

# **MONOGRAFÍA**

## **SISTEMAS AMBIENTALES Y SOCIEDADES G4**

### **Sistemas de Producción de Alimentos**

#### **Tema:**

Comparación de sustratos: Cascarilla de arroz (*Oryza Sativa*), fibra de Coco (*Cocos nucifera*), Lana de roca y Perlita expandida en su efecto sobre la masa final (g) de lechuga Lollo Bionda (*Lactuca saliva L. var. acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación.

#### **Pregunta de Investigación:**

**¿Cuál de los tipos de sustratos: Cascarilla de arroz (*Oryza Sativa*), fibra de Coco (*Cocos nucifera*), Lana de roca y Perlita expandida tendrá mayor efecto en la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación?**

Nº de palabras: 3940

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	4
Objetivo General.....	4
REVISIÓN LITERARIA.....	5
Contexto del crecimiento y desarrollo industrial en la provincia de Tungurahua.....	5
Variables de riesgo y propensión en la comunidad .....	5
Industria Agrícola .....	6
Factores medioambientales de la industria agrícola .....	6
Efecto de metodologías para agricultura sostenible – Hidroponía.....	7
Sustratos para comprobar el efecto sobre la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda ( <i>Lactuca saliva</i> L. var. <i>acephala</i> Dill).....	7
METODOLOGÍA.....	8
Localización y duración del experimento.....	8
Tipo de Muestreo .....	9
Materiales y Equipos.....	10
1. Materiales.....	10
2. Equipos .....	11
3. Tratamiento .....	11
Procedimiento de los tratamientos empleados.....	14
RESULTADOS .....	17
3. Análisis de resultados .....	17
3.1 Presentación general de Datos.....	17
3.2 Análisis de la masa final .....	18
3.3 ANOVA de un Factor .....	19
3.4 HDS de Tukey.....	19
CONCLUSIONES .....	21
4. Conclusiones.....	21
Bibliografía: .....	24
Anexos.....	29
Anexo 1 .....	29
Anexo 2 .....	29
Anexo 3 .....	30
Anexo 4 .....	30
Anexo 5 .....	31

Anexo 6 ..... 32

Anexo 7 ..... 33

## INTRODUCCIÓN

**¿Cuál de los tipos de sustratos: Cascarilla de arroz (*Oryza Sativa*), fibra de Coco (*Cocos nucifera*), Lana de roca y Perlita expandida tendrá mayor efecto en la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación?**

La provincia de Tungurahua, Ecuador, fue nominada en primer lugar para integrar el proyecto “Global Compact – Red Ecuador” creado por las Naciones Unidas para fomentar los 17 principios de desarrollo sostenible incluyendo factores de la industria, producción y el consumo responsable de alimentos (El Herald, 2020). Esto motiva la utilización de nuevas metodologías urbanas para la producción de alimentos de una manera responsable, segura y saludable como la hidroponía dentro del ámbito local.

Sabiendo que tan solo en el primer semestre del año 2019, el sector ha generado más de 2.2 millones de trabajos en el país como se menciona en la publicación del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019) se deduce que es un elemento fundamental que mantiene en equilibrio el comercio, economía del país, provincia o incluso en algunos casos la agricultura de subsistencia. Con esta información, se deduce que la industria agrícola en Ecuador representa un gran factor en su desarrollo, por ejemplo: dar suministro de alimentos y forrajes para el sistema de ganado, formar parte del principal factor que alimenta el comercio del país al contribuir un 8.5% al PIB, y es fuente de materia prima para las demás industrias (Universidad Técnica del Norte, 2017), por ende, su participación en los ingresos económicos tiene que ser garantizado y sustentable durante el desarrollo del país.

A pesar de formar parte del eje principal para el fomento económico en la sociedad ecuatoriana, también constituye problemas a nivel medio ambiental. Durante los procesos de regadío, prevención de plagas, y la aplicación de fertilizantes químicos, el agua adquiere nitratos, fosfatos, metales, patógenos, sedimentos, elementos trazas y plaguicidas (FAO, 2015). Pero la problemática más relevante es el consumo excesivo del agua para producir cierta cantidad de alimentos agrícolas. Para sustentar lo anterior Caverio (2014) ilustra que el requerimiento mínimo diario para el consumo líquido de una persona es de 2 a 4 litros de agua, pero se pueden tomar entre 2000 a 5000 litros de agua dulce para producir la cantidad requerida diaria de comida para esta persona, proporcional a un 70% del agua dulce extraída y dedicada hacia la agricultura mundialmente.

Cómo respuesta hacia estas problemáticas, esta investigación propone la mejora de metodologías sustentables como la hidroponía, al reutilizar los fertilizantes propuestos por el agricultor, consumir 10 veces menos de agua dulce, ocupar 90 a 99% menos espacio terrestre implicado, y emplear alrededor del 0% de pesticidas químicos (National Park Service, 2018). Por lo tanto, al consumir menos cantidad de agua este recurso está siendo resguardado gracias a la utilización de sistemas recirculantes y la aplicación de tecnología para automatización (Ver Anexo 6). La mejora que se ha considerado para los sistemas hidropónicos es la variación en la composición de los sustratos, ya sean estos orgánicos o inorgánicos, teniendo un efecto positivo en la retención de agua y nutrientes, porosidad, permeabilidad, como sostén de la planta y sobre todo en la masa final de la planta. Considerando lo anterior, mientras más masa tenga el producto final de la planta el agricultor podrá vender su producto a mayor precio, y el consumidor comprará un alimento más grande o con mayor masa. En pocas palabras, la masa nos permite deducir cuán eficiente fue el proceso agrícola para dicho producto, tal y como el Ing. Edy Mayorga menciona

en el podcast *¿La masa final de la planta es relevante para evaluar un proceso agrícola?* (Gaibor, 2021), las evidencias de la grabación del podcast con el Ingeniero están en el Anexo 7. Esto nos da a entender que la masa final no solo es un indicador, sino que da ganancias a ambas caras del mercado: El productor y el consumidor. Por esas razones se decidió considerar a la masa final sobre el resto de las variables.

Se afirma con la investigación actual que el mejor sustrato será la Fibra de Coco gracias a que es el sustrato con mayor capacidad de retención de agua, siendo pues de 3 a 4 veces su peso. Tiene un pH livianamente ácido de 6.3 a 6.5, estando dentro del rango saludable para el crecimiento de la lechuga al ser considerado como una turba apta para el sistema hidropónico (José Luis Barbado, 2005). Específicamente esta monografía se compone por el enfoque sistémico, debido a que el respectivo estudio y su análisis está fundamentado en dar respuestas y conclusiones al utilizar fórmulas, modelos, gráficos analíticos, mapas de orientación, e incluso diagramas de flujo para representar todos los factores abióticos y sistemáticos que se involucran en la masa final de la lechuga Lollo Bionda mediante la técnica de cultivo hidropónico independiente bajo condiciones controladas de invernadero. Así pues para responder a la pregunta de investigación se consideran dos hipótesis, la nula y alternativa.

**Hipótesis nula:** Los sustratos usados como promotores de crecimiento no tienen efecto diferente sobre la masa final de la lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var. acephala Dill*) mediante la hidroponía.

**Hipótesis Alternativa:** Los sustratos usados como promotores de crecimiento tienen efecto diferente sobre la masa final de la lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var. acephala Dill*) mediante la de hidroponía.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Comparar distintos sustratos: Cascarilla de arroz (*Oryza Sativa*), Fibra de Coco (*Cocos nucifera*) Lana de roca y Perlita expandida para medir el efecto en la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación.

### Objetivos específicos

- Explicar teóricamente el efecto del uso de sustratos hidropónicos (Cascarilla de arroz, fibra de coco, lana de roca, perlita expandida) en la masa final (g) de lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var. acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación.
- Diseñar un experimento que permita comparar el efecto de sustratos hidropónicos (Cascarilla de arroz, fibra de coco, lana de roca, perlita expandida) en la masa final (g) de lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var. acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación.
- Implementar un experimento que permita comparar el efecto de sustratos hidropónicos (Cascarilla de arroz, fibra de coco, lana de roca, perlita expandida) en la masa final (g) de lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var. acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación.
- Comprobar el efecto de sustratos hidropónicos (Cascarilla de arroz, fibra de coco, lana de roca, perlita expandida) en la masa final (g) de lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa L. var. acephala Dill*) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación.

## **REVISIÓN LITERARIA**

### **Contexto del crecimiento y desarrollo industrial en la provincia de Tungurahua**

La producción constante en el sector agrícola forma parte del 70% de la superficie total de varios cantones como Ambato, Quero, Mocha y más (Gobierno Provincial de Tungurahua Ecuador, 2012). Específicamente la lechuga (*Lactuca sativa L.*) según SOLAGRO (2010) citado por Pelchor (2017) en Ecuador existen alrededor de 1.145 ha de lechuga, dentro de las cuales Tungurahua se ubica en segundo lugar con 325 ha. Además, la provincia se compone con 18.4% de la población masculina y 8.3% de la población femenina, son Agricultores calificados según el INEC (2010) lo cual comprueba su importancia dentro del mercado tanto laboral como industrial.

### **Variables de riesgo y propensión en la comunidad**

Con el contexto del crecimiento industrial en mente, el recurso agua es el más comprometido al momento de generar productos agrícolas debido a los sistemas de riego, canalización y administración de caudales (Gobierno Provincial de Tungurahua Ecuador, 2012). Además, producto del regadío terrestre constante en un ciclo de producción, se presenta la utilización de plaguicidas y fertilizantes agresivos, los cuales actúan como cancerígenos, neurotóxicos o teratógenos (Organización Mundial de la Salud, 2016). Este riesgo según Edición Médica (2017) está presente en la provincia de Tungurahua, ya que la comunidad está un 34% más propensa a sufrir de cáncer gástrico como consecuencia de una dieta con productos sobresaturados de plaguicidas y fertilizantes en su riego, mostrando que entre 2004 y 2015 han muerto 19,115 personas de la comunidad por esta causa.

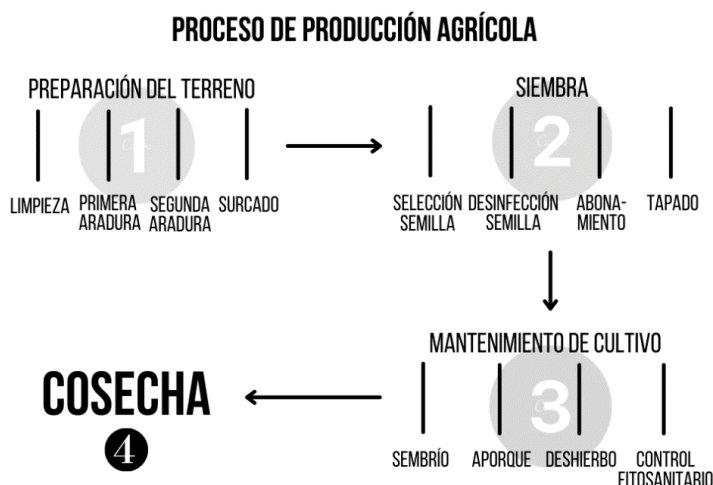


## Industria Agrícola

La agricultura se enfoca en la producción de alimentos para consumo humano y/o animal. Esta producción se desenvuelve dentro de los factores económicos, políticos y sociales, debido a la reglamentación de procesos y sistemas. Aunque la mayor concentración de superficie agrícola de lechuga en el país no se encuentra en Tungurahua, aun así, las industrias presentes siguen el mismo funcionamiento y proceso mostrado en la **Figura N °1**.

**Figura N °1**

Proceso de producción agrícola.



Nota. Para la información adjunta en la Figura N° 1 se tomó como referencia a (Vryanccceall, 2012).  
Elaboración Propia.

## Factores medioambientales de la industria agrícola

La mayoría de los cultivos no son sostenibles, y por ende, el consumo excesivo de agua que realizan cada ciclo de producción es devastador para el medio ambiente local y global. Hablando de la lechuga cultivada en suelos, debido a que es una de las especies más común en la provincia de Tungurahua, se denota que para poder cultivar una lechuga durante todas las etapas

mencionadas en la **Figura 1** se necesitan alrededor de 75 litros de agua dulce por planta y ciclo (El Comercio Agrario, 2019), reflejando una gran cantidad de consumo hídrico.

### **Efecto de metodologías para agricultura sostenible – Hidroponía**

Gracias a los factores medioambientales de la industria, la hidroponía como cultivo sostenible puede ahorrar inmensas cantidades de agua ya que el agua residual de absorción es reutilizada para un próximo riego, además, es un sistema mucho más seguro a nivel de salud pública ya que no es necesario utilizar pesticidas, y se obtiene un producto mucho mejor que en los sistemas de tierra (Castillo et al., 2019). Dado esto, los sistemas considerados para el diseño experimental son dos: Sistema NFT y Dutch Bucket System. El sistema NFT según Hydro Environment (n.d.) es un sistema recirculante de nutrientes y agua mediante tubería o canalización, y el sistema Dutch Bucket System según Jiangsu Skyplant Greenhouse Technology (n.d.) es un sistema enfocado al riego por goteo y de igual manera recircula el líquido invertido en la planta.

### **Sustratos para comprobar el efecto sobre la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda (*Lactuca saliva L. var. acephala* Dill)**

Con el concepto de sistemas hidropónicos en mente, se introducen los sustratos, la cascarilla de arroz sirve como uno de los sustratos idóneos para la experimentación debido a que es un desecho orgánico liviano, su pH es aproximadamente 7, su densidad aparente forma los 0.115g/cm<sup>3</sup>, su conductividad eléctrica es de 0.445 mS/cm y retiene 17.23% de humedad (Fernanda & Buitrago, 2018). Estas características juegan un papel importante en el desarrollo de la semilla, ya que se prueba su eficiencia como sostén de la planta, suministro de aire, humedad proporcionada a la planta, y suficiente nivel de nutrientes asimilables. La fibra de coco también funciona como sustrato ideal gracias a que es una turba, con 95% de material orgánico, una densidad aparente igual a 0.10g/cm<sup>3</sup> como menciona Fernanda & Buitrago (2018), 3 a 4 veces su

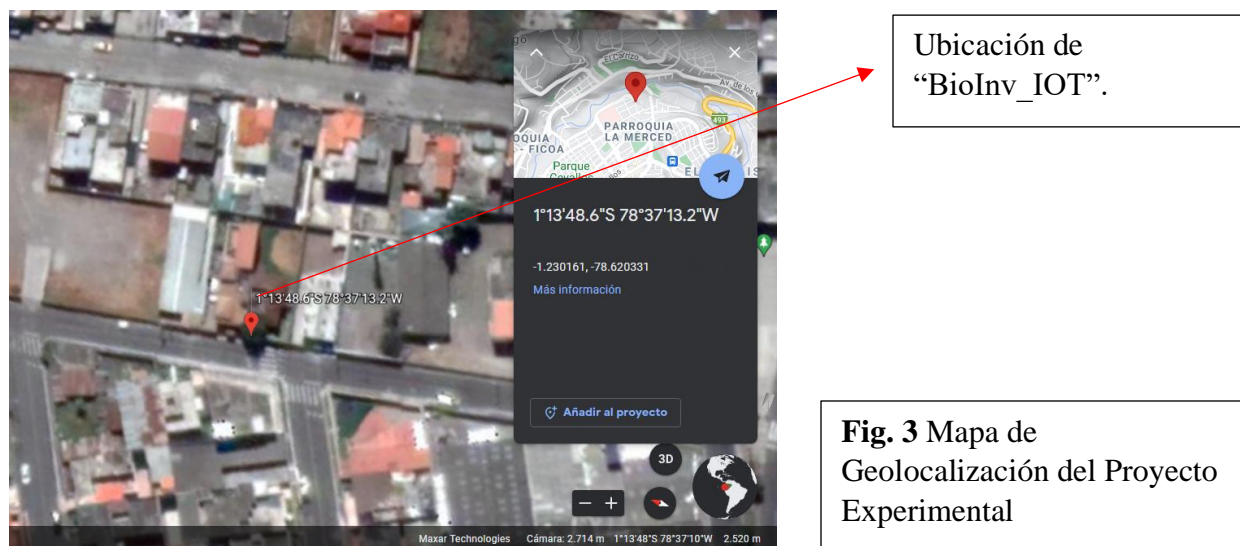
peso de retención de agua, y un pH dentro del rango adecuado con 6.3 a 6.5 según José Luis Barbado (2005).

La perlita expandida también funciona como elemento de sostén inorgánico y retención de humedad, ya que su humedad aparente se sitúa desde los 50 hasta 120 kg/m<sup>3</sup>, tiene un espacio poroso desde 2,2% hasta 5,3% y su pH es estable, estimado en ser apegado a 7 u 8 (José Luis Barbado, 2005). Finalmente, la lana de roca funciona como un sustrato artificial, al comprender un 0,09 gr/cm<sup>3</sup> de densidad aparente y agua de reserva en 77,8% de lo administrado. Al establecer criterios para elegir los tipos de sustratos se tiene que tomar en consideración el nivel de estrés del sistema radicular, la transformación y adaptación, y el resultado final de la lechuga (Tapia & Caro, 2009). Esto permite definir que el tipo de sustrato es crucial e incidente en la masa final y calidad del producto agrícola.

## **METODOLOGÍA**

### **Localización y duración del experimento**

Debido al confinamiento por la pandemia del COVID-19, la localización del experimento y ensayo técnico se realizó en el hogar, dentro de un espacio delimitado. Esta área de trabajo se encuentra en Ecuador, Provincia de Tungurahua Cantón Ambato, Parroquia La Merced. Específicamente el invernadero y el área de tratamientos llamados “BioInv\_IOT”, se encuentran a una Latitud de -1.230161, una Longitud de -78.620331 y una elevación de 2,577m sobre el nivel del mar. Con un clima clasificado como cálido y templado C(fb) por el sistema Köppen-Geiger (Climate Data, 2021). Con una temperatura variante de 9 °C a 20 °C y en diferentes condiciones cambia entre 6 °C y 23 °C (Weather Spark, 2021).



Los tratamientos fueron aplicados independientemente en su sistema hidropónico controlado, y la toma de muestras fueron directas hacia cada tratamiento. La duración de los distintos tratamientos y su crecimiento fueron desde el 17 de marzo del 2021 hasta el 20 de mayo del 2021 (Ver Anexo 1 - Bitácora).

### Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo empleado fue aleatorio simple para todos los tratamientos involucrados dentro del sistema hidropónico correspondiente. Esto se refiere a una población no extensa en la cual se requiere una extracción de ejemplares al azar, gracias a que todos los ejemplares tienen la misma probabilidad de ser elegidos para el análisis (Casal & Mateu, 2003).

## Materiales y Equipos

### 1. Materiales

**Tabla N °1**

*Descripción de los materiales utilizados durante la experimentación.*

Nombre del Material	Cantidad
Tubos PVC 3" 1.60m	2
Tapas para Tubos PVC 3"	4
Baldes de plástico y con válvula para 10L	2
Barras de Madera Ciprés 2.50m	5
Barras de Madera Ciprés 1.40m	4
Arcos de Madera Ciprés 1.40m x 0.40m	2
Bases triangulares de Madera Ciprés para el sostén de los Tubos PVC 3" 1m de alto	2
Barras de Madera Ciprés 1.60m	8
Mini Bomba de Agua 12v DC 5W Sumergible Brushless	4
Extensión Eléctrica 10 enchufes	1
Cable Gemelo #16 15m	1
Caja Hermética Dexson 0.10m x 0.10m x 0.07m	1
Lechuga Lollo Bionda ( <i>Lactuca sativa</i> )	16
Bandeja de germinación 40 alvéolos Largo: 53cm Ancho: 31.5cm Altura: 6.5cm. Tamaño del alvéolo: Diámetro: 5cm Altura: 5.5cm	1
Perlita Expandida 1kg	3
Canastilla G5	10
Canastilla S5.5	10
Lana de Roca	1
Cascarilla de Arroz 1kg	2
Solución Nutritiva (En compuestos sólidos 1.265Kg – Rendimiento: 1000L)	1
Manguera rígida blanca 3/8" OD x 1/4" ID 1m	15
Microtubo transparente 1/8" OD x 3/16" ID 1m	2
Adaptador 9 V 1 A.	1
Jumper Wires Macho – Hembra	10
Jumper Wires Macho – Macho	10
Mascarilla y Guantes - BioSeguridad	2

## 2. Equipos

**Tabla N °2**

*Descripción de los equipos utilizados durante la experimentación.*

Nombre del Equipo	Cantidad
Arduino Uno	1
Sensor DHT22 -40°C a 80 °C con precisión de $\pm 0.5$ °C y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH	1
Sensor de Humedad de suelos FC-28	2
Medidor de PH y Conductividad Eléctrica HI 9811	1
Báscula Smart Weigh Alta Precisión 50 x 0.001 g	1
Báscula Camry Cap.5kg Grad.25g	1

## 3. Tratamiento

Para los tratamientos se consideró un invernadero de  $3.5 \text{ m}^2$  y  $7 \text{ m}^3$  tipo túnel con ventilación y extracción de aire automatizadas. Las temperaturas medias máxima y mínima dentro del BioInv\_IOT fueron de  $9.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , y con una humedad relativa máxima de 94.6 % y mínima de 30.0 %. Además, mediante la evaluación interna de Matemáticas: Aplicación e Interpretación se logró encontrar un modelo matemático exponencial para el dominio considerado de los datos, con el fin de correlacionar estas variables de Humedad en función de la Temperatura, por ende, se denota pertinente referirse al Anexo 4.

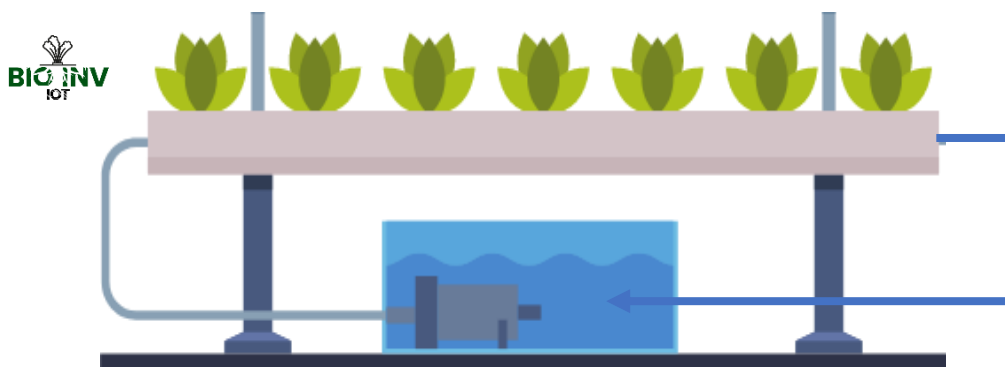
**Tabla N °3**

*Determinación de los tratamientos utilizados para la experimentación.*

Tratamiento	Descripción
<b>A</b>	Sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) sin pendiente con 6 Lechugas Lollo Bionda ( <i>Lactuca sativa L. var. acephala Dill</i> ) – Sustrato orgánico empleado: Fibra de Coco ( <i>Cocos nucifera</i> ) – 1L por lechuga. (Ver Anexo 1 – Bitácora).
<b>B</b>	Sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) sin pendiente con 6 Lechugas Lollo Bionda ( <i>Lactuca sativa L. var. acephala Dill</i> ) – Sustrato inorgánico empleado: Lana de Roca – 1L por lechuga. (Ver Anexo 1 – Bitácora).

**Fig. 4**

*Sistema hidropónico NFT 0% de Inclinación.*





*Nota.* El gráfico representa el sistema hidropónico utilizado para los tratamientos A y B, al plasmar el sistema recirculante por rebalse. Elaboración Propia.

**C**

Sistema hidropónico por goteo (Dutch Bucket System) 1 Lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa* L. var. *acephala* Dill) por cada Balde de 10L – Sustrato inorgánico empleado: Perlita expandida – 1L por lechuga. (Ver Anexo 1 – Bitácora).

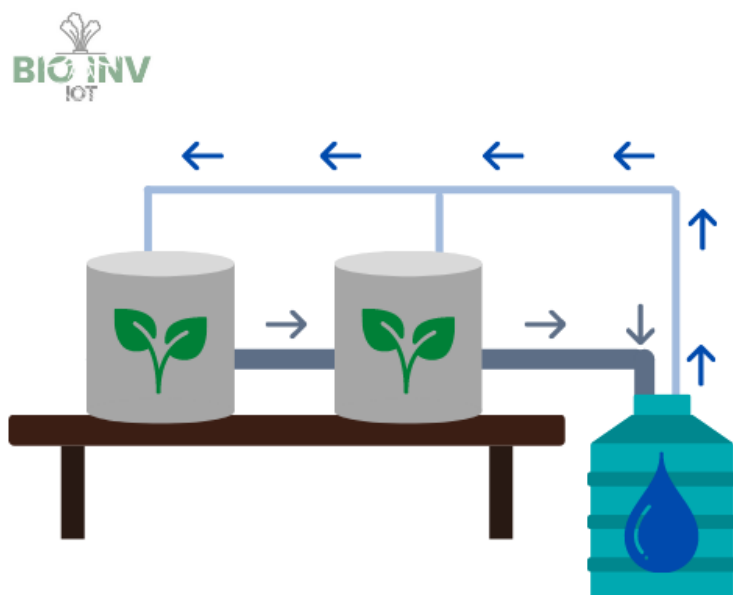
**D**

Sistema hidropónico por goteo (Dutch Bucket System) 1 Lechuga Lollo Bionda (*Lactuca sativa* L. var. *acephala* Dill) por cada Balde de 10L – Sustrato orgánico empleado: Cascarrilla de Arroz – 1L por lechuga. (Ver Anexo 1 – Bitácora).



**Fig. 5**

*Sistema hidropónico por goteo – Dutch Bucket system.*



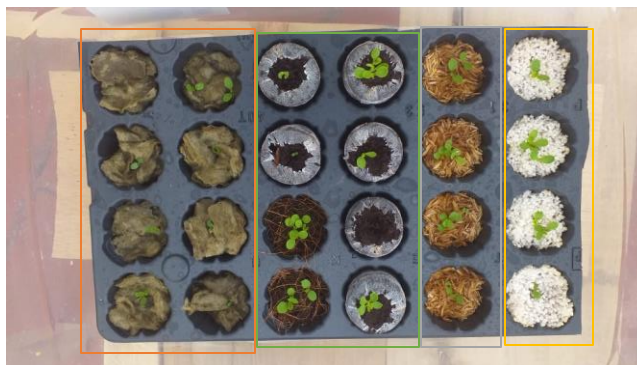
*Nota.* El gráfico representa el sistema hidropónico por goteo Dutch Bucket system utilizado para los tratamientos C y D, cumpliendo de igual manera con el sistema recirculante de agua y nutrientes.

### **Procedimiento de los tratamientos empleados**

Para los tratamientos A y B se utilizaron 2 Tubos PVC de 3 pulgadas (1.60m de largo) los cuales actúan como herramienta para el sostén y transferencia del recurso hídrico dentro del sistema, la misma función cumplieron los baldes de 10 L implementados en los tratamientos C y D. Adicionalmente, se implementaron cuatro reservorios de 20 L de capacidad, para almacenar el recurso hídrico junto con la solución nutritiva y permitir la recirculación del agua. Para todos los tratamientos se incrementaron progresivamente la concentración de macro y micronutrientes al ritmo que se desarrollaba la planta. Otra constante es la cantidad de agua inicial por lechuga, la cual es de 1 L por cada planta por ciclo. De manera general, todos los tratamientos estuvieron en la bandeja de alveolos durante la etapa de germinación hasta completar 30 días.

**Fig. 6**

*Etapa inicial de la germinación, aparición de los cotiledones – Hojas falsas.*



*Nota.* Se denota que todos los tratamientos parten con el sustrato asignado, desde la etapa inicial.

Una vez terminada la etapa de germinación, para el tratamiento A se colocaron seis Lechugas Lollo Bionda con una separación de 0.25m en los respectivos tubos con el sustrato orgánico de la Fibra de Coco. Paralelamente para el tratamiento B, se colocaron seis Lechugas Lollo Bionda en los respectivos tubos con el sustrato inorgánico de la Lana de Roca, siguiendo el arreglo topológico a tresbolillo entre los tratamientos A y B. Para el tratamiento C se colocó 1 Lechuga Lollo Bionda por cada recipiente de almacenamiento de 10 L, y se administró el sustrato de Perlita Expandida. Para el tratamiento D, se colocó 1 Lechuga Lollo Bionda por cada recipiente de almacenamiento de 10 L juntamente con su sustrato. Adjuntamente para todos los tratamientos se administraron 1 L de agua por cada planta compuesto por 5 cm<sup>3</sup> de la solución nutritiva A, 2 cm<sup>3</sup> de la solución B (Ver Anexo 2) y se utilizaron los mismos sustratos desde la germinación hasta la cosecha, la cual tuvo una duración de 60 días.

A lo largo del proceso de crecimiento y desarrollo se realizaron mediciones periódicas del PH y Conductividad Eléctrica, con el fin poder regular el consumo de nutrientes, priorizando una estabilidad durante su crecimiento. Siendo importante ya que influyen directamente sobre el

desarrollo y crecimiento de la planta (Hidroponía al Cubo, 2017). Es decir, el desarrollo de la lechuga se compone por tres fases, la primera siendo el crecimiento de las plántulas hasta que la lechuga brote sus dos hojas verdaderas, la segunda fase siendo la del crecimiento vegetativo, y la tercera fase siendo la de reproducción o floración, refiérase a la Tabla N °4. En base a cada fase es necesario administrar los nutrientes en diferentes cantidades, y por ende es fundamental llevar control de estas mediciones.

**Tabla N °4** *Valores de CE para cada fase del desarrollo de la lechuga.*

	CE
Plántulas/esquejes	0.6-1.2
Crecimiento vegetativo	1.2-1.6
Floración/fructificación	1.6-2.4

*Nota.* Hidroponía al Cubo (2017).

Semanalmente, una vez trasplantado a cada sistema hidropónico se recolectaron el tamaño de hoja y número de hojas por cada planta promedio, con el fin de plasmar la tasa de crecimiento por cada sustrato (Ver Anexo 1).

Una vez terminado el proceso de crecimiento y cultivo, mediante el tipo de muestreo se llevaron a cabo mediciones de la cantidad de agua total consumida por cada lechuga en su respectivo sustrato, masa final de la planta al ser la prioritaria, número de hojas, extensión de hoja y el diámetro del tallo.

## RESULTADOS

### 3. Análisis de resultados

Para el análisis de los resultados se aplicó el estadístico ANOVA de un factor, y para ello se consideraron las hipótesis planteadas en el Capítulo 1.

#### 3.1 Presentación general de Datos

A continuación para la presentación general de los datos en síntesis a lo largo de todo el proyecto se puede ver representado en la Tabla N °5.

**Tabla N °5** *Resumen de parámetros físicoquímicos obtenido en el crecimiento de la lechuga con la técnica hidropónica utilizando sustratos.*

Sustrato	Consumo total de Agua (Por lechuga) L	Masa final de la Planta (g) $\pm 0.0125$ g	PH promedio $\pm 0.05$	CE promedio (mS/cm) $\pm 0.005$	Tasa de Crecimiento (# Hojas)
<b>F. Coco</b>	4.8	176.00	6.15	1.385	0.286
<b>L. Roca</b>	3.8	125	6.36	1.384	0.143
<b>P. Expandida</b>	8	76	6.37	1.32	0.429
<b>C. Arroz</b>	7	77.00	6.27	1.34	0.143

*Elaborado por: El autor.*

Como se puede evidenciar en la Tabla N °5 y en el Anexo 5, se comparan los 4 diferentes tipos de sustratos, tanto en el consumo total de agua, la masa final, el PH promedio, la Conductividad Eléctrica promedio y la tasa de crecimiento enfocada en el número de hojas en el capítulo 3. Dentro de estas características físicoquímicas el sustrato de la Fibra de Coco es el que se destaca, con un consumo de agua intermedio, con la masa mayor de todos los tratamientos. Esto es proporcional a su tasa de crecimiento, siendo pues el que contiene mayor cifra, lo cual permite la deducción que es el que más incidencia tiene sobre el resultado final del producto agrícola hidropónico ya su masa final es mayor.

### 3.2 Análisis de la masa final

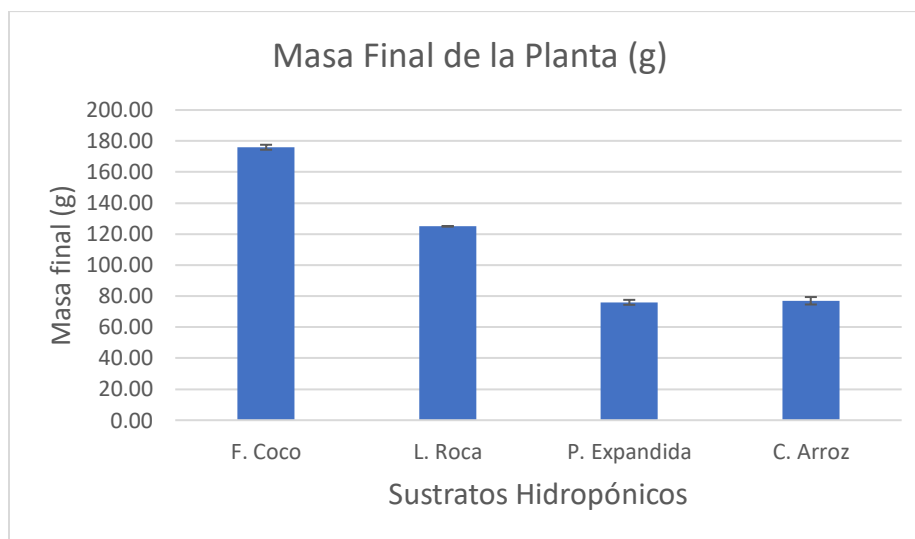
Dentro de esta sección se especifica la **Tabla N °6** y la **Figura N °7**, en donde se representan las mediciones propuestas por el Capítulo 3 de la investigación.

**Tabla N °6** Masa final en g de las lechugas cosechadas al final del periodo establecido por cada sustrato

Sustrato	MASA FINAL P/g											
	$\Delta t = \pm 0.125 \text{ g}$											
	OBSERVACIÓN #					Errores Absolutos por Cada Observación						
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P$	$EP_1$	$EP_2$	$EP_3$	$EP_4$	$EP_5$	$EP$
<b>F. Coco</b>	175.0	175.0	175.0	180.0	175.0	176.0	1.0	1.0	1.0	4.0	1.0	1.6
<b>L. Roca</b>	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>P. Expandida</b>	75.0	75.0	80.0	75.0	75.0	76.0	1.0	1.0	4.0	1.0	1.0	1.6
<b>C. Arroz</b>	80.0	80.0	75.0	75.0	75.0	77.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.4

Elaboración por: El autor.

**Figura N °7** Masa final de las lechugas cosechadas por cada sustrato



Como demostrado tanto en la Tabla N °6 como en la Figura N °7, el sustrato que mayor efecto tiene sobre la masa final de la planta es la Fibra de Coco, principalmente gracias a que como se mencionó en el Capítulo 2 de la investigación, supera a los demás sustratos tanto en la retención

de agua como un PH estable dentro de los requerimientos de la Lechuga. Específicamente según la Figura N °7, la Fibra de Coco supera a la Lana de Roca en un 28.98%, a la Perlita Expandida en un 56.82%, y a la Cascarilla de Arroz en un 56.25% dentro de la masa final de la planta.

### 3.3 ANOVA de un Factor

Para lo que sigue de los resultados obtenidos con su respectivo análisis, se utilizará el estadístico ANOVA de un Factor, siendo este la Masa como ya especificado en la sección 3.2 Análisis de la masa final. Para ello se presenta la Tabla N °7, resultado del procesamiento respectivo en el programa SPSS IBM.

**Tabla N °7 Resultados Finales para la prueba de Anova de un factor (masa)**

	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Inter-grupos</b>	33885,000	3	11295,000	2581,714	,000
<b>Intra-grupos</b>	70,000	16	4,375		
<b>Total</b>	33955,00	19			

*Elaborado por: El autor.*

Como se puede observar, al 95% de confianza se rechaza la Hipótesis Nula aceptando la Hipótesis Alternativa, ya que el coeficiente F calculado es mayor que el tabulado según las tablas de Fisher como mostradas en (Mellado, n.d.). Es decir, los tipos de sustratos tienen efecto diferente sobre la masa final de la lechuga Lollo Bionda. Para sustentar los resultados e interpretaciones realizadas se presenta la sección 3.4 HDS de Tukey.

### 3.4 HDS de Tukey

Como ya mencionado, se sustentará los resultados obtenidos al presentar la Tabla N °8 en la cual se comprueba el HSD de Tukey o las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

usando el tamaño muestral de la media armónica igual a 5,000. Cabe recalcar de igual manera que estos datos giran en torno a la variable principal.

**Tabla N °8 Subconjuntos Homogéneos HSD de Tukey**

Tipo de Sustrato	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
<b>Perlita Expandida</b>	5	76,0000		
<b>Cascarilla de Arroz</b>	5	77,0000		
<b>Lana de Roca</b>	5	125,0000		
<b>Fibra de coco</b>	5	176,0000		
<b>Sig.</b>		,873	1,000	1,000

*Elaborado por: El autor.*

En base a la prueba de Tukey, a un 95% de confianza se puede concluir que la Fibra de Coco y la Lana de Roca son totalmente distintas, y que por ende actúan de manera diferente en la masa final de la lechuga Lollo Bionda ya que su significancia es de 1. En cambio, la Perlita Expandida y la Cascarilla de Arroz son tratamientos iguales y su relación con la masa (g) es proporcional. Para profundizar dentro de la diferencia de medias siendo significativa al nivel 0.05 refiérase al Anexo 3.

## CONCLUSIONES

### 4. Conclusiones

*¿Cuál de los sustratos: Cascarilla de arroz (Oryza Sativa), fibra de Coco (Cocos nucifera), Lana de roca y Perlita expandida tendrá mayor efecto en la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda (Lactuca sativa L. var acephala Dill) mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación?*

El proceso de la investigación y experimentación para comparar cuál de los distintos tipos de sustratos tuvieron mayor efecto sobre la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda dio respuesta a la pregunta de investigación. Según los tres capítulos anteriores se plantea que el sustrato de Fibra de Coco es el que tiene mayor efecto sobre la masa final (g) de la lechuga Lollo Bionda mediante la técnica de cultivo hidropónico durante dos meses de experimentación gracias a que como ya se mencionó supera a la Lana de Roca en un 28.98%, a la Perlita Expandida en un 56.82%, y a la Cascarilla de Arroz en un 56.25%. Con esta aprobación se llega a dar también por cumplimiento a los objetivos tanto específicos como el general, gracias a que se logró comparar distintos tipos de sustratos llegando a un análisis certero para deducir cual sustrato es el más adecuado para un sistema hidropónico, según la justificación teórica del Capítulo 2, el diseño de la experimentación en el Capítulo 3, la implementación de la experimentación en el Capítulo 4, y finalmente la evaluación de los resultados obtenidos al relacionar las variables en el Capítulo 5 de conclusiones.

Recordaré, por último, que además de que la Fibra de Coco se destaque en la masa final de la planta también lo hace en el consumo de agua comparado a un sistema normal de producción de alimentos en tierra según el Capítulo 2 de la Revisión literaria consume 75 Litros (L) por cada ciclo, mientras que al utilizar este sustrato en un sistema hidropónico se consumió 4.8 Litros (L)



desde el inicio del proyecto hasta el final según la Tabla N °5, lo cual es un consumo menor por 93.6%.

Véase ahora como con lo anterior pudo demostrar de forma crítica que los recursos son finitos y que estos podrían distribuirse y explotarse de modo no equitativo, y de que la gestión de estas desigualdades es la clave de la sustentabilidad, así pues cumpliendo con el objetivo general número 5 de la asignatura. En adición, también se cumplió el objetivo número 8 de la asignatura al abordar las controversias que rodean a distintas cuestiones ambientales, demostrado en el Capítulo 2: la agricultura es una fuente de ingresos significativa para el país pero al mismo tiempo aporta grandemente hacia la contaminación ambiental. Pero sobre todo, como lo sugiere el manual de la asignatura se logró desarrollar una conciencia de la diversidad de los sistemas de valores ambientales como el objetivo general número 6 ya que el sistema BioInvIOT actualmente está funcionando en mi colegio para la producción de alimentos (ver **Figura N °8 y Figura N °9**)

**Figura N °8** Evidencia de la implementación del sistema en la institución con el personal del bar.



**Figura N °8** Evidencia de la implementación del sistema en la institución.



En conclusión, se pudo desarrollar varias habilidades, dentro de las cuales la principal fue la comunicación, al realizar el podcast para obtener sustento confiable y profesional. Otra habilidad adquirida a lo largo del proceso es la Autogestión, ya que diseñé mi propia estructura tanto del invernadero como en distribución de hilera para las plantas y logré conseguir materiales sobrantes de una construcción. Además, esta habilidad recae en gestionar la implementación del sistema en el colegio, mediante el consejo estudiantil. El pensamiento creativo y crítico se vieron evidentes ya que se diseñó mi propio circuito y automaticé procesos, al obtener datos de la nube y analizarlos en función del estadístico. Finalmente, la habilidad de reflexión fue comprender cómo somos parte de cuestiones tanto locales como globales.

## Bibliografía:

- Cárdenas Calvachi, Gloria Lucia, & Sánchez Ortiz, Iván Andrés. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72-88. Retrieved March 28, 2021, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lng=en&tlng=es)
- Carrillo, R. (2015). *Estructura de la Producción Agrícola*. Slideshare.net. <https://es.slideshare.net/roscarrillo/esructura-de-la-produccion-agricola>
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1(1), 3-7.
- Castillo, M., Domínguez, A., Polanco Castro, Eduardo, Gabriela, & Nava Barbosa, Marina. (2019). Hidroponía. *Iberopuebla.mx*. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.11777/4440>
- Cavero, M. (2013). *Ciclo del Nitrógeno, Stevenson* [Figura]. Gidahatari. <https://gidahatari.com/ih-es/impactos-agricultura-recurso-hidrico>
- Cavero, M. (2014, 23 julio). *Impactos de la agricultura en el recurso hídrico*. gidahatari. <https://gidahatari.com/ih-es/impactos-agricultura-recurso-hidrico>
- Climate Data. (2021). *Clima Ambato: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Ambato* - Climate-Data.org. Climate-Data.org. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-tungurahua/ambato-2957/>
- Diario La Hora. (2021). *83 años de historia y crecimiento - La Hora*. La Hora Noticias de Ecuador, Sus Provincias Y El Mundo. <https://lahora.com.ec/noticia/1101085866/83-ac3b1os-de-historia-y-crecimiento>

Edición Médica. (2017). *Descubren alta mortalidad por cáncer gástrico en las provincias de la Sierra*. Edicionmedica.ec.

<https://www.edicionmedica.ec/secciones/profesionales/descubren-alta-mortalidad-por-cancer-g-strico-en-las-provincias-de-la-sierra-91259>

El Comercio Agrario. (2019, August 27). Uso eficiente del agua a través de la hidroponía - eComercio Agrario. Retrieved May 7, 2021, from eComercio Agrario website:

<https://ecomercioagrario.com/uso-eficiente-del-agua-a-traves-de-la-hidroponia/>

El Heraldo. (2020, February 18). Tungurahua dentro del Pacto Global - El Heraldo. Retrieved March 21, 2021, from El Heraldo website: <https://www.elheraldo.com.ec/tungurahua-dentro-del-pacto-global/>

FAO. (2015). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Retrieved March 22, 2021, from Fao.org website:

<http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20agropecuaria%20tiene%20unos,por%20nitratos%2C%20fosfatos%20y%20plaguicidas.&text=Si%20se%20utilizan%20m%C3%A1s%20m%C3%A9todos,agricultura%20sobre%20el%20medio%20ambiente.>

FAO. (2021). *Capítulo 1 - CONTAMINACIÓN agrícola de los recursos hídricos: Introducción*. Fao.org.

<http://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm#:~:text=No%20obstante%2C%20la%20agricultura%20es,contaminaci%C3%B3n%20de%20los%20recursos%20h%C3%ADdricos.&text=Es%20v%C3%ADctima%2C%20por%20el%20uso,los%20consumidores%20y%20trabajadores%20agr%C3%ADcolas>

Fernanda, L., & Buitrago, E. (2018). Optimización de sustrato para germinación de semilla de lechuga cresa en cultivos hidropónicos. *Eafit.edu.co*.

<https://doi.org/http://hdl.handle.net/10784/13336>

Gaibor, E. (¿Y Tú, Que Piensas? Podcast). (2021). *Ep.046 / ¿La masa final de la planta es relevante para evaluar un proceso agrícola?* – Ing. Edy Mayorga [Audio en Podcast].

<https://open.spotify.com/episode/0ozX7Oi3qxtLVnygsq3DfV?si=jAmajI22RquIEpbFgN6caQ>

Gobierno Provincial de Tungurahua Ecuador. (2012). Estudio definitivo Tunga San Pedro. In *Tungurahua.gob.ec*.

<https://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/5245ef42bd92eaac0a000002>

Hidroponía al Cubo. (2017, April 25). Conductividad eléctrica. Retrieved June 6, 2021, from

Hidroponía al cubo website: <https://hidroponiaalcubo.wordpress.com/conductividad-electrica/>

Hydro Environment. (n.d.). Guía: ¿Qué es el sistema NFT? : : Hydro Environment : : Hidroponia en Mexico. Retrieved May 7, 2021, from Hydroenv.com.mx website:

[https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=101](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101)

INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda. FASCÍCULO PROVINCIAL TUNGURAHUA:

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/tungurahua.pdf>

Jiangsu Skyplant Greenhouse Technology. (n.d.). China Sistemas comerciales de cultivo

hidropónico Dutch Bucket Fabricantes. Retrieved May 7, 2021, from Spgreenhouse.com website: [http://es.spgreenhouse.com/greenhouse-vertical-](http://es.spgreenhouse.com/greenhouse-vertical-hydroponics/52948689.html#:~:text=Comercial%20cultivo%20hidrop%C3%B3nico%20Sistemas%20holand%C3%A9s,%20pepinos%20y%20incluso%20rosas)

[hydroponics/52948689.html#:~:text=Comercial%20cultivo%20hidrop%C3%B3nico%20Sistemas%20holand%C3%A9s,%20pepinos%20y%20incluso%20rosas](http://es.spgreenhouse.com/greenhouse-vertical-hydroponics/52948689.html#:~:text=Comercial%20cultivo%20hidrop%C3%B3nico%20Sistemas%20holand%C3%A9s,%20pepinos%20y%20incluso%20rosas)

José Luis Barbado. (2005). *Hidroponía : su empresa de cultivos en agua*. Buenos Aires:

Editorial Albatros SACI. 1a (Ed.). Buenos Aires. [BDU - Hidroponía:: su empresa de cultivos de agua / \(siu.edu.ar\)](#)

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Agricultura, la base de la economía y la alimentación – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Agricultura.gob.ec.  
<https://www.agricultura.gob.ec/agricultura-la-base-de-la-economia-y-la-alimentacion/>

Mellado, J. (n.d.). *Distribución F 0.05*. Retrieved from website:  
<http://www.uaaan.mx/~jmelbos/tablas/distf.pdf>

National Park Service. (2018). Hydroponics: A Better Way to Grow Food (U.S. National Park Service). Retrieved March 22, 2021, from Nps.gov website:  
<https://www.nps.gov/articles/hydroponics.htm#:~:text=Less%20water%3A%20Hydroponic%20systems%20use,and%20drain%20to%20the%20environment.>

Organización Mundial de la Salud. (2016). ¿Residuos de plaguicidas en los alimentos?  
*Organización Mundial de La Salud*. <https://doi.org/features/qa/87/es/index.html>

Pelchor, J. (2017). *Estudio comparativo de producción y comercialización de dos sistemas de producción: convencional y agroecológico del cultivo de lechuga en el cantón Cuenca*. (pp. 17–18) [TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE MAGISTER EN AGROECOLOGIA Y AMBIENTE].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26364/1/tesis%2004-01-2017.pdf>

Sinergia. (2017). Producción Respetuosa en Viticultura Impactos Ambientales en Agricultura. In *Agua*. Retrieved from website: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/05/Impactos-ambientales-en-agricultura.pdf>

Universidad Técnica del Norte. (2017, March 23). La Importancia de la Agricultura en nuestro país. Retrieved March 21, 2021, from Utn.edu.ec website:  
<https://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091#:~:text=El%20reporte%20d>

e%20Productividad%20Agr%C3%ADcola,proporciona%20forraje%20para%20el%20ganado.

Vryancceall. (2012). *Proceso de producción agrícola*. Slideshare.net.

<https://es.slideshare.net/vryancceall/proceso-de-produccion-agrcola>

Weather Spark. (2021). *Clima promedio en Ambato, Ecuador, durante todo el año* - Weather

Spark. Weatherspark.com. [https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-](https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o)

[Ambato-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o](https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o)



## Anexos

### Anexo 1

En el enlace adjunto se evidencia un archivo de Excel en el cual se recopilamos información de PH y Conductividad Eléctrica (CE) cada semana a lo largo de los dos meses de experimentación. Es decir, este documento es una Bitácora del procedimiento a lo largo de los dos meses:

[https://1drv.ms/x/s!ArFmrAajkk\\_hfJFoLICtUblOt\\_2fQ?e=k5oUti](https://1drv.ms/x/s!ArFmrAajkk_hfJFoLICtUblOt_2fQ?e=k5oUti)

### Anexo 2

Componentes químicos utilizados para el fertilizante líquido durante la experimentación de dos meses:

Solución A	Solución B1	Solución B2
Nitrato de Potasio	Sulfato de Magnesio Técnico	Sulfato de Zinc
Nitrato de Amonio	Quelato de hierro	Sulfato de manganeso
Nitrato de Calcio	Molibdato de Amonio	Ácido Bórico
Fosfato Monoamónico		Sulfato de cobre
Fosfato Mono potásico		

La Solución B1 y B2 se combinaron entre si para después actuar como una sola solución B. Y con esta solución B se administra juntamente con la Solución A.



### Anexo 3

Esta captura es resultado del procesamiento de los datos brutos en el programa de SPSS IBM, analizando pues la diferencia de medias entre cada tipo de sustrato.

#### Pruebas post hoc

##### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Peso

HSD de Tukey

(I) Tipo de Sustrato	(J) Tipo de Sustrato	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Fibra de coco	Lana de roca	51,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	47,2152	54,7848
	Perlita expandida	100,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	96,2152	103,7848
	Cacarilla de arroz	99,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	95,2152	102,7848
Lana de roca	Fibra de coco	-51,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	-54,7848	-47,2152
	Perlita expandida	49,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	45,2152	52,7848
	Cacarilla de arroz	48,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	44,2152	51,7848
Perlita expandida	Fibra de coco	-100,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	-103,7848	-96,2152
	Lana de roca	-49,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	-52,7848	-45,2152
	Cacarilla de arroz	-1,00000	1,32288	,873	-4,7848	2,7848
Cacarilla de arroz	Fibra de coco	-99,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	-102,7848	-95,2152
	Lana de roca	-48,00000 <sup>*</sup>	1,32288	,000	-51,7848	-44,2152
	Perlita expandida	1,00000	1,32288	,873	-2,7848	4,7848

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

### Anexo 4

Modelo matemático para representar la Temperatura vs. Humedad interrelacionando la monografía con la aplicación e interpretación de exploración en Matemáticas Nivel Medio.

En síntesis el modelo matemático obtenido fue exponencial dentro del Dominio especificado de la temperatura. El propósito de este modelo matemático es poder predecir la humedad en función de la temperatura y así tener un mayor control de los factores abióticos dentro del invernadero, evitando las posibles plagas u hongos que se puedan presentar durante el desarrollo de los tratamientos. Este modelo viene dado por:

$$f(x) = 174.217e^{-0.0522996x}$$

$$R^2 = 0.878775$$

Debido a que la recopilación de los datos de temperatura y humedad fueron capturados por sensores y enviados cada hora a una plataforma digital dedicada hacia la automatización y visualización de datos (ThingSpeak) se adjunta el enlace para el acceso público a la base de datos dedicada a esta experimentación de autoría propia.

<https://thingspeak.com/channels/1288627>

Además también se creó un algoritmo de predicción con el lenguaje de programación “Python” para simplificar predicciones entre temperatura y humedad. Con esto, se programó una interfaz gráfica para que cualquier usuario pueda predecir los factores abióticos dentro del BIO\_INV\_IOT. El propósito de esto es que los estudiantes y comunidad del colegio que decidan utilizar el sistema implementado lo puedan hacer de la mejor manera al llevar un control regular. El código se encuentra en el siguiente enlace:

<https://github.com/gaiborjosue/Temp-Hum-Predictor>

## Anexo 5

Sustrato	Número de Hojas	Extensión promedio de Hojas (cm) ± 0.5mm	Tasa de Crecimiento (Extensión de Hojas)	Diametro del Tallo (cm)
<b>F. Coco</b>	17	15.74117647	0.2478	1.29
<b>L. Roca</b>	16	14.825	0.1914	1.18
<b>P. Expandida</b>	14	13.37142857	0.1629	0.54
<b>C. Arroz</b>	14	14.24285714	0.1657	0.70

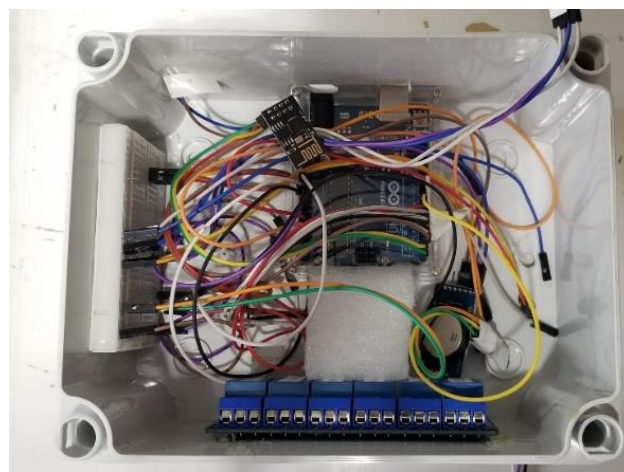
Como se demuestra en la tabla anterior, la fibra de Coco se destaca en el número de hojas, la extensión promedio de hojas, en la tasa de crecimiento (Extensión de hojas) y en el diámetro del Tallo (cm) lo cual apoyan los resultados discutidos en el capítulo 3.

## Anexo 6

A continuación se adjuntan imágenes del equipo tecnológico utilizado para automatizar tanto el control de factores abióticos, regadío y supervisión de sustratos, todo esto desde un aplicativo móvil o desde la página web. Cabe recalcar que se utilizó un Arduino Uno juntamente con sensores ya enlistados en las tablas de materiales & equipos.

Yo estructuré el equipo y además adjunto el enlace del repositorio en GitHub para poder demostrar el código de programación (C++) utilizado en esta automatización:

[https://github.com/gaiborjosue/Hidroponic\\_IOT\\_Greenhouse/blob/main/Main\\_IOT.ino](https://github.com/gaiborjosue/Hidroponic_IOT_Greenhouse/blob/main/Main_IOT.ino)



## Anexo 7

A continuación se presentan imágenes en las que se demuestra evidencia para la grabación del podcast con el Ingeniero Núñez.

