crecimiento en la semana 4 (S4), lo que se reflejó en un crecimiento más limitado. Esto sugiere que el tipo de tejido textil influye directamente en la eficiencia del cultivo hidropónico cuando se emplea como sustrato.

Comparación General de los Resultados en el fertilizante

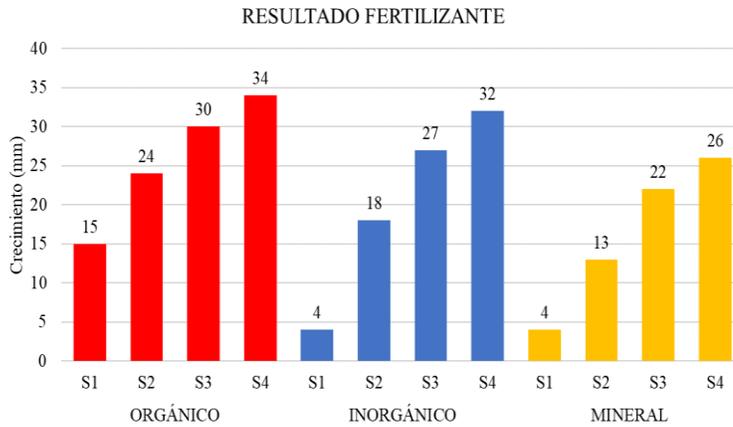
A partir de la investigación sobre el crecimiento de plantas en las telas usando diferentes tipos de telas, presentaciones, fertilizante y semillas, en la **Tabla 22**, se presenta los mejores datos a través del uso de los 3 tipos de fertilizantes.

Tabla 22
Resultado de fertilizantes

Fertilizante	Crecimiento de la raíz (mm)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Orgánico	15	24	30	34
Inorgánico	4	18	27	32
Mineral	4	13	22	26

En cuanto al efecto de los tipos de fertilizantes en el crecimiento de las plantas, las mediciones se realizaron durante cuatro semanas. La **Figura 32** presenta el crecimiento (mm) de acuerdo a los diferentes tipos de fertilizante (orgánico, inorgánico y mineral). De esta manera se logra identificar el mejor fertilizante para el buen desarrollo de la raíz.

Figura 32
Comparación de fertilizantes



De acuerdo a la comparación de los tres tipos de fertilizantes tomando en cuenta el crecimiento de las plantas, el que más destacó fue el fertilizante orgánico, pues desde la semana 1 (S1) hasta la semana 4 (S4), mostró un crecimiento ascendente al llegar a 34 mm. El fertilizante inorgánico también mostró buenos resultados, en las semanas 3 y 4, alcanzando 32 mm en S4, aunque su inicio fueron muy bajos en S1 (4 mm), lo que indica un crecimiento lento. Por otro lado, el fertilizante mineral presentó un crecimiento más estable, pero sin superar a los anteriores resultados, llegando a 26 mm en S4.

Comparación General de los Resultados en la presentación

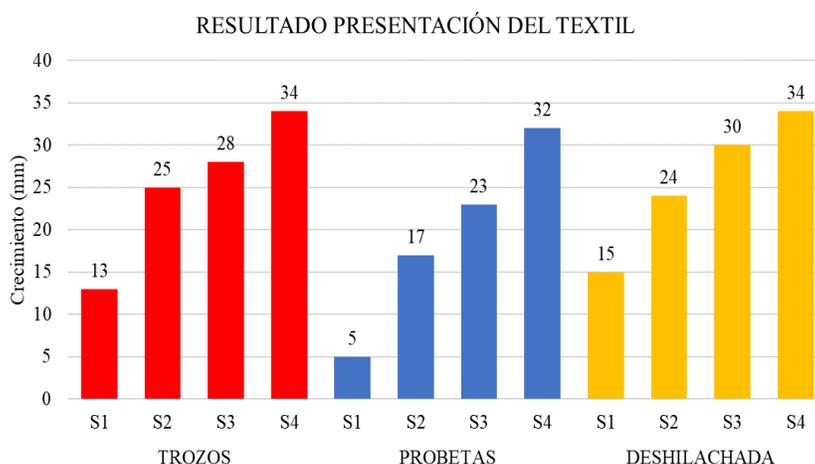
Dentro del estudio del sistema hidropónico textil, también se consideró la influencia de la presentación del material utilizado como sustrato. Se trabajó con tres formas de disposición del textil: probetas, trozos y deshilachada, con el objetivo de observar cómo la estructura física del soporte afecta el crecimiento radicular. En la **Tabla 23** los resultados permiten comparar el comportamiento de las raíces frente a cada presentación, identificando cuál favoreció de mejor manera el desarrollo de las plantas.

Tabla 23
Resultados presentación del textil

Presentación	Crecimiento de la raíz (mm)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Trozos	13	25	28	34
Probetas	5	17	23	32
Deshilachada	15	24	30	34

Con el objetivo de analizar el impacto de las distintas presentaciones del textil utilizado como sustrato en el crecimiento de las plantas, se evaluaron tres formas: trozos, probetas y deshilachada. La gráfica muestra el crecimiento registrado en milímetros durante cuatro semanas, considerando el mejor resultado obtenido por cada presentación sin distinguir el tipo de planta. Esta comparación permite determinar cuál de las presentaciones ofreció mejores condiciones para el desarrollo radicular y vegetativo.

Figura 33
Crecimiento según la presentación del textil como sustrato



En cuanto a la presentación del textil como sustrato, se observa que los trozos y las fibras deshilachadas favorecieron un mayor crecimiento de las plantas, alcanzando ambas un valor máximo de 34 mm en la semana 4 (S4). La presentación en forma de probetas, si bien mostró una evolución ascendente, partió de un crecimiento muy bajo en la S1 (5 mm), y alcanzó un máximo de 32 mm, siendo ligeramente menos eficiente.

En términos generales, la presentación deshilachada mostró un crecimiento más constante y equilibrado semana a semana, mientras que los trozos ofrecieron un desarrollo más acelerado

desde la semana 2. Las probetas, en cambio, mostraron un inicio limitado y una recuperación progresiva.

Comparación General de los Resultados en la planta

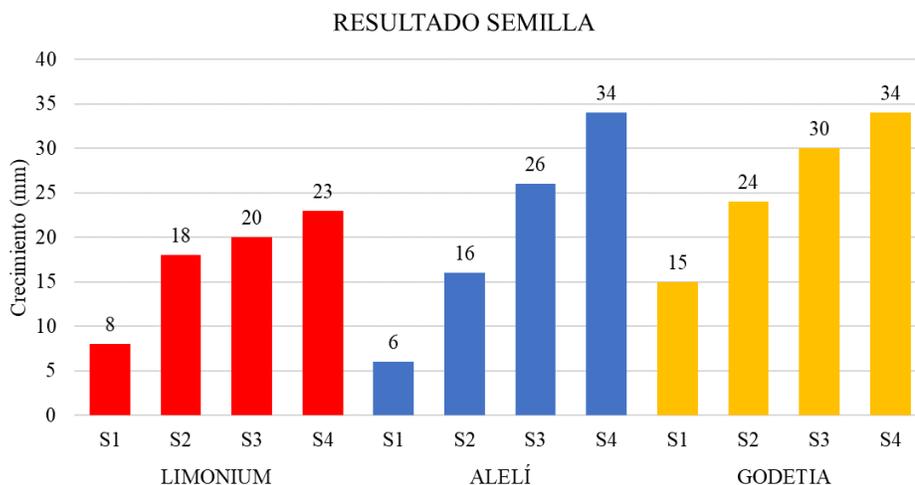
Como parte fundamental del experimento, se evaluó el comportamiento del crecimiento radicular en tres especies ornamentales: Alelí "*Matthiola incana*", Godetia "*Clarkia amoena*" y Limonium "*Limonium sinuatum*". Cada una fue cultivada bajo condiciones hidropónicas controladas, con el objetivo de identificar cuál respondió de mejor manera a las distintas combinaciones de sustrato textil, presentación y fertilizante. Los resultados obtenidos en la **Tabla 24** permiten establecer comparaciones entre las especies y determinar cuál mostró un desarrollo radicular más favorable en el sistema experimental.

Tabla 24
Resultados en la planta

Semilla	Crecimiento de la raíz (mm)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Limonium	8	18	20	23
Alelí	6	16	26	34
Godetia	15	24	30	34

Con el propósito de evaluar el desempeño de distintas especies vegetales cultivadas en sustrato textil, se analizaron los resultados de crecimiento de tres tipos de semillas: Limonium, Alelí y Godetia. La gráfica refleja la evolución del crecimiento en milímetros a lo largo de cuatro semanas, considerando el mejor resultado alcanzado por cada semilla bajo las condiciones experimentales. Esta comparación permite identificar qué especie presentó un mejor desarrollo vegetativo en el sistema de cultivo utilizado.

Figura 34
Crecimiento de plantas según tipo de semilla



La gráfica muestra el comportamiento del crecimiento según el tipo de semilla utilizada: Limonium, Alelí y Godetia, durante cuatro semanas. El análisis revela que Alelí y Godetia obtuvieron los mejores resultados, alcanzando ambas un crecimiento máximo de 34 mm en la semana 4. Por su parte, Limonium tuvo un desarrollo más limitado, con un máximo de 23 mm al final del periodo. Alelí presentó un incremento progresivo constante, especialmente notable a partir de la semana 2, mientras que Godetia mostró un crecimiento sólido desde el inicio, con un ascenso continuo y sostenido. En contraste, Limonium tuvo un arranque lento y un crecimiento más moderado, sin superar los 23 mm.

Comparación de las tres mejores muestras

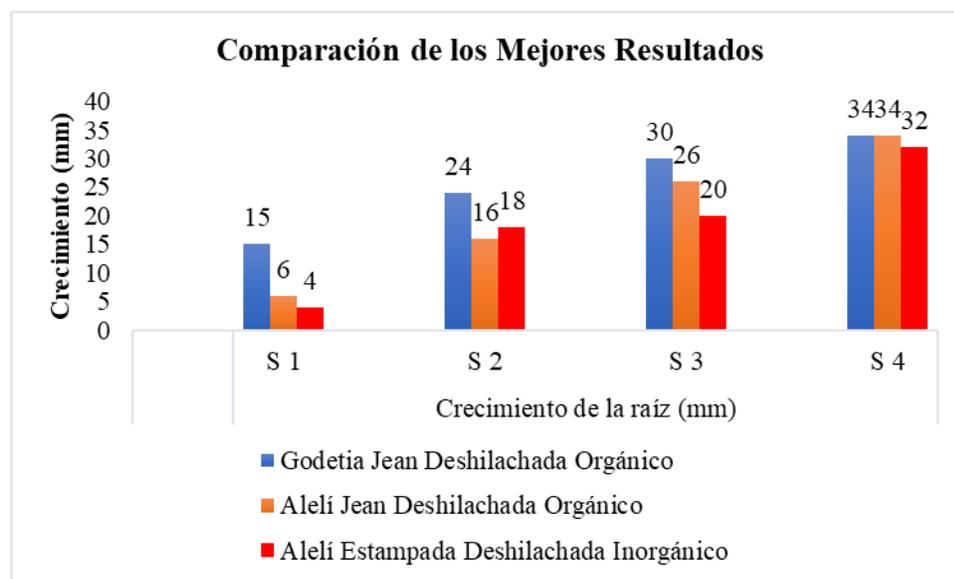
Con el objetivo principal de evaluar el impacto de diferentes variables sobre el crecimiento vegetal en un sistema hidropónico con textiles de algodón como sustrato, se identificó los tres mejores resultados en la **Tabla 25** obtenidos para cada tipo de planta: Limonium, Alelí y Godetia. Este análisis final se enfoca únicamente en los casos de mayor crecimiento registrados, considerando en cada uno de ellos la combinación específica de presentación del textil, tipo de tela y fertilizante utilizado. Para lo cual se permite establecer las condiciones más favorables para el desarrollo de la planta, aportando información clave sobre las variables que mayor influencia tuvieron en el desempeño de cada especie vegetal dentro del sistema experimental.

Tabla 25
Comparación de los tres mejores resultados

Semilla	Tela	Presentación del Textil	Fertilizante	Crecimiento de la raíz (mm)			
				S 1	S 2	S 3	S 4
Godetia	Jean	Deshilachada	Orgánico	15	24	30	34
Alelí	Jean	Deshilachada	Orgánico	6	16	26	34
Alelí	Estampada	Deshilachada	Inorgánico	4	18	20	32

La siguiente gráfica presenta una comparación general de los mejores resultados de crecimiento alcanzados por cada una de las tres especies vegetales evaluadas: Limonium, Alelí y Godetia. En cada caso se refleja el valor máximo obtenido en función de la combinación más efectiva de variables experimentales: tipo de presentación textil, tela empleada y fertilizante aplicado. Esta representación permite visualizar de forma clara cuáles fueron las condiciones más favorables para cada planta, centrando el análisis exclusivamente en el crecimiento como indicador principal de desempeño.

Figura 35
Mejores Combinaciones de Presentación, Tela y Fertilizante para Cada Planta



Tras recopilar los resultados se analiza las tres telas utilizadas como sustituto de suelo en el cultivo hidropónico, observando que la semilla de Godetia (34mm) en presentación deshilachada en tela jean y fertilizante orgánico presentó el mejor crecimiento y constancia en comparación con

Alelí (34mm) en presentación deshilachada en tela jean con fertilizante orgánico que presenta un resultado igual en la última semana (S4), sin embargo el crecimiento es más lento, por otro lado Godetia (32mm) en presentación deshilachada en tela estampada y fertilizante inorgánico tuvo un crecimiento significativamente menor, aunque logró desarrollarse mejor que las otras muestras.

En cuanto a los tipos de fertilizante el que más destaca es el orgánico, pues es el que más estimuló el crecimiento de las plantas, especialmente en combinación con la presentación deshilachada del textil. Esto indica que el sustrato textil en presentación deshilachada permitió una mejor circulación de aire y un acceso más fácil a los nutrientes, lo que favoreció el crecimiento de las raíces en comparación con los trozos y las probetas.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- Durante el análisis para determinar la composición de los textiles, se aplicó diversas técnicas que ayudaron a identificar las prendas pertenecientes a la fibra de algodón 100%. La primera técnica consistió en la revisión visual de etiquetas, seguido por la prueba pirométrica, donde se pudo observar características clave propias del algodón confirmando su presencia en ciertas muestras, acto seguido, a través del uso del microscopio se logra determinar la sección transversal y longitudinal características propias de una prenda de algodón; estos análisis permiten establecer que una paca de ropa en promedio solo tiene un 4% de material algodón 100%, esto refleja el alto contenido de fibras sintéticas que se encuentran en nuestro medio.
- El crecimiento de la raíz en los diferentes tipos de tela utilizada como sustrato en cultivos hidropónicos mostró que la tela jean fue la más eficiente, alcanzando un crecimiento de 34 mm al finalizar su ciclo de desarrollo, el cual fue constante en todas sus etapas. Por otro lado, la tela estampada alcanzó 32 mm al final del periodo experimental, mostrando un crecimiento constante pero sin superar a la tela jean. Por último, la tela llana presentó el menor crecimiento, con tan solo 17 mm al final de la semana 4. Estos resultados favorecen a la idea de que la tela jean es la más adecuada para el crecimiento de las raíces en cultivos hidropónicos.
- En cuanto al resultado de los fertilizantes, destaca el fertilizante orgánico permitiendo un desarrollo de 34 mm en la semana 4, a comparación del fertilizante inorgánico con tan solo 32 mm, y el mineral, con 27 mm, siendo el que menos crecimiento presentó a lo largo del proceso. El fertilizante orgánico destacó en ser el que mayor crecimiento constante presentó a lo largo del tiempo (12, 18, 24 y 34 mm), demostrando su capacidad en el desarrollo de las raíces, mejorando no solo el rendimiento del cultivo, sino que representa una alternativa sustentable y eficiente para cultivos hidropónicos utilizando sustratos textiles.

- A partir de los diferentes tipos de presentaciones en el textil los resultados muestran un crecimiento constante durante las cuatro semanas de desarrollo. Los trozos presentaron un crecimiento de 34 mm al culminar la cuarta semana, mientras que las probetas alcanzaron 32 mm y las deshilachadas 34 mm, al igual que la presentación en trozos, aunque haya presentado el mismo valor su desarrollo a lo largo de las semanas no fue regular. Demostrando las probetas mostraron un crecimiento algo más lento, alcanzando 32 mm al final del periodo experimental. Estos resultados sugieren que las presentaciones trozos y deshilachadas favorecen un mayor crecimiento de las raíces en comparación con las probetas.
- Los resultados muestran que el crecimiento de las raíces fue diferente según el tipo de planta cultivada. En el caso del Limonium, el desarrollo fue constante a lo largo del tiempo, llegando a medir 34 mm al finalizar la cuarta semana. La planta de Godetia también mostró un crecimiento similar, con 34 mm al final del período experimental, destacando por un inicio más rápido en la semana 1 (15 mm). En contraste, la planta de Alelí mostró un crecimiento más lento, alcanzando solo 32 mm en la cuarta semana. A pesar de estas diferencias, todas las plantas presentaron un crecimiento continuo, siendo Limonium y Godetia las que destacaron por un desarrollo más rápido y consistente de las raíces.
- A lo largo del experimento, se observó que la combinación de tela jean deshilachada con fertilizante orgánico fue la que mejor favoreció al crecimiento de raíces en el cultivo hidropónico. Las muestras de raíces de Godetia "*Clarkia amoena*" y Alelí "*Matthiola incana*" alcanzaron 34 mm al finalizar los 30 días. No obstante, Godetia mostró un desarrollo más regular, con aumentos semana a semana: 15 mm, 24 mm, 30 mm y 34 mm respectivamente. En cambio, Alelí tuvo un inicio más lento (solo 6 mm en la primera semana), aunque ambas obtuvieron el mismo resultado final demostrando que Godetia obtuvo una mejora adaptación durante el desarrollo de crecimiento. Además, se identificó como tercera mejor opción el uso de tela estampada con fertilizante orgánico en Alelí, que permitió alcanzar 32 mm al término del experimento, con un patrón de crecimiento irregular (4 mm, 18 mm, 20 mm y 32 mm). Estos resultados indican que los textiles en presentación deshilachada, especialmente la tela jean, junto al uso de fertilizante orgánico,

pueden influir positivamente en el crecimiento de la raíz en los cultivos hidropónicos, representando una alternativa práctica para mejorar su rendimiento.

- El uso de material textil como sustrato en cultivos hidropónicos ha demostrado ser una alternativa viable y efectiva en escalas pequeñas. Debido a que en este estudio se demostró que las fibras naturales son escasas en comparación con las sintéticas, que constituyen el 96% de la paca adquirida para la investigación, se evidencia la predominancia de las fibras sintéticas en los materiales utilizados. A pesar de esta diferencia, los resultados sugieren que las fibras textiles, tanto naturales como sintéticas, pueden ser adecuadas para el desarrollo de las raíces, abriendo oportunidades para el uso de materiales reciclados en la agricultura sostenible.

5.2. Recomendaciones

- Es importante tener conocimiento previo sobre la composición de las fibras de algodón antes de iniciar el proceso de análisis, lo que permitirá identificar de manera eficiente las características clave de los textiles y ayudará con la clasificación visual en las primeras etapas. No olvidar que contar con la información necesaria sobre las propiedades del algodón optimiza los recursos y reduce la necesidad de realizar pruebas adicionales. De esta manera, se logra una selección más precisa de las muestras y se mejora la efectividad de los métodos de análisis físico en futuras investigaciones.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda utilizar tela jean como sustrato principal en cultivos hidropónicos, ya que fue la opción que mejores condiciones demostró en el desarrollo de las raíces de las plantas.
- Se recomienda el uso de fertilizantes orgánicos en cultivos hidropónicos, ya que han demostrado ser los más efectivos en el desarrollo de las raíces. Su capacidad para favorecer un crecimiento constante a diferencia de los fertilizantes inorgánicos y minerales la convierten en una opción más favorable, contribuyendo a una agricultura ecológica.
- Se recomienda el uso de textiles en formato trozos o deshilachadas para los cultivos hidropónicos, ya que estas presentaciones mostraron un mejor desempeño en términos de crecimiento radicular. La presentación probetas no mostró resultados

tan rápidos, por lo que es preferible evitarla en sistemas donde se busque un desarrollo óptimo de las raíces.

- Se sugiere elegir plantas como Limonium y Godetia para sistemas hidropónicos que busquen un desarrollo radicular rápido y constante, dado su buen desempeño en este tipo de cultivos. Aunque Alelí también presentó buenos resultados, su crecimiento más lento podría hacerla menos adecuada para aquellos que necesiten resultados más rápidos.
- Para obtener el mejor desarrollo radicular en cultivos hidropónicos, se recomienda combinar tela jean deshilachada con fertilizante orgánico, ya que esta combinación mostró los mejores resultados. Aunque Godetia mostró un crecimiento más constante con esta combinación, Alelí también tuvo un buen desempeño, lo que sugiere que esta combinación es efectiva para distintas plantas. Se debe considerar esta combinación en sistemas hidropónicos para optimizar el crecimiento de las raíces.
- Es importante considerar que estos materiales textiles son escasos al adquirir ropa de segunda mano, esto representa un desafío al intentar implementar esta técnica en cultivos a gran escala. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos, se presenta una nueva oportunidad para reutilizar prendas que, de otro modo, serían desechadas, promoviendo la sostenibilidad y reduciendo el desperdicio de textiles en pequeñas comunidades o huertos locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2023). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente. 2020, 1, 5. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente>
- Agencia Nacional de Regulación, C. y V. S. (2024). *Las bpm garantizan la inocuidad en la cadena de producción de los alimentos procesados*. <https://www.controlsanitario.gob.ec/las-bpm-garantizan-la-inocuidad-en-la-cadena-de-produccion-de-los-alimentos-procesados/#:~:text=Las Buenas Prácticas de Manufactura,de producción%2C distribución y comercialización.>
- Aglomerados Cotopaxi. (2020). *Vigas Laminadas*. 2.
- Agrosad. (2023). *Fuerza verde activador orgánico líquido*. 27, 1–2.
- Ávila, S. (2021). *Aproximación a externalidades ambientales del desarrollo textil de Antonio Ante, Imbabura*. [https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10975/2/02 IEF 261](https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10975/2/02%20IEF%20261)
- Ayala, J. (2019). *Plan de marketing para el fortalecimiento de las ventas de la empresa textil “Confecciones Cecy.”*
- Burpee. (2024). *Short Season Garden Crops: What You Need to Know*. <https://www.burpee.com/blog/short-season-garden-crops-what-you-need-to-know.html>
- Calero, C. (2011). Seguridad alimentaria en Ecuador desde un enfoque de acceso a alimentos. In *Flacso*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=52065>
- Campoverde, S. (2021). *“Sistema Hidropónico Vertical de Flujo Laminar de Nutrientes Automatizado.”*
- Cesio, F. (2023). *6 plantas que crecen rápido para tener un jardín frondoso en poco tiempo*. 1–14. <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/jardin-apuros-seis-especies-plantas-crecen-rapido-nid2286454/>
- Chuquimarca, W. (2023). *Diseño y construcción de un prototipo hidropónico para cultivo de hortalizas aplicable en cultivos urbanos*.

- Coelho, F. (2024). *Metodología de la Investigación*. <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Constitución de la república del Ecuador 2008. *Asamblea. Revista Parlamentaria de La Asamblea*, 6, 497–502. <https://doi.org/10.59991/rvam/2008/m.6/484>
- Dayma. (2022). *Pacas Ropa Americana*.
- Dirkes, L., Massanés, J. D., Böttjer, R., Storck, J. L., & Ehrmann, A. (2021). Outdoor vertical farming on textile substrates. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1031(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1031/1/012020>
- DIVINO. (2024). *Invernadero - inclinado- policarbonato transparente caddy*. 2–3.
- Dominguez, R. (2023). *Caracterización de los Sistemas de Producción Agrícola Predominante en La comuna La Barranca de Julio Moreno de la parroquia Simón Bolívar, provincia de Santa Elena*. 1–67.
- Ediciones País, Moda, F. y acción. (2023). Comprar, utilizar y ¿tirar? Cómo evitar que nuestra ropa usada contamine el planeta. *El País*. <https://elpais.com/smoda/branded/moda-futuro-y-accion/comprar-usar-y-tirar-como-evitar-que-nuestra-ropa-usada-contamine-el-planeta.html>
- Farinango, E. (2017). *Universidad técnica del norte*.
- García, A. (2021). Evaluación ambiental de los productos textiles durante todo su ciclo de vida e introducción de estrategias de economía circular. *Universidad Politecnica de Madrid*, 106. https://oa.upm.es/68410/1/TFM_Ana_Garcia_Frutos.pdf
- Gómez, C. (2021). *Investigación experimental y no experimental*.
- Gonzalo Muñoz, L. S. (2019). Seguridad Alimentaria en America Latina Y El Caribe. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 53, 1–43. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- Herme, J. (2024). *Ideas para Cultivos Verticales*. 1–13.
- Hernández, J. (2022). *Tipos de Sistemas Hidropónicos (Cultivos en agua y aire) - Capacitación Agrícola*. 1–10. <https://smeapmexico.org/tipos-de-sistemas-hidroponicos-cultivos-en-agua>

y-aire/

Hierros HB S.A. (2024). *Alambre galvanizado*.

Inca, S. (2013). “ *Automatización Y Control Del Sistema Nft Para Cultivos Hidropónicos .*”

Instituto Textil Nacional, A. C. (2020). *Identificación de fibras textiles por combustión*. 19–22.

Lema, V. (2023). Estudio para implementar la producción y consumo de cultivos hidropónicos en lechuga (*Lactuca sativa*) en la Parroquia San Juan del cantón Pueblo Viejo. *Universidad Técnica de Babahoyo*.

Limusa. (1999). *Identificación de fibras textiles mediante análisis pirométrico*.

Luzuriaga Jaramillo, H. A., Espinosa Pinos, C. A., Haro Sarango, A. F., & Ortiz Román, H. D. (2023). Histograma y distribución normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(4), 596–607. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/1242>

Maldonado, A., & Pérez, J. (2010). Agentes de deterioro presentes en los textiles de la Catedral Vieja de Cuenca. *To Βημα Του Ασκληπιου*, 9(1), 76–99. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6304/1/08072.pdf>

Marcon, T. R., Rafagnin-Da-silva, A., Meira, R. O., Guedes, L. P. C., Corsato, J. M., & Fortes, A. M. T. (2020). Viability of using organic substrates according to toxicity tests and the antioxidant activities of tomato seeds and seedlings. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 47(1), 1–11. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i1.1976>

Mares Castro, A. (2022). Evaluación estadística de índices de desempeño para el proceso de división de rollos de EVA. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 23(2), 1–15. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.23.2.013>

Masterclass. (2021). *What is cotton?* <https://www.masterclass.com/articles/what-is-cotton>

Montilla, M. (2022). Paca Blusas (Pacas Súper Premium) Paca blusas (Pacas Súper Premium). 2022, 1–7.

Pacas la Americana. (2024). *Catálogo 2024 datos generales*.

- Palmira. (2021). *Comité de contratación sede Palmira*. 6.
- Peterman, W. (2023). *The Advantages of Cotton Clothing*. <https://digitalblak.com/blogs/blog/las-ventajas-de-la-ropa-de-algodon>
- Petropoulos, S., Fernandes, Â., Stojković, D., Pereira, C., Taofiq, O., Di Gioia, F., Tzortzakis, N., Soković, M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Cotton and cardoon byproducts as potential growing media components for *Cichorium spinosum* L. commercial cultivation. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118254. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118254>
- Quevedo, Á. (2020). Universidad Nacional De Loja Autor. *Universidad Nacional De Loja*, 69. [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS WILSON FERNANDO.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf)
- Reyes, E. (2023). *Beneficios de una prenda hecha en un 100% de algodón y sus características*. <https://monoicstudios.com/blogs/blog/beneficios-de-una-prenda-hecha-en-un-100-de-algodon-y-sus-caracteristicas>
- Rhoton, S. (2023). *Marco Conceptual*. <https://www.significados.com/marco-conceptual/>
- Ricardo, W., Encalada, E., Giovany, P., & Pineda, A. (2022). *Caracterización de No tejido Biodegradable con Fibras de Coco Shell “Cocos nucifera” y Látex Natural para Aplicación en Cultivos Hidropónicos de Raíz Flotante*. 1–9.
- Riego Ecuador. (2024). *Manguera transparente 150 psi 1/2" / metro*. 1–5. <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/manguera-transparente-150-psi>
- Sancho, T. (2022). *Impacto ambiental de la moda y su camino hacia la sostenibilidad*. [https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/56418/3/TFG Sanch](https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/56418/3/TFG_Sanch)
- Sarasola, J. (2024). *Marco legal*. <https://ikusmira.org/p/marco-legal>
- Smithers Oasis. (2022). Manual de hidroponia. *Oasis Easy Plant*, 32. <http://www.oasisfloral.mx/pdf/manual-hidroponia.pdf>
- Terán, M. (2018). *Poliéster una versátil fibra textil ¿la conocemos de verdad?* 1–14. <https://docplayer.es/120182626-Poliester-una-versatil-fibra-textil-la-conocemos-de>

verdad.html

Universidad Técnica del Norte. (2024). *Los proyectos de investigación científica deben estar relacionados con las 10 líneas de Investigación vigentes, aprobadas por el Honorable Consejo Universitario*. <https://investigacion.utn.edu.ec/lineas-de-investigacion/>

Valencia, M. (2023). *Guía definitiva para el cultivo hidropónico : Los 7 puntos clave para emprender tu proyecto*.

Valle, A. (2022). *La Investigación Descriptiva con Enfoque Cualitativo en Educación*.

Vallejo, A. (2020). *Madera como material de construcción*. 1–5.

Villanueva, Z. (2020). *Preparativa y ensayos de muestras textiles Preparativa e ensaios de mostrars textiles Preparation of textile samples for their subsequent analysis*. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/27181/VillanuevaVera_ZulmaElizabeth_TFG_2020.pdf

Wallace, N. (2021). *¿Qué es un Cultivo en Hidroponía? ¿Qué es un Cultivo en Hidroponía?*

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE TEXTILES



Ibarra, 04 de febrero del 2025

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. José Posso**, en calidad de responsable técnico de calidad del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que la señorita **Samanta Anahí Cevallos Terán**, portadora de la cédula de ciudadanía N° **100518159-7**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: “**Aplicación de textiles reciclados 100% algodón como compuesto orgánico alternativo de siembra en cultivos hidropónicos**”, los equipos utilizados en el laboratorio fueron:

- **Microscopio trinocular: Para la identificación de fibras.**

Además, se le ayudó con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad el proceso de análisis establecido.

Atentamente:



MSc. JOSÉ POSSO.

**RESPONSABLE TÉCNICO DEL LABORATORIO DE CALIDAD
TEXTILES – CTEX**

Anexo 2
Identificación pirognóstica

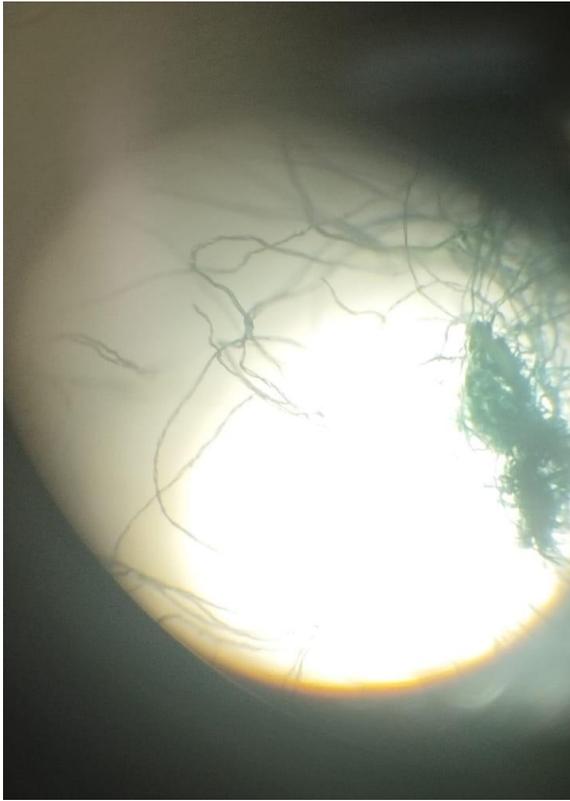


Anexo 3
Identificación de las prendas textiles



Anexo 4

Vista a través del microscopio fibra algodón 100%



Anexo 5

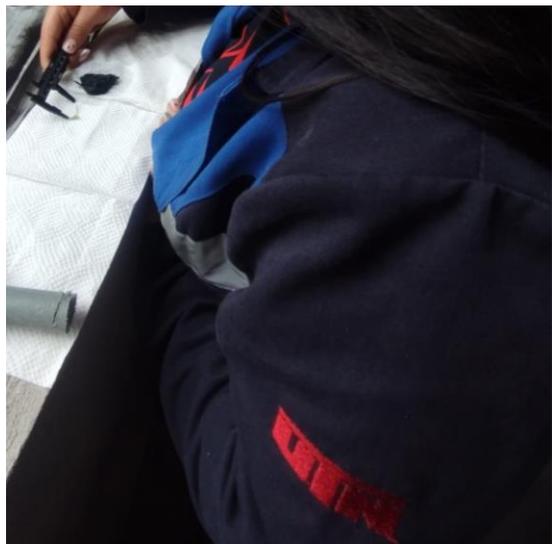
Estructura del cultivo hidropónico



Anexo 6
Sistema NFT



Anexo 7
Medición de las raíces



Anexo 8

Crecimiento de la planta Alelí con tela jean deshilachada



Nota: Es la muestra que presento el mayor crecimiento de la raíz