



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

TEMA:

**Evaluación de la eficiencia en el uso del espacio y consumo
hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica
(tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas
urbanas.**

AUTOR:

Ganchozo Bravo, Luis Stalin

**Componente Práctico del Examen Complexivo previo a la obtención
del título de
INGENIERO AGROPECUARIO**

TUTORA:

Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador
06 de marzo del 2026**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

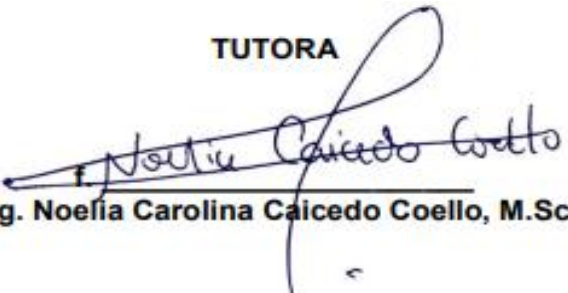
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

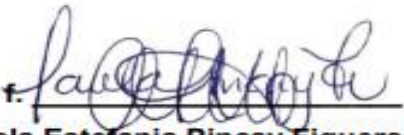
Certificamos que el presente **Componente Práctico del Examen Complexivo**, fue realizado en su totalidad por **Ganchozo Bravo, Luis Stalin**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**.

TUTORA



Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA



Ing. Paola Estefania Pincay Figueroa, M.Sc.

Guayaquil, a los 06 del mes de marzo del año 2026



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ganchozo Bravo, Luis Stalin**

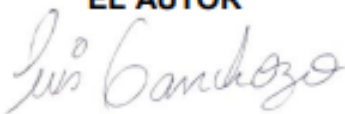
DECLARO QUE:

El **Componente Práctico del Examen Complexivo, Evaluación de la eficiencia en el uso del espacio y consumo hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Componente Práctico del Examen Complexivo referido.

Guayaquil, a los 06 del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR

f. 
Ganchozo Bravo Luis Stalin



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

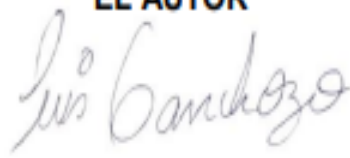
AUTORIZACIÓN

Yo, **Ganchozo Bravo, Luis Stalin**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **Componente Práctico del Examen Complexivo Evaluación de la eficiencia en el uso del espacio y consumo hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 06 del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR

f. 
Ganchozo Bravo Luis Stalin



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICADO COMPILATIO

Se ha revisado el Componente Práctico del Examen Complexivo, **Evaluación de la eficiencia en el uso del espacio y consumo hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas** presentado por el estudiante **Ganchozo Bravo Luis Stalin**, de la carrera de **Ingeniería Agropecuaria**, donde obtuvo del programa Compilatio, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada.



Certificado de análisis

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Anteproyecto Ganchozo Bravo Luis Marzo 6

ID : 00756192d322b3918c5c6c44280b0a540d7318d5



3%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : Anteproyecto Ganchozo Bravo
Luis Marzo 6.txt

Tamaño del archivo original : 1,03 MB

Número de palabras : 4446

Número de caracteres : 30598

Depositante : Noelia Carolina Caicedo Coello

Fecha de depósito : 6 de marzo de 2026

Tipo de carga : interface

fecha de fin de análisis : 6 de marzo de 2026

Fuente: Compilatio-Usuario Caicedo, 2026

Certifica,

TUTORA

Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la vida, la salud y las oportunidades necesarias para culminar esta etapa académica.

Expreso también mi agradecimiento a mis padres Javier Ganchozo y Mónica Bravo, quienes me han formado con valores fundamentales como la responsabilidad, la perseverancia, el respeto, la honestidad y la disciplina. Gracias a sus enseñanzas comprendí que con esfuerzo y constancia es posible alcanzar las metas propuestas.

De manera especial, agradezco a mi tutora de tesis, Noelia Caicedo Coello, por su orientación, paciencia y valioso apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Su guía, conocimientos y acompañamiento fueron fundamentales para culminar con éxito el trabajo.

Asimismo, agradezco a la Universidad, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Finalmente, a mis amigos y compañeros, con quienes compartí valiosas experiencias y momentos durante esta etapa universitaria.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la vida, por ser mi fortaleza.

A mis padres, Javier Ganchozo y Mónica Bravo, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio me han brindado su apoyo a lo largo de mi vida.

Así mismo, este logro se lo debo a mi pareja, Peggy Villamar, quien ha sido pilar fundamental durante este proceso. Su motivación, comprensión y constante apoyo me impulsaron a seguir adelante y culminar mi carrera.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.
TUTORA

Ing. Paola Estefania Pincay Figueroa, M.Sc.
DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.
COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CALIFICACIÓN

Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.
TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo General.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.	3
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	5
2.2 Fisiología de la Lechuga en Entornos Controlados.....	5
2.3 Fundamentos de la Agricultura Vertical (AV)	5
2.4 Sistemas de Técnica de Película de Nutrientes (NFT).....	6
2.5 Hidroponía.....	6
2.5.1 Nutrición.	6
2.5.2 Eficiencia del Uso del Agua (EUA) en Hidroponía.	7
2.5.3 Conductividad eléctrica y pH.....	7
2.6 La Seguridad Alimentaria y los ODS en el Siglo XXI	8
3 MARCO METODOLÓGICO.....	9
3.1 Ubicación del ensayo	9
3.2 Materiales	9
3.3 Enfoque de la investigación	9
3.3.1 Tipo de investigación y tratamientos.	9
3.4 Manejo del ensayo	9
3.5 Parámetros a evaluar en el experimento	10
3.5.1 Operacionalización de Variables.	10
3.6 Diseño experimental y análisis estadístico	11
4 RESULTADOS ESPERADOS.....	12
4.1 Académico.....	12
4.2 Científico.....	12
4.3 Técnico.....	12
4.4 Tecnológico	12
4.5 Ambiental.....	12
4.6 Social	12
4.7 Cultural	13
4.8 Contemporáneo	13
4.9 Económico	13
4.10 Participación Ciudadana	13
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
REFERENCIAS	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Tratamientos en estudio*. 9

Tabla 2. *Operacionalización de las variables* 11

RESUMEN

La agricultura convencional enfrenta retos críticos debido al crecimiento demográfico y la urbanización, estimándose que para el 2050 el 70 % de la población vivirá en ciudades. El presente trabajo evalúa la eficiencia de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas de Guayaquil. El objetivo principal es comparar el rendimiento biomásico y el consumo hídrico frente al cultivo tradicional en suelo. La metodología emplea un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 20 plantas por tratamiento en una casa sombra de la UCSG. Se busca validar una reducción del 90% en el uso de agua y un incremento del 400 % en la densidad de siembra mediante el uso de estructuras verticales de PVC. Los resultados se analizan bajo parámetros técnicos, económicos y ambientales, alineándose con los ODS 2, 6 y 11 de la Agenda 2030. Se concluye que esta tecnología simplificada es una alternativa viable para fortalecer la seguridad alimentaria urbana y optimizar recursos escasos.

Palabras Clave: Hidroponía, NFT, Agricultura Vertical, Seguridad Alimentaria, Eficiencia Hídrica, Lechuga.

ABSTRACT

Conventional agriculture faces critical challenges due to accelerated demographic growth and urbanization, with an estimated 70 % of the world's population living in cities by 2050. This research evaluates the efficiency of a simplified vertical hydroponic farming system (NFT type) for green leafy crops in urban areas of Guayaquil. The primary objective is to compare biomass yield and water consumption against traditional soil-based cultivation. The methodology employs a completely randomized design with 4 treatments and 20 plants per treatment within a shade house at UCSG. The study aims to validate a 90 % reduction in water use and a 400 % increase in planting density through the implementation of vertical PVC structures. Expected results are analyzed under technical, economic, and environmental parameters, aligning with SDGs 2, 6, and 11 of the 2030 Agenda. It is concluded that this simplified technology represents a viable alternative to strengthen urban food security and optimize scarce resources.

Keywords: Hydroponics, NFT, Vertical Farming, Food Security, Water Efficiency, Lettuce.

1 INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, la agricultura convencional enfrenta desafíos sin precedentes debido al crecimiento demográfico acelerado y la urbanización desmedida. Se estima que para el año 2050, el 70 % de la población mundial residirá en ciudades, lo que genera una presión crítica sobre la seguridad alimentaria y los recursos naturales. La expansión de la frontera agrícola tradicional ha derivado en la degradación de suelos y un uso ineficiente del agua dulce, recurso del cual la agricultura consume aproximadamente el 70 % a nivel global. Ante este escenario, surge la necesidad de transicionar hacia modelos de producción intensivos, resilientes y localizados.

El principal obstáculo de la agricultura urbana es la limitación de espacio horizontal y la escasa disponibilidad de suelos fértiles. Los métodos de cultivo tradicionales en entornos citadinos suelen ser poco productivos y demandan grandes volúmenes de agua que, en su mayoría, se pierden por evaporación o filtración incontrolada. Existe, por tanto, una brecha técnica en la implementación de sistemas que permitan maximizar la producción de hortalizas de hoja verde en superficies mínimas, garantizando al mismo tiempo un ciclo cerrado de nutrientes y agua que minimice el desperdicio. La falta de validación de sistemas simplificados de *Nutrient Film Technique* (NFT) adaptados a contextos domésticos o urbanos limita la adopción de estas tecnologías por parte de pequeños productores y comunidades.

La presente investigación se justifica en la urgencia de validar soluciones tecnológicas de bajo costo y alta eficiencia. El sistema de agricultura vertical hidropónica tipo NFT se presenta como una alternativa disruptiva que permite el aprovechamiento del eje vertical, incrementando la densidad de siembra por metro cuadrado hasta en un 400 % en comparación con el cultivo en suelo.

Este proyecto se alinea estratégicamente con la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, impactando directamente en tres ejes fundamentales

Hambre Cero al promover la producción local de alimentos frescos y nutritivos, reduciendo la dependencia de cadenas de suministro largas y costosas; Agua Limpia y Saneamiento, mediante el uso de un sistema recirculante que reduce el consumo hídrico hasta en un 90 %, optimizando cada gota de agua en el proceso metabólico de la planta; Ciudades y Comunidades Sostenibles, al fomentar la integración de infraestructura verde en el paisaje urbano, disminuyendo la huella de carbono asociada al transporte de alimentos y mejorando la resiliencia alimentaria de las ciudades.

Por lo expuesto, los objetivos planteados para el presente Trabajo son:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General.

Evaluar la eficiencia productiva y el consumo hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica simplificado (tipo NFT) para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), comparando el rendimiento por metro cuadrado frente al cultivo tradicional en suelo, en un entorno urbano.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Diseñar e instalar un prototipo modular de agricultura vertical tipo NFT utilizando materiales de bajo costo (PVC), con una capacidad de carga de al menos 20 plantas por metro cuadrado lineal, en un periodo de 15 días.
- Cuantificar el consumo hídrico total del sistema vertical mediante el registro diario de volúmenes de reposición de la solución nutritiva, comparándolo con el volumen de agua aplicado en un testigo de cultivo en suelo de igual densidad.
- Determinar el rendimiento biomásico de las plantas (peso fresco de raíz y parte aérea) al finalizar el ciclo de 45 días, para establecer el índice de eficiencia de uso de espacio.

- Calcular la relación costo-beneficio de la implementación del sistema simplificado, considerando la inversión inicial en materiales y el ahorro proyectado en recursos hídricos y espacio.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Hoy en día a nivel mundial, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas debido a su valor nutricional y a su corto ciclo de producción. En las últimas décadas, su producción ha reflejado aumentos de manera importante, alcanzando alrededor de 31 millones de toneladas a nivel global. Entre los principales países productores se destaca China, Estados Unidos e India, por su alta demanda en producción a nivel mundial, manteniendo así la seguridad y nutrición alimentaria (Sacta Correa, 2023).

Por lo tanto, en Ecuador también es considerada una de las hortalizas con alta demanda en su consumo y su producción se destina principalmente al consumo interno. El cultivo se desarrolla mayormente en la región interandina, ya que, las condiciones climáticas favorecen a su desarrollo durante todo el año. En cuanto a producción, en el país se cultivan aproximadamente 1.145 hectáreas de lechuga, con un rendimiento promedio cercano a 7.928 kg por hectárea; de acuerdo a estas evidencias se considera su importancia dentro del sector hortícola nacional (León Acosta, 2024)

2.2 Fisiología de la Lechuga en Entornos Controlados

La lechuga es el cultivo modelo para sistemas verticales por su ciclo corto y arquitectura compacta. Para un crecimiento óptimo, requiere rangos de pH entre 5.5 y 6.5 y una temperatura de la solución nutritiva que no exceda los 25°C, ya que temperaturas superiores reducen el oxígeno disuelto y afectan la absorción de nutrientes (Barbosa et al., 2015).

2.3 Fundamentos de la Agricultura Vertical (AV)

La AV se define como la práctica de cultivar alimentos en capas apiladas verticalmente, integrando entornos controlados para optimizar el uso de recursos. De acuerdo con Despommier (2020), esta técnica permite una producción independiente de las condiciones climáticas externas y

maximiza el rendimiento por metro cuadrado de superficie ocupada, cumpliendo con las metas del ODS 11 sobre urbanismo sostenible.

2.4 Sistemas de Técnica de Película de Nutrientes (NFT)

El sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) es una variante de la hidroponía donde una lámina delgada de solución nutritiva circula constantemente sobre las raíces de las plantas. Resh (2022) sostiene que este método es ideal para cultivos de hoja verde debido a que garantiza una oxigenación óptima del sistema radicular y permite un control preciso de la conductividad eléctrica (CE) y el pH de la solución.

En este sistema es característico que la recirculación de las soluciones nutritivas se lleva a cabo mediante el uso de una bomba electrosumergible y una infraestructura que contenga tubos de PVC (Pichoasamin et al., 2024).

2.5 Hidroponia

En la agricultura actual los cultivos bajo sistema hidropónico se han convertido muy populares debido a que durante su tiempo de desarrollo estos optimizan el uso del agua y nutrientes, obteniendo mejoras en los cultivos. Los cultivos que mas se destacan bajo este mecanismo son: lechuga, tomate y cebolla. Este sistema no solo se caracteriza por obtener un mejor control de factores ambientales, sino que también el control de los nutrientes que necesita el cultivo (Pichoasamin et al., 2024).

La hidroponía también se caracteriza por permitir la producción agrícola en lugares donde el espacio es limitado. Estas características las convierten en una estrategia viable para fortalecer la seguridad alimentaria en entornos urbanos, donde la disponibilidad del suelo cultivable es reducida y la demanda de alimentos continua en aumento (Resh, 2013).

2.5.1 Nutrición.

En los cultivos hidropónicos, la solución nutritiva constituye un factor fundamental para el desarrollo de las plantas, ya que debe contener

alrededor de 16 elementos esenciales, entre los que se destacan: sodio, potasio, fosforo y calcio. Debido a que en este sistema el suelo es reemplazada por el agua se debe tener necesariamente un control riguroso en la concentración de nutrientes (Priya et al.,2023).

2.5.2 Eficiencia del Uso del Agua (EUA) en Hidroponía.

Uno de los pilares de este proyecto es el ahorro hídrico (ODS 6). En comparación con la agricultura en suelo, los sistemas recirculantes como el NFT pueden reducir el consumo de agua hasta en un 90 %. Sardare y Admane (2013) mencionan que la EUA aumenta significativamente en sistemas cerrados, ya que la única pérdida considerable de agua ocurre a través de la transpiración de la planta y no por infiltración profunda o escorrentía.

2.5.3 Conductividad eléctrica y pH.

En el manejo de las soluciones nutritivas, la conductividad eléctrica y el pH son los principales parámetros utilizados para controlar la calidad de la solución. La CE permite estimar la concentración total de sales disueltas, expresadas en mS/cm; sin embargo, este indicador no muestra la cantidad específica de cada nutriente mineral presente. Por ello, se emplea principalmente para monitorear y mantener el contenido total de sales dentro de rangos adecuados para cada cultivo (Ayres et al., 2022).

En el caso de la lechuga, valores bajos de CE indican una baja disponibilidad de nutrientes y requieren aumentar la fertilización, mientras que valores elevados evidencian acumulación de sales, lo que obliga a reducir la inyección de nutrientes o renovar la solución nutritiva. Aunque un rango de 1.5 a 2.5 mS/cm se considera adecuado para este cultivo, ese valor no garantiza un equilibrio nutricional, por lo que es necesario complementar el monitoreo con análisis de macronutrientes esenciales como nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (Ayres et al., 2022).

2.6 La Seguridad Alimentaria y los ODS en el Siglo XXI

La agricultura urbana surge como una respuesta a la crisis de disponibilidad de alimentos en zonas densamente pobladas. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2023), la producción local reduce la dependencia de las cadenas de suministro externas y minimiza las pérdidas postcosecha. Este enfoque se alinea con el ODS 2 (Hambre Cero), que busca asegurar el acceso de todas las personas a alimentos sanos y nutritivos durante todo el año.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

El ensayo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, prov. Guayas en una casa sombra que se encuentra dentro Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (2°11'00.1"S 79°54'12.7"W, Latitud: - 2.1833672, Longitud: - 79.9035254).

3.2 Materiales

- Tierra de sembrado
- Semillero de plántulas de lechuga
- Solución nutritiva
- Agua
- Sal de mesa
- Tanque de agua de 20 L
- Macetas de drenaje
- pH metro
- Tubos PVC

3.3 Enfoque de la investigación

3.3.1 Tipo de investigación y tratamientos.

La investigación tendrá un enfoque de tipo cuantitativo con un alcance correlacional y explicativo de tipo experimental. El experimento contará con 4 tratamientos y cada tratamiento constará de 20 plantas.

Tabla 1.

Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Clave	Descripción del Manejo
T1 (Control)	Suelo	Cultivo tradicional en tierra de sembrado con riego manual convencional.
T2	NFT-100	Sistema vertical NFT con solución nutritiva al 100 % de la formulación estándar.
T3	NFT-75	Sistema vertical NFT con una reducción del 25 % en la concentración de nutrientes (CE baja).
T4	NFT-Org	Sistema vertical NFT utilizando una solución nutritiva de base orgánica o biofertilizante.

3.4 Manejo del ensayo

Para garantizar la validez científica del experimento en la casa sombra de la UCSG, se seguirá este protocolo:

1. **Instalación del Sistema:** En un periodo de 15 días, se ensamblará el prototipo vertical usando tubería de PVC de 3 pulgadas, configurando una pendiente para asegurar el flujo constante de la lámina nutritiva.
2. **Trasplante y Densidad:** Se seleccionarán plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) uniformes con 4 hojas verdaderas. Se establecerá una densidad de 20 plantas por metro cuadrado lineal en el sistema NFT, comparándola con una parcela testigo en suelo bajo la misma densidad.
3. **Gestión de la Solución Nutritiva:**
 - **Circulación:** Se utilizará una bomba sumergible para recircular la solución en un ciclo cerrado.
 - **Monitoreo:** Diariamente se medirá el pH (rango óptimo 5.5 - 6.5) y la Conductividad Eléctrica (rango 1.5 - 2.5 milisiemens/cm mS/cm).
 - **Reposición:** Se registrará el volumen exacto de agua añadida al tanque de 20 L para compensar la evapotranspiración, dato crucial para calcular la eficiencia hídrica.
4. **Control Fitosanitario:** Al ser un entorno urbano controlado (casa sombra), se priorizará el control mecánico y preventivo para mantener la inocuidad exigida por los ODS.

3.5 Parámetros a evaluar en el experimento

Las Variables a evaluar son:

- Consumo Hídrico
- Crecimiento
- Rendimiento
- Calidad de Agua

3.5.1 Operacionalización de Variables.

De acuerdo a las variables presentadas, la operacionalización se la presenta a continuación:

Tabla 2.*Operacionalización de las variables*

Variable	Indicador	Instrumento
Consumo Hídrico	Litros aplicados/reducidos	Probeta graduada / Caudalímetro
Crecimiento	Altura de planta (cm)	Regla milimetrada
Rendimiento	Peso fresco total (g)	Balanza analítica
Calidad de Agua	pH y Conductividad (CE)	Potenciómetro / Conductímetro

3.6 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizará un Diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 20 plantas por tratamiento de las cuales se analizaron 5 plantas. La comparación de datos se realizará mediante un análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones usando la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) con un nivel de significancia del 95 % utilizando la herramienta de *Statgraphic Plus*.

4 RESULTADOS ESPERADOS

El desarrollo de este ensayo experimental busca alcanzar impactos significativos bajo los siguientes criterios:

4.1 Académico

Se espera generar un documento técnico de referencia para la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la UCSG, que sirva como base para futuras investigaciones sobre agricultura urbana y sistemas intensivos.

4.2 Científico

Validación de la relación entre la conductividad eléctrica (CE) y el desarrollo de biomasa en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones climáticas específicas de Guayaquil.

4.3 Técnico

Determinación del rendimiento por metro cuadrado, esperando alcanzar una densidad de al menos 20 plantas/m² lineal, superando la productividad del sistema tradicional en suelo.

4.4 Tecnológico

Implementación y validación de un prototipo hidropónico NFT simplificado, demostrando que materiales de bajo costo (PVC) pueden mantener la eficiencia de sistemas industriales.

4.5 Ambiental

Cuantificación de una reducción del consumo hídrico de hasta el 90 % mediante el uso de un sistema recirculante, minimizando el desperdicio de agua dulce.

4.6 Social

Promoción de la seguridad alimentaria (Hambre Cero) al validar un método que permite a las familias urbanas producir sus propios alimentos frescos y nutritivos.

4.7 Cultural

Fomento de una nueva cultura de consumo y producción local ("Kilómetro 0"), reduciendo la desconexión entre el ciudadano urbano y el origen de sus alimentos.

4.8 Contemporáneo

Respuesta directa a los desafíos actuales de urbanización acelerada y degradación de suelos, alineando la producción agrícola con las ciudades inteligentes del futuro.

4.9 Económico

Obtención de un índice de relación costo-beneficio favorable, donde el ahorro en agua y el aprovechamiento vertical del espacio justifiquen la inversión inicial en el sistema.

4.10 Participación Ciudadana

Empoderamiento de los habitantes de zonas urbanas mediante la transferencia de tecnología simplificada, facilitando la creación de comunidades sostenibles y resilientes

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se concluye:

- El sistema vertical NFT permite maximizar la producción en superficies mínimas, logrando incrementar la densidad de siembra hasta en un 400 % respecto al cultivo convencional.
- La eficiencia en el uso del agua es el pilar más sólido del proyecto, logrando un ciclo cerrado que optimiza el recurso hídrico para el desarrollo metabólico de la planta.
- La lechuga se consolida como el cultivo modelo para estos sistemas debido a su arquitectura compacta y ciclo de producción corto (45 días).

5.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- Monitorear estrictamente el pH (5.5 - 6.5) y la temperatura de la solución nutritiva, evitando que esta última supere los 25°C para prevenir la falta de oxígeno en las raíces.
- Complementar el monitoreo de la CE con análisis de macronutrientes (N, K, Ca, Mg) para garantizar un equilibrio nutricional óptimo más allá de la concentración de sales.
- Realizar limpiezas periódicas de la bomba electrosumergible y las tuberías para evitar obstrucciones por sedimentos o formación de algas.

REFERENCIAS

- Ayres, J., Grasso, R., Berrueta, C. (2022). Sistema vegetal intensivo – INIA.
<https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/INIA-71-diciembre-2022-Ayres.pdf>
- Barbosa, G. L., Gadelha, F. D., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G. M., & Halden, R. U. (2015). Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Production Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(6), 6879–6891.
<https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>
- Despommier, D. (2020). *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. Picador.
- León Acosta, V. P. (2024). Comportamiento agronómico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sometido a diferentes niveles de nitrógeno y potasio en la zona de Babahoyo – Los Ríos. Repositorio institucional.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/124888/records/6748961b7625988a371e1d97>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*.
<https://www.fao.org/publications/sofi/es/>
- Pichoasamin, D., Astudillo, V., Vera, M. G., Paredes, E., & Calispa, M. P. (2024). Compensación del déficit de nutrientes en sistema hidropónico tipo NFT. Universidad Técnica de Cotopaxi.
<https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/proyectos/article/view/xxxx>
- Priya, et al. (2023). Sistema hidropónico con control de parámetros mediante tecnologías IoT. *Revista Nexos Científicos*.
<https://nexoscientificos.vidanueva.edu.ec/index.php/ojs/article/download/97/334/592>
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16010>

- Resh, H. M. (2022). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower* (8th ed.). CRC Press.
- Sacta Correa, L. A. (2023). *Producción de lechuga (Lactuca sativa L.) y su importancia agrícola* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/28514>
- Sardare, M. D., & Admane, S. V. (2013). A review on plantronics as a tool for sustainable agriculture. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(3), 1412–1417.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ganchozo Bravo, Luis Stalin**, con C.C: # 0927778092 autor del **Componente Práctico del Examen Complexivo: Evaluación de la eficiencia en el uso del espacio y consumo hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 06 de marzo de 2026

EL AUTOR

f.

Nombre: **Ganchozo Bravo, Luis Stalin**

C.C: **0927778092**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación de la eficiencia en el uso del espacio y consumo hídrico de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas.		
AUTOR(ES)	Ganchozo Bravo, Luis Stalin		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Faculta de Educación técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agropecuaria		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Agropecuario		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	06 de marzo de 2026	No. DE PÁGINAS:	15
ÁREAS TEMÁTICAS:	Producción agrícola, producción limpia, uso eficiente del agua		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Hidroponía, NFT, Agricultura Vertical, Seguridad Alimentaria, Eficiencia Hídrica, Lechuga.		
RESUMEN/ABSTRACT La agricultura convencional enfrenta retos críticos debido al crecimiento demográfico y la urbanización, estimándose que para el 2050 el 70 % de la población vivirá en ciudades. El presente trabajo evalúa la eficiencia de un sistema de agricultura vertical hidropónica (tipo NFT) simplificado para cultivos de hoja verde en zonas urbanas de Guayaquil. El objetivo principal es comparar el rendimiento biomásico y el consumo hídrico frente al cultivo tradicional en suelo. La metodología emplea un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 20 plantas por tratamiento en una casa sombra de la UCSG. Se busca validar una reducción del 90% en el uso de agua y un incremento del 400 % en la densidad de siembra mediante el uso de estructuras verticales de PVC. Los resultados se analizan bajo parámetros técnicos, económicos y ambientales, alineándose con los ODS 2, 6 y 11 de la Agenda 2030. Se concluye que esta tecnología simplificada es una alternativa viable para fortalecer la seguridad alimentaria urbana y optimizar recursos escasos.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-(registrar teléfonos)	E-mail: luis.ganchozo@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Caicedo Coello Noelia Carolina		
	Teléfono: +593-4-(registrar teléfonos)		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			