



# **ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

# GESTIÓN DE LA CALIDAD Y SU EFECTO EN EL CULTIVO EN ARÚGULAS DEL HUERTO HIDROPÓNICO DE LA UNALM

# Línea de investigación:

# Desarrollo alternativo en zonas vulnerables

Tesis para optar el grado académico de Maestro en Gerencia de Proyectos Empresariales

**Autor:** 

Bazán Ramírez, Miguel Ángel

Asesor:

Bazán Ramírez, Wilfredo

ORCID: 0000-0002-2685-8254

Jurado:

Reyna Dávila de Berrospi, Silvia

Riveros Cuellar, Alipio

Ponce Veneros, Manuel Santos

Lima - Perú

2023







# Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:	1A_BAZÁN_RAMÍREZ_MIGUEL_ANGEL_MAESTRIA_2021.doc.docx	
----------	--	--

Fecha del Análisis: 30/01/2021

Analizado por: Namo Garcia, Robert Leonel

Correo del analista: rnamo@unfv.edu.pe

Porcentaje: 28 %

Título: "GESTIÓN DE LA CALIDAD Y SU EFECTO EN EL CULTIVO EN ARÚGULAS

DEL HUERTO HIDROPÓNICO DE LA UNALM"

Enlace: https://secure.urkund.com/view/89898808-724749-281643#/overview

OFICINA DE GRADOS Y CESTION DECEGRES ADO

DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO





# ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

# GESTIÓN DE LA CALIDAD Y SU EFECTO EN EL CULTIVO EN ARÚGULAS DEL HUERTO HIDROPÓNICO DE LA UNALM

Línea de Investigación:

Desarrollo alternativo en zonas vulnerables

Tesis para optar el Grado Académico de: Maestro en Gerencia de Proyectos Empresariales

Autor

Bazán Ramírez, Miguel Ángel

Asesor

Bazán Ramírez, Wilfredo

ORCID: 0000-0002-2685-8254

Jurados

Reyna Dávila de Berrospi, Silvia Riveros Cuellar, Alipio Ponce Veneros, Manuel Santos

Lima – Perú

2023

# **DEDICATORIA**

A Dios por ser la fuerza para nunca darme por vencido

A mis padres por ser mi ejemplo de lucha constante.

# **RECONOCIMIENTO**

Mi especial reconocimiento para los distinguidos Miembros del Jurado:

Dr. Reyna Dávila de Berrospi Silvia

Dr. Riveros Cuellar Alipio

Mg. Ponce Veneros Manuel Santos

Por su criterio objetivo en la evaluación de este trabajo de investigación.

Asimismo, mi reconocimiento para mi asesor:

Mg. Bazán Ramirez, Wilfredo

Por las sugerencias recibidas para el mejoramiento de este trabajo.

Muchas gracias para todos.

# INDICE GENERAL

RESUMEN		i
ABSTRACT	Γ	ii
I. INTRO	DUCCIÓN	1
1.1. Plant	eamiento del problema.	3
1.2. Desc	ripción del problema.	4
1.3. Form	nulación del Problema.	5
1.3.1.	Problema general.	5
1.3.2.	Problemas específicos.	6
1.4. Ante	cedentes.	7
1.4.1.	Antecedentes Internacionales	7
1.4.2.	Antecedentes Nacionales.	15
1.5. Justin	ficación de la investigación.	22
1.6. Limi	taciones de la investigación	23
1.7. Obje	tivos	24
1.7.1.	Objetivo general.	24
1.7.2.	Objetivos específicos.	24
1.8. Hipó	tesis	24
1.8.1.	Hipótesis de investigación.	24
1.8.2.	Hipótesis nula	25
II. MAR	CO TEÓRICO	26
2.1. Marc	co Conceptual	26
211 G	estión de la calidad	26

	2.1.2. Proyectos Hidropónicos	30
2	.2. Arúgula	39
	2.2.1. Definición.	41
	2.2.2. Clasificación Taxonómica.	41
	2.2.3. Variedades de la planta	42
	2.2.4. Propiedades	42
	2.2.5. Beneficios.	43
	2.2.6. Uso	44
	2.2.7. Cultivos de arúgulas en tierra.	44
2	.3. Cultivo Hidropónico para Crucíferas.	44
	2.3.1. Almácigo: Condiciones para la germinación	45
	2.3.2. Almácigo: Método de siembra en sustrato.	48
	2.3.3. Post almácigo	49
	2.3.4. Post almácigo: Sistema NFT o Recirculante.	51
2	.4. Definición de términos.	54
III.	MÉTODO	59
3	.1. Tipo de investigación.	59
3	.2. Población y muestra.	61
3	.3. Operacionalización de las variables.	62
3	.4. Instrumentos.	62
3	.5. Procedimientos.	63
3	.6. Análisis de datos	70
IV.	RESULTADOS	72

V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	77
VI.	CONCLUSIONES.	79
VII.	RECOMENDACIONES.	80
VIII.	REFERENCIAS	81
IX. A	NEXOS	86
An	exo A: Matriz de consistencia	88
An	exo B: Operacionalización de variables	

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tres etapas para crucíferas más comunes	5	15
Tabla 2. Cultivo	4	9
Tabla 3. Resultados de prueba t de muestras indep	pendientes en CEE y en PH7	′4
Tabla 4. Conductividad eléctrica del agua (CEE)	Rango Ideal de C.E.E.=1.5-2.5 dS/m7	15
Tabla 5. Acidez del agua(ph) Rango Ideal de Ao	cidez del agua = Entre 5.5 y 7.07	15

# INDICE DE FIGÚRAS

Figura 1. Trasplante del almácigo (arena) a la segunda etapa (líquido con nutrientes)2
Figura 2. Lechugas hidropónicas en el sistema NFT.
Figura 3. Quemado químico en el primer experimento al mes de iniciado por mi persona6
Figura 4. Cuadro de los procesos de la gestión de calidad según el PMBOK27
Figura 5. Solución de Macronutrientes "A" y Micronutrientes "B" de la Molina33
Figura 6. Modelo de un sistema de raíz flotante.
Figura 7. Sistema de raíz flotante este es el primer sistema que se utilizó35
Figura 8. Sistema NFT compuesta por un tubo de agua, mangueras, bomba de agua y vasos.
36
Figura 9. Modelo piramidal que se comercializa en el mercado
Figura 9. Modelo piramidal que se comercializa en el mercado
Figura 10. Sistema por goteo para fresas con mazetas de teknoport, mangueras, goteros37
Figura 10. Sistema por goteo para fresas con mazetas de teknoport, mangueras, goteros37 Figura 11. En la 3ra. Etapa (DÍA 40)
Figura 10. Sistema por goteo para fresas con mazetas de teknoport, mangueras, goteros37  Figura 11. En la 3ra. Etapa (DÍA 40)

#### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la aplicación de un programa de gestión de la calidad de proyectos en la mejora del cultivo y cosecha de arúgulas hidropónicas y compararlo con el cultivo hidropónico tradicional aplicado a las arúgulas. La metodología fue un diseño experimental propiamente dicho de bloques completos al azar con dos tratamientos y seis repeticiones, un grupo control aplicando la gestión de calidad según el Project Management Institute, 6ta. Edición (PMI, 2017) y otro grupo sin aplicar la gestión de calidad, solo siguiendo los conceptos teóricos de los cultivos hidropónicos. El tipo de enfoque es cuantitativo, porque se utilizó recolección de datos para demostrar la validez de la hipótesis Los resultados fueron que se logró demostrar una gran influencia de la gestión de la calidad en el cultivo de arúgula, para lo cual se aplicó las técnicas de Calidad según la guía del PMBOK. Las conclusiones son: Esta planta es muy sensible a la deshidratación; Las condiciones ambientales dentro del huerto hidropónico, deben ser controladas con un sombreado al 75 %; La arúgula es una planta muy sensible a la oxigenación de sus raíces, por lo que se debe cortar el tiempo de permanencia en la etapa del post-almácigo de 15 a 6 días; se debe reducir la dosis de Macronutrientes; Se debe controlar lo que indica la teoría respecto al rango de C.E, requerido para un adecuado crecimiento que es de 1.5-2.5 dS/m; en la etapa de post-almácigo; Se debe hacer un control de plagas para evitar que se afecte la calidad de la arúgula.

Palabras Claves: Gestión de proyectos, Calidad, PMBOK, Huertos hidropónicos, Arúgula, oxigenación, Conductividad eléctrica, Nivel de acidez.

#### **ABSTRACT**

The objective was to determine the effect of the application of a project quality management program in the improvement of the cultivation and harvest of hydroponic arugulas and to compare it with the traditional hydroponic cultivation applied to arugulas. The methodology was an experimental design of complete random blocks with two treatments and six repetitions, a control group applying quality management according to the PMBOK and another group without applying quality management, only following the theoretical concepts of hydroponic crops. The type of approach is quantitative, because the research used data collection to demonstrate the validity of the hypothesis and it was validated that the independent variable "Quality Management" does influence the dependent variable "Effects on the Hydroponic Arugulas project". The results were that it was possible to demonstrate a great influence of quality management in arugula cultivation, for which Quality techniques were applied according to the PMBOK guide. The conclusions that emerge are: This plant is very sensitive to dehydration; The environmental conditions within the hydroponic garden must be controlled with a 75% shading; The arugula is a very sensitive plant to the oxygenation of its roots, for which the residence time in the post-seedling stage must be cut from 15 to 6 days; the dose of Macronutrients should be reduced; It should be controlled what the theory indicates regarding the range of C.E, required for an adequate growth is 1.5-2.5 dS / m; in the post-seedling stage; Pest control should be done to prevent the quality of the arugula from being affected.

Keywords: Project management, Quality, PMBOK, Hydroponic gardens, Arugula, oxygenation, Electrical conductivity, Acidity level.

# I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación sobre los efectos de una gestión de calidad aplicando la metodología de la Guía del PMBOK, Project Management Institute, 6ta. Edición (PMI, 2017) en el cultivo hidropónico de Arúgulas. El PMBOK se aplica en latino américa a la gestión de calidad en una amplia diversidad de productos agrícolas. Es de una gran importancia la aplicación de la guía del PMBOK, pues esto asegura en los proyectos agrícolas menores costos, mejor calidad en los productos y menores tiempos en la siembra, lo que trae como consecuencia mayores utilidades. consideremos también que esta guía permite lograr una buena Gestión de áreas como: Interesados, Alcance, Recurso, Comunicación, Riesgo, Adquisiciones y Sostenibilidad.

Por otra parte, la hidroponía actualmente se viene desarrollando con buenos resultados en el mundo, en América Latina; es México quién está a la vanguardia, con grandes logros. En el Perú, la Universidad Agraria de La Molina (UNALM) tiene un huerto hidropónico, donde se han implementado todo tipo de proyectos de investigación en diversos productos, empezaron con lechugas, berros, espinacas, albahacas, coles, acelgas, luego pasaron a los pepinos, caiguas, cebollas, tomates y también, a los cultivos de fresas y plantas ornamentales.

El presente estudio se realizó en dicho huerto hidropónico de la UNALM, debido a que dos años antes de iniciar este trabajo, se intentó cultivar arúgulas hidropónicas, y no se tuvo buenos resultados, los reportes de dicho estudio indicaron que, a la mitad del periodo de desarrollo del cultivo, se presentó un quemado en las hojas y deterioro en la calidad de las plántulas de arúgulas, lo que trajo como resultados, pérdidas económicas para el huerto experimental, siendo el problema la mala calidad final de este producto. A inicios de septiembre del 2018, se inició un segundo intento de cultivo de arúgulas hidropónicas, que debían ser cosechados a fines de octubre de ese año, al igual que en el primer caso, a mitad del

periodo de cultivo, se inició un proceso de quemado de hojas y deterioro final en las plantas. Con este segundo fracaso, se tomó la decisión de una intervención bajo la hipótesis: una efectiva gestión de la calidad influirá en el desarrollo del proyecto de cultivo de arúgulas hidropónicas, para lo cual se aplicó conceptos teóricos de gestión de calidad según la guía PMBOK (2017), lo que trajo como resultado una cosecha en los primeros días de enero del 2019 con buenos resultados en su calidad.

La arúgula es una planta originaria del mediterráneo muy antigua, parecida a la lechuga pero por su sabor picante a mostacilla es muy resistida su consumo por el nivel social "D" (de bajos ingresos económicos), es muy consumida en la alta cocina, se usa en ensaladas, cocina gourmet y pizzerías. En los últimos años el interés en esta planta se ha incrementado debido a que se ha descubierto por la medicina que tiene propiedades contra el cáncer y el colesterol, además contiene muchas vitaminas.

Figura 1

Trasplante del almácigo (arena) a la segunda etapa (líquido con nutrientes).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2**Lechugas hidropónicas en el sistema NFT.



Fuente: Elaboracion propia.

# 1.1. Planteamiento del problema

En el Perú y específicamente en Lima, la sobrepoblación no ha permitido dejar espacios libres para oxigenar el medio ambiente careciendo de pulmones ecológicos y los que aún se mantienen están en peligro de ser poblado. Otro aspecto es que Lima depende de provincias que lo abastecen con su agricultura y en nuestro país, cuyas carreteras no logran unir todas nuestras vías, se hace más difícil el trasporte de los productos con un porcentaje de mermas de los productos del agro, además los distritos alejados de la capital adquieren productos alimenticios, para su sustento a un precio elevado.

Urge entonces proyectos alternativos de cultivos como los "huertos hidropónicos", que consisten en cultivos de productos agrícolas en agua, siendo sus ventajas: usar un pequeño espacio con una alta producción, poco consumo de agua, pues la planta solo usa el agua que

necesita, y sin uso de plaguicidas, lo que dará como resultados productos de buena calidad, estos proyectos permiten además la investigación y difusión de productos con propiedades beneficiosas al ser humano.

Los huertos hidropónicos pueden ser construidos en azoteas y espacios libres de la capital, colegios, instituciones sociales, centros de salud, etc. Estos proyectos permiten no solo disminuir el precio de estos productos, sino dar trabajo a madres, jubilados, personas desocupadas etc.

# 1.2. Descripción del problema

En la universidad Agraria de la molina, hace muchos años se viene trabajando en un huerto de la facultad de agronomía, con logros exitosos en muchos productos. En sus inicios se cultivaron con mayor énfasis, las crucíferas, (lechugas, col, espinacas, etc.), y en la actualidad se trabajan además, con fresas, tomates, caiguas etc. Por ser un huerto de investigación, sus estudios no tienen límites en cuanto a productos.

En la UNALM también se están desarrollando proyectos hidropónicos con arúgulas (un tipo de crucíferas con propiedades anticancerígenas), esta planta ya había sido cultivada en sustrato, pero todavía no se había logrado su cultivo exitoso en agua.

En el año 2016, la arúgula hidropónica fue cultivada en este huerto por estudiantes de la propia universidad, siguiendo el método aprobado por la teoría del manual Curso práctico de hidroponía Rodríguez y Chang (2013), como resultado, estas plantas no pasaron de la segunda etapa, donde sufrieron quemaduras en sus hojas, según reporte verbal de los encargados, no se tenía un informe escrito, ni fotos de dicho cultivo, pero si un informe verbal de parte de los técnicos que observaron el desarrollo de ese cultivo.

En septiembre del año 2018 se debía iniciar el cultivo de Arúgulas teniendo en cuenta el antecedente ocurrido 2 años antes y teniendo como plazo 60 días para su cosecha, pasando por 3 etapas y se observó que en la segunda etapa, cuando la plántula pasa del almácigo (en

tierra) hacia pequeños contenedores con agua y nutrientes; en el día 25, las plántulas de arúgula iniciaron un proceso de descomposición en su calidad (las hojas cambiaron de color, disminución del agua, agujeros en sus hojas, un quemado de hojas).

Se indagaron sobre diversos factores que podrían haber afectado al desarrollo de esta planta, tomando en cuenta los dos fracasos en el cultivo hidropónico de las arúgulas en el huerto hidropónico de la UNALM, se concluyó que un principal problema podría ser la gestión de ambos proyectos de cultivo. Los factores de una deficiente gestión de la calidad del cultivo hidropónico de arúgulas en ambos proyectos, podrían deberse entre otros, a: mala programación de la siembra, exceso de plantas en el primer contenedor, deficiente sombreado, falta de control tanto en la conductividad eléctrica, como en la acidez del agua, deficiente control o prevención de plagas, entre otros.

Si no se controlan estos factores las consecuencias serían, perdida de oportunidad para el huerto de contar con este producto de muy buenos beneficios para el hombre, perder la oportunidad de satisfacer al mercado con un producto de buenas propiedades para la salud, pérdidas económicas tanto en semilla, soluciones químicas, sustratos agua etc. Por ello y como aporte de esta investigación, se buscó desarrollar una gestión eficaz de la calidad del cultivo hidropónico de arúgulas, mediante un programa de siembra, correcto sombreado, cantidades de plantas por contenedor que permita un crecimiento correcto, un control inter-diario de la acidez y conductividad eléctrica en el agua y un continuo control fitosanitario (evitar el ataque de larvas).

### 1.3. Formulación del Problema

# 1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de un programa de gestión de la calidad de proyectos en la mejora del cultivo y cosecha de arúgulas hidropónicas con el cultivo hidropónico tradicional aplicado a las arúgulas?

# Quemado químico de hojas.

Figura 3

Quemado químico en el primer experimento al mes de iniciado por mi persona.





Resultado de una deficiente Gestión de Calidad.

Fuente: Elaboracion propia.

# 1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo se podrá identificar las características, problemas y sus causas para el desarrollo de las plantas de arúgulas hidropónicas?
- b. ¿Las técnicas de gestión de calidad de proyectos de la guía PMBOK (2017), servirán para mejorar el cultivo de arúgulas hidropónica?
- c. ¿Cuál es el efecto en el desarrollo de las plantas de arúgula y el nivel de conductividad eléctrica (CEE) y Acidez (PH) del agua de los contenedores en etapas post almácigo, del grupo con gestión de calidad?

#### 1.4. Antecedentes

#### 1.4.1. Antecedentes Internacionales

A nivel internacional se han realizado diversas investigaciones acerca de la relación que existe entre la Gestión de la calidad y los proyectos de cultivos hidropónicos. Asimismo, se han desarrollado diversos estudios de la aplicación del PMBOK en Gestión de la calidad en proyectos de cultivos hidropónicos.

Un primer proyecto de aplicación de gestión de calidad con el PMBOK al manejo de huertos hidropónicos, fue desarrollado en Bogotá, por un grupo de especialistas de diferentes disciplinas Granados et al. (2016), con el objetivo de desarrollar un modelo de huerta urbana modular que se adaptaran a las necesidades de autoabastecimiento alimenticio de las familias de Bogotá, aprovechando los espacios libres y reduciendo los gastos por la compra de productos necesarios para su canasta diaria. Este proyecto presentó un modelo de huerta urbana mediante unos módulos, en cada módulo se colocan de 5 a 8 hortalizas, el diseño de los módulos se hizo de acuerdo al espacio de las casas o apartamentos, el diseño incluyó un sistema de riego automático y un sistema de iluminación auxiliar opcional.

En este trabajo se debía aplicar los planes de Gestión de: Interesados, Alcance, Cronograma, Costo, Calidad, Recurso, Comunicación, Riesgo, Adquisiciones y Sostenibilidad.

Los resultados esperados eran: En lo político (Política de tributación, Políticas del medio ambiente), en lo económico (Condiciones del mercado, Precios de alimentos), en lo social (Cultura, Demografía y Actitud del comprador), en lo tecnológico (Tecnologías emergentes), en lo legal (patentes, Legislación laboral) y en lo ambiental (Variación del clima, Impacto ambiental).

El proyecto se desarrollaría en la capital de Colombia, Bogotá en el barrio La Castellana y el equipo humano estaría compuestos por profesionales de distintas disciplinas, aplicando

conocimientos de gerencia de proyectos según los lineamientos del (PMI®). Su objetivo era contribuir al desarrollo de las familias capitalinas, a través de huertas urbanas que contengan variedad de alimentos, que aporten valor nutricional a las personas que los consuman, para garantizar una calidad en la alimentación y nutrición de los bogotanos que apliquen este modelo.

Asimismo, Zúñiga (2018) planteó una propuesta para el establecimiento de una granja integral agropecuaria con el objetivo de capacitar y fomentar la producción agroforestal en el municipio Valle del Guamuez, departamento del Putumayo, Colombia, el proyecto contempla una granja integral como modelo y centro de capacitación que beneficie a la comunidad rural y urbana, mediante la oferta de paquetes tecnológicos de procesos de investigación del uso adecuado de los suelos del municipio y del buen manejo de los productos agropecuarios, en sistemas agroforestales y agroecológicos, desde la planeación de su proyecto hasta la etapa de comercialización y sostenibilidad, a su vez, este proyecto sería modelo de producción en un sistema de modelo de finca visionada como empresa productiva. El desarrollo de la investigación incluye desde la siembra, el sostenimiento de tres hectáreas de cacao en sistema agroforestal alterno con árboles maderables, cítricos y aguacate (palta), la construcción de un galpón para 500 gallinas de postura, un galpón para 100 codornices con sistemas agroecológicos, y la implementación de 15 colmenas, así como la implementación de un lombricultivo y establecimiento de un invernadero hidropónico. Los principales cambios propuestos en este proyecto fueron: establecimiento de la infraestructura física, mejoramiento de los rendimientos en producción, prácticas de implementación de cultivos con BPA, fermentación y secado del grano de cacao, obtener el 70% de primera calidad de cacao fino de aroma e implementar prácticas de manejo ambiental de los cultivos, aprovechamiento de los residuos en la elaboración de abonos, buen manejo de los productos avícolas y comprobando la rentabilidad de estos en nuestro medio.

Por otra parte, Terrones et al. (2019), aplicó un Plan para la Dirección del Proyecto con el uso de las buenas prácticas de clase mundial que brinda el PMI® a través de los estándares presentados en la Guía del PMBOK®, 5ta Edición, en una empresa del rubro agrícola mediante la producción y comercialización de productos hidropónicos en la región Tumbes, la empresa es: Alma Andina EIRL, aporta un antecedente importante para el presente trabajo de investigación, pues el proyecto consistía en el "Diseño, Construcción y Equipamiento de una Planta de Producción Hidropónica en la Región Tumbes" con una capacidad diaria de producción de 2000 unidades, un Presupuesto Total de \$364,114.80 y un plazo de ejecución de 6 meses.

Una definición hecha sobre hidroponía, se hizo en un estudio titulado: "Hidroponía con sustrato de arena para la obtención de brotes aplicados en Gastronomía": Allí, Acosta et al. (2014) define a la hidroponía de la siguiente manera: "La hidroponía estudia los cultivos sin tierra". (p. 21)

En cuanto a su historia, Barbado (2005) afirma que no es una técnica moderna, sino ancestral, en la antigüedad hubo civilizaciones que lo usaron como medio de subsistencia, por ejemplo los aztecas construyeron una ciudad en el lago de Texcoco (la ciudad de México se encuentra ubicada sobre un lago), y cultivaban maíz en barcos y barcazas con un entramado de pajas, los jardines colgantes de babilonia eran jardines hidropónicos porque se alimentaban del agua que fluía por canales, esta técnica de cultivo también existía en la antigua China, India, Egipto y la cultura maya.

En la actualidad la contaminación, los pocos espacios, la alta aportación de productos químicos, pesticidas, aguas negras y otros factores ambientales, que impiden el desarrollo óptimo y de buena calidad de los productos, hace más complicada la producción de alimentos de buena calidad y contribuye a su difícil comercialización.

Se seleccionaron y germinaron semillas de rábano (Raphanus sativus L., Brassicaceae), mostaza (Brassica nigra), W.D.J. Koch (Brassicaceae), cebolla morada (Allium cepa L., Amaryllidaceae), arúgula (Eruca vesicaria sativa Mill., Thell., Brassicaceae) y betabel (Beta vulgarisL., Amaranthaceae), las cuales fueron sembradas y en un lapso desde tres hasta siete días se obtuvieron los brotes, los cuales fueron aplicados en cinco platillos gastronómicos que se dividieron en dos entradas, dos platos fuertes y un postre y se llegó a la conclusión que los brotes aportan mucho color y el sabor característico de cada una de las especies suele ser más intenso que su raíz, planta o fruto en sí. Contienen aproximadamente seis veces más nutrimentos que la del fruto resultante de cada especie.

Como señaló Solis (2017) "La producción de alimentos mediante técnicas de cultivo en la que no se utiliza suelo, es considerada en la actualidad una alternativa tecnológica para alimentar a una población que crece de forma exponencial". Además dijo: "Con este tipo de técnicas se logra un incremento del volumen de producción debido al incremento de la densidad de siembra, con lo que se aprovecha de mejor manera las áreas disponibles". Otra de las cosas que señaló fue que: "Un movimiento que ha sabido aprovechar las ventajas de estas técnicas es la agricultura urbana, con un enfoque de horticultura sostenible". En su estudio aporta conceptos importantes como: "Estas granjas urbanas sostenibles, han ganado popularidad, debido a la posibilidad de controlar las soluciones de nutrientes y mejora el control de plagas, enfermedades y malezas, esto en su conjunto permite una mayor eficiencia y aprovechamiento de los recursos". Además señaló que:

Estos sistemas permiten cubrir las necesidades hídricas y de nutrientes de las plantas, que al ser correctamente implementados podrían ayudar a los agricultores a hacer frente a las crecientes regulaciones del uso del agua y un mejor manejo para sus cultivos, en el presente trabajo, se muestra una evaluación comparativa del cultivo de lechugas sometidas a sistemas de hidroponía y aeroponía de forma automatizada en este trabajo

se consideraron variables como: el rendimiento agronómico evaluado ancho, largo y número de hojas, además, se estimó el índice de contenido de clorofila en las plantas sometidas a ambos sistemas. (Solis, 2017)

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el desarrollo de lechugas (Lactuca sativa L.) en dos sistemas hidropónicos (NFT y aeroponía) mediante el análisis del comportamiento agronómico del cultivo para establecer una comparación entre los sistemas. Obtenidos los resultados de la investigación sobre la evaluación del rendimiento en el cultivo de lechuga (Lactuca Sativa), en sistemas hidropónicos y aeropónicos automatizados. Fueron planteados dos objetivos específicos; en primer lugar, analizar el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga sometido a dos sistemas hidropónicos. Otro objetivo específico de esta investigación es cuantificar la intensidad del color de la clorofila del cultivo de lechuga en dos sistemas hidropónicos.

Según los resultados, el sistema que presentó un mejor desarrollo de acuerdo a las variables del comportamiento agronómico evaluadas: ancho de la hoja, largo de hojas, número de hojas longitud del tallo, peso de raíz, peso de la parte aérea, rendimiento del peso de la planta; fue el sistema hidropónico. Las plantas tuvieron un mejor rendimiento agronómico en el sistema hidropónico, a partir de los 9 días en adelante, en todas las variables que fueron evaluadas. Durante el experimento un corte de electricidad privó a ambos sistemas de la recirculación periódica, resultando afectado con mayor intensidad el sistema aeropónico. Un análisis estadístico detallado es presentado comparando ambos sistemas. La experiencia alcanzada en el presente trabajo, permite recomendar tener un mayor cuidado con los sistemas aeropónicos debido al impacto que tiene un fallo en la provisión de agua sobre los cultivos. Es recomendable automatizar este tipo de sistemas, y considerar una fuente de energía de respaldo para solventar eventuales problemas de electricidad que influyan en su desarrollo. Se

recomienda realizar más investigación en cuanto a las frecuencias de riego y otros materiales de bajo costo para la implementación de sistemas automatizados

Así mismo, Gutiérrez (2018) propuso la creación de un sistema para el control de cultivos hidropónicos y acuapónicos que permita realizar cultivos eficientes y brindar a los agricultores la oportunidad de monitorear, gestionar sus cultivos y tomar decisiones basados en datos precisos. Previamente se hizo un diagnóstico sobre este tipo de agricultura en la actualidad y se concluyó que se lo mas importante de este estudio es la expectativa generada por las personas dedicadas a este trabajo, con la creación de un sistema que permita a los agricultores mejorar el control de sus cultivos.

En este estudio se puede inferir la importancia de la hidroponía en relación a la agricultura tradicional, pues aquí los agricultores pueden controlar microclimas, riego, nutrientes y otros elementos esenciales para tener un buen cultivo y por ende brindar un mejor producto final. No obstante se debe aceptar que actualmente, la agricultura tradicional aun copa la mayor parte de las tierras cultivables de la región mientras que los cultivos hidropónicos y acuapónicos son minoría y se realizan de manera rustica es decir sus procesos se llevan de forma manual lo que origina un desperdicio importante de recursos, cuando lo idóneo sería tener un sistema de control que ayude a desarrollar todo el potencial de este tipo de cultivos.

Con respecto a los factores de calidad controlados en los cultivos hidropónicos se hicieron los siguientes estudios:

Es importante considerar un estudio sobre aeroponía en lechuga cv Lulú en el que se evaluaron factores de calidad como la temperatura, concentración de la solución nutritiva y la posición de la planta en el medio de crecimiento, se probaron dos concentraciones de la solución de Steiner (50 % y 75%), dos temperaturas (24 y 28°C) de la misma y 3 posiciones de la planta (oriente, superior y poniente) en la cama aeroponía, obteniéndose en total 12 tratamientos. (Colón et al., 2017)

De acuerdo a la prueba de comparación de medias y a la prueba estadística de análisis de varianza ANOVA, se concluyó que las plantas tratadas con soluciones a una concentración de 50% y temperatura de 24°C y la posición oriente fueron las que presentaron mayor altura pues tuvo un incremento de 7.2% comparando con las plantas de la posición del lado superior y poniente. El peso fresco de raíz tuvo una disminución de 12.8% con respecto al lado superior y el volumen de la raíz tuvo una disminución del 8.7% con respecto al lado superior de las camas de cultivo, sin embargo, las plantas tratadas con una concentración de 50%, y temperatura de 28°C, posición del lado oriente, poniente y superior no se observó efecto en ninguna variable.

Para Aurelio (2017) la producción de hortalizas en ambientes protegidos se ha incrementado en los últimos años, y de este un porcentaje se produce mediante hidroponía. En este sistema de producción las principales hortalizas cultivadas son: tomate, pimiento, pepino, lechuga, fresa, espinaca, chile habanero, especias y plantas medicinales.

Sobre la importancia de la solución nutritiva, Lara (1999) afirma que "El aspecto más importante en la hidroponía es la Solución Nutritiva, de ella depende la nutrición de las plantas y, por ende, la calidad y cantidad de la producción"

La temperatura es un factor importante de la Solución Nutritiva, dado que la SN proporciona todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, es importante que la solución esté en las condiciones adecuadas para que estos nutrientes puedan ser absorbidos por la planta. Si no se tiene cuidado en el manejo de la temperatura en la SN puede ocasionar deficiencias nutritivas, esto depende de cada cultivo, pero se sabe que la mayoría de las plantas se desarrolla bien cuando la temperatura de la zona radical se encuentra entre 20 y 25°C. Hay plantas cuyas temperaturas óptimas son un poco más altas, como el tomate y el chile, que les favorece una temperatura de 27°C, sin embargo, plantas como la lechuga desarrollan problemas nutricionales a estas temperaturas. (Favela et al., 2006, como se cita en Colón et al., 2017)

Además, Alarcón (2017) estudió la nutrición hídrica y mineral de los cultivos sin suelo del sureste español, para poder desarrollar una aplicación informática que permita la gestión y programación de la fertirrigación de los cultivos sin suelo o hidropónicos, hizo un análisis físico-químico de los fertilizantes que más se usan en los procesos de fertirrigación tecnificada y aplicó un modelo que controlaba el consumo hídrico, la gestión del riego de los cultivos bajo distintos escenarios, calidades de agua de riego y estudió las distintas interacciones entre los componentes iónicos de las soluciones nutritivas aplicadas a los cultivos sin suelo. La investigación se realizó en: tomates, pepinos, melón, pimientos, otros, cabe señalar, que se usaron diferentes sustratos como lana de roca, perlita, fibra de coco, medio líquido, etc. con o sin recirculación y bajo diferentes climas y casos distintos. En esta investigación se evaluó la solución nutritiva aplicada, la dosis de riego en cada caso, la cantidad y el tipo de fertilizante a poner en cada tanque, el ratio de inyección en cada uno de los tanques de solución concentrada, las cantidades necesarias a aportar de ácido para el obtener el pH necesario, la CE final a programar, el porcentaje de drenaje a fijar, etc.

Los resultados que se obtuvieron fue concentraciones de calcio menos de 3 Mm en la solución nutritiva, que significó una captación diaria neta de calcio de menos de 1 Mm por planta a lo largo del ciclo de cultivo, son insuficientes y provocan síntomas de deficiencia en hojas y frutos. En hojas maduras predomina el Ca insoluble inorgánico, el Ca ligado se presenta en menor cantidad. En hojas jóvenes se presenta a la inversa, hay aproximadamente 10 veces más Ca total en hojas maduras que en jóvenes. Los niveles de calcio en la planta siguen el orden siguiente: Hojas – Zarcillos- Raíz -Ápices de crecimiento- Tallos -Flores y finalmente los Frutos.

#### 1.4.2. Antecedentes Nacionales

A nivel nacional se han realizado diversas investigaciones acerca de la influencia de los factores de calidad en los proyectos de cultivos hidropónicos con respecto a proyectos de cultivos hidropónicos se reportaron los siguientes estudios:

En su estudio sobre sistemas hidropónicos para horticultura, Mera (2015) concluye: La unidad hidropónica, tiene una unidad continua que consiste en recircular una solución nutritiva a través de unas tuberías de PVC que funcionan como canales de cultivo, los cuales están agujerados de manera que permita colocar un vaso plástico que sostiene la planta y estos están apoyados sobre caballetes, los cuales tienen una ligera pendiente que hace más fácil la circulación de la solución nutritiva, luego esta es recolectada y almacenada en un tanque, además se construyó una unidad hidropónica en la finca de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la universidad Técnica de Manabí, para las prácticas e investigaciones de estudiantes y docentes y para aprovechar en producir alimentos de calidad (p.10).

Otra investigación sobre Sistemas de producción hidropónica de lechuga (Lactuca sativa) fue realizada por Ramírez (2017) quién señaló lo siguiente: "las bases de la Hidroponía se remontan a la existencia del océano, gran proveedor de nutrientes inorgánicos para los organismos autótrofos que en el habitan", señala además que: "El cambio climático y por ende la impredecibilidad de la oferta de agua en tiempo y espacio motivan al productor agropecuario a buscar alternativas de agricultura más eficientes en el uso del agua como lo es la Hidroponía".

Los sistemas de producción hidropónica de lechugas que se están usando en Perú son: Sistema de raíz flotante, de menor costo de instalación y operación, pero de menor eficiencia en el suministro de oxígeno a las raíces de las lechugas, sistema recirculante o NFT, de mejor suministro de nutrientes a las raíces y de mayor rendimiento en peso por unidad de área.

Los sistemas de producción tienen en común el proceso de almácigo, así como el uso de semillas certificadas y el uso de diversos tipos de sustratos, y como sustrato más empleado la

arena gruesa de construcción lavada, la cual facilita mucho el proceso de germinación y trasplante a raíz desnuda. Los sistemas hidropónicos usan la solución nutritiva concentrada principalmente en dos soluciones stock, evitando la mezcla de fuentes de calcio con fertilizantes sulfatados, las soluciones concentradas genéricas y más conocidas son: La solución A, principalmente aporta macronutrientes y la solución B aportante principalmente de micronutrientes.

En cuanto a la importancia de la calidad en los productos provenientes de la agricultura señaló que la agricultura convencional para la obtención de hortalizas en el Perú tiene muchas desventajas sanitarias, especialmente cuando se utiliza aguas servidas o aguas de rio, para el caso específico de hortalizas de hoja como la lechuga, las cuales van a ser consumidas crudas, pudiendo ser una fuente de infección para el ser humano de parásitos gastrointestinales, como el caso de bacterias, protozoos y huevos de helmintos que se pueden adherir a las hojas y lo cual se ve favorecido porque la lechuga es una especie de bajo porte, y sus hojas se desarrollan cerca al suelo.

En ese sentido la Hidroponía tiene muchas ventajas, especialmente de producir vegetales libres de parásitos, alta productividad, bajo consumo de agua, se puede realizar en zonas no aptas para la agricultura convencional, mayor eficiencia de uso de fertilizantes, ahorro de jornales en deshierbo, evita el uso de herbicidas, y principalmente no requiere de suelo, Hidroponía es cultivar sin suelo. La lechuga es muy utilizada en la gastronomía peruana y por la existencia de hábito de consumo arraigado en la población; por lo que la técnica de la Hidroponía para producirla se ha difundido en las principales ciudades del Perú, ya que la calidad y variedad de las lechugas que se obtienen es muy buena, así como también en cantidad, ya que sin considerar el área de almacigo y de trasplante inicial, en una misma área de trasplante final se puede cosechar doce veces al año, haciendo un total de 300 lechugas por metro cuadrado por año, en un sistema hidropónico de raíz flotante o por sistema hidropónico

recirculante NFT. También esta técnica está siendo integrada en otras partes del mundo con la Acuicultura originando una técnica híbrida que viene a ser la Acuaponía, la cual se está difundiendo dentro de la producción orgánica por no requerir o minimizar el uso de abonos inorgánicos sintéticos.

El objetivo de este trabajo es mostrar la experiencia obtenida en el manejo del cultivo de lechuga en el Sistema Hidropónico, así como también las investigaciones que se vienen realizando, para lo cual el referente principal ha sido el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Con respecto a los factores de calidad controlados en los cultivos hidropónicos se hicieron los siguientes estudios:

Un estudio sobre los efectos que causan la salinidad del agua y la textura del suelo en el cultivo de rúcula (Eruca sativa Mill), lo realizó López (2015) quién logró determinar el máximo nivel de sales que el cultivo puede tolerar sin afectar sus parámetros de calidad, para lo cual, se evaluó, después de la cosecha: el peso fresco, el peso seco, la longitud de la planta, el contenido de humedad y la concentración de elementos foliares que representan nutrientes para la planta. La etapa experimental duró 35 días. Las semillas fueron sembradas en almacigueras y se trasplantaron cuando las hojas verdaderas empezaron a nacer. El trasplante se realizó en macetas, donde se trabajó con dos clases texturales de suelo: arenoso y franco; y de aquí en adelante se aplicaron las dosis de agua de riego a las macetas con diferentes salinidades: 0.76, 2, 5, 9, 13 y 18 dS.m-1, de acuerdo a las necesidades hídricas de la planta. Luego de la cosecha se determinaron los pesos, tamaños, concentración de elementos en las plantas y la salinidad del suelo.

Los resultados mostraron que el mejor escenario para el desarrollo del experimento de rúcula fue el tratamiento en suelo arenoso regado con agua de conductividad eléctrica de 2 dS.m-1 ya que presentó los mejores resultados después de la cosecha.

En cuanto a la salinización de suelos concluyó: "La salinización de los suelos es un problema común de las regiones áridas y semiáridas, esto se debe a que la evapotranspiración es mayor que la precipitación lo que origina el aumento de las sales solubles en el perfil del suelo, debido a procesos de capilaridad; también, se presentan problemas de salinización en lugares donde el drenaje es muy pobre. Las sales acumuladas en el suelo generan cambios en el crecimiento de las plantas, los efectos pueden ser distintos en función al nivel de salinidad. Una manera de aprovechar los terrenos afectados por sales o las fuentes de agua salina es producir cultivos que sean tolerantes a éstas, es decir, que su producción no se vea afectada, de modo que se puedan aprovechar los recursos existentes; para ello, es necesario conocer e investigar qué tipos de cultivos son tolerantes y que niveles de salinidad resisten. La rúcula (Eruca Sativa Mill.), también conocida como roqueta o arúgula, es una hortaliza de hoja de corte y tiene un sabor suavemente amargo y picante a la vez.

Por otra parte Pozo (2018) realizó un trabajo de investigación sobre Producción hidropónica de apio (Apium graveolens) y lechuga (Lactuca sativa), con inyección de micronanoburbujas en las instalaciones del Centro de Hidroponía de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). En esta investigación el objetivo fue evaluar el uso de un generador de micro-nanoburbujas (MNB) acoplado a un sistema NFT (Técnica de la película de nutriente) y comparlo con un sistema NFT convencional con el fin de determinar mejoras en los indicadores de producción tales como altura de planta, peso fresco y peso seco. Las evaluaciones se realizaron en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) y apio (Apium graveolens) en dos estaciones, en primavera la primera campaña de siembra y en verano la segunda, el análisis estadístico fue un diseño completamente al azar y evaluación de las medias por la prueba múltiple de Tukey, los resultados mostraron que el uso de micronanoburbujas en la época de primavera disminuye el ciclo vegetativo de lechuga en 13 días y

apio en 6 días de diferencia a la cosecha y en la época de verano en lechuga 4 días y en apio 8 días de diferencia a la cosecha con respecto al testigo.

El uso de micronaburbujas en la primera campaña de lechuga mejoró los indicadores de producción con respecto al testigo obteniendo un promedio de altura total de 59.3 cm y en el cultivo de apio no hubieron diferencias significativas. En la segunda campaña de lechuga la altura de planta del testigo resultó ser estadísticamente mejor que el tratamiento NFT obteniendo un promedio de altura total de 53.4 cm., pero en el peso fresco y peso seco no hubieron diferencias significativas y en el cultivo de apio fueron estadísticamente iguales.

Otra investigación sobre la incidencia de la cantidad de sales en los cultivos hidropónicos, lo realizó Rodríguez (2016), en una investigación sobre la respuesta del cultivo de camote al estrés hídrico y salino, dicha investigación sirvió en el presente trabajo, pues se encontró al estrés salino como uno de los factores que afectaban la calidad del cultivo de arúgulas. Rodríguez realizó tres experimentos en el Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, los experimentos 1, 2 y 3 fueron llevados a cabo de Abril a Septiembre del 2006; de Enero a Abril del 2007 y, de Febrero a Mayo del 2009, respectivamente. Se evaluaron los siguientes cultivares de camote: 'Huambachero' (INIA-306), 'Jewel' (CIP 401562), 'Toquesita' (CIP 440045), 'Camote Sal' (CIP 420068) y Untacip (CIP 188022).

En el experimento 1, plantas del cultivar 'Huambachero' fueron cultivadas con 15 niveles de fertilización de N, P2O5 y K2O. Se empleó la metodología de superficie de respuesta para determinar la interacción entre los diferentes niveles de las variables independientes de N, P2O5 y K2O a través de las variables dependientes de peso fresco y seco de raíces tuberosas, peso seco total, contenido de clorofilas totales y extracción de macronutrientes minerales. En el experimento 2, plantas de cuatro cultivares de camote fueron cultivadas con tres niveles de fertilización de N, P2O5 y K2O, se evaluó el crecimiento y rendimiento y extracción de

macronutrientes en hojas y raíces tuberosas. En el experimento 3, se evaluaron dos cultivares de camote con diferente respuesta a la salinidad "Huambachero" y "Untacip". El efecto salinidad fue obtenido a través del uso de una solución nutritiva con tres niveles de NaCl: 0, 8 y 14 mmol, con conductividades eléctricas de 2.0, 3.0 y 3.5 dS/m respectivamente.

Para evaluar el efecto de los factores estresantes en las plantas, se determinó el contenido de prolina y clorofilas totales. Se evaluó el rendimiento y extracción de macronutrientes en hojas y raíces tuberosas. El rendimiento de raíces tuberosas es dependiente de la tasa de producción y distribución de materia seca dentro de la planta, lo que habría sido afectado por la extracción de nutrientes minerales. El incremento de los niveles de fertilización de N, P2O5 y K2O por encima de los niveles óptimos, redujeron los rendimientos de los diferentes cultivares de camote probados. Los rendimientos de raíces tuberosas también fueron afectados por la restricción de agua y por la salinidad, no se encontraron diferencias entre cultivares en el rendimiento de raíces tuberosas bajo un alto nivel de estrés salino. El estrés hídrico causó una menor extracción de N, P, Ca, Mg, K y Na. El estrés salino provocó una menor extracción de P, K y Mg y, una mayor extracción de Na. El cultivar Huambachero mostró menor extracción de P, K, Ca, Mg y Na debido al estrés hídrico, mientras que en el cultivar Untacip la extracción de esos cinco nutrientes fue similar. Ambas condiciones de estrés causaron un incremento de los niveles en prolina, principalmente en raíces tuberosas. Los resultados sugieren que en las condiciones probadas el cultivar Untacip es más tolerante que Huambachero.

Así mismo, Serquen (2015) en su investigación titulada "Calidad de Lactuca sativa L. producida en cultivo hidropónico N.F.T. (Nutrient Film Technique) en el vivero de la Universidad Cesar Vallejo" realizó un estudio concienzado en la calidad de las lechugas destinado al consumo humano provenientes de cultivos agrícolas del distrito de Chiclayo que en su mayoría son regados con aguas residuales y están expuestos a contaminantes de tipo

biológico y químico, situación que compone un riesgo para la salud humana. Dicha problemática motivo la realización de su estudio cuyo objetivo era determinar que la calidad sanitaria de Lactuca sativa L. es óptima cuando se cultiva en sistemas Hidropónicos Nutrient Film Technique. Inicialmente realizó un análisis sanitario de las muestras seleccionadas aleatoriamente de Lactuca sativa L. producida en tres zonas del distrito de Chiclayo, en el cual se identificó el nivel de Escherichia coli , Bacterias aerobias mesófilas, Mohos , levaduras en 09 muestras recolectadas en tres puntos de la ciudad de Chiclayo, las muestras que corresponden a las lechugas sembradas en los suelos de Pimentel presenta un alto índice de contaminación por E. coli mayor a 104 UFC/gr y en San José con 105 UFC/gr. Las muestras presentan índices por encima de los límites máximos permisibles según la norma por lo que serían un vector responsable de muchas enfermedades gastrointestinales de la población.

El problema que se planteó frente a esta realidad queda definido de la siguiente manera ¿Los Sistemas Hidropónicos Nutrient Film Technique permitirán obtener Lactuca sativa, de calidad en el vivero de la Universidad Cesar Vallejo en el año 2015?, Para lo cual se planteó la siguiente conjetura Si utilizamos Sistemas Hidropónicos Nutrient Film Technique entonces se obtendrá Lactuca Sativa de calidad en el vivero de la Universidad Cesar Vallejo en el año 2015.

Otro estudio sobre hidroponía fue realizado por Gonzales (2014), sobre automatización de los principales procesos de un cultivo hidropónico NFT, quien en su investigación concluyó que las plantas con correcta oxigenación crecen adecuadamente y de forma acelerada, también es posible notar una diferencia en el crecimiento de las plantas que tienen recirculación de agua constante con respecto a quienes no la tienen. Sin embargo, tener la certeza de tal beneficio requiere de un periodo de estudios de mucho más tiempo. Este sistema permitió concluir que aplicando la automatización de tareas repetitivas conlleva a un mejor cuidado y por ende

desarrollo de las plantas en un cultivo hidropónico NFT, pues permite una continua atención a la necesidad de oxigenación y reposición de agua en caso de que se llegue a reducir su volumen.

Se puede concluir además que muchos de las huertos hidropónicos fracasan debido a que no se tiene el cuidado y el manejo adecuado de este sistema, con la automatización de este sistema se logra que disminuya la intervención humana en sus cuidados y se obtengan mejoras en su desempeño y lograr un funcionamiento óptimo como el trabajo que se viene realizando en el vivero de la UCV.

# 1.5. Justificación de la investigación

Este estudio cuenta con una justificación teórica, por que resume el aporte teórico de los autores más importantes que hace referencia a la importancia del control de factores de cultivos en técnicas como la Hidroponía, en su segunda y tercera etapa, considerando que el cultivo en verano provoca una transpiración en la planta lo que concentra los minerales de la solución y provoca el quemado de las hojas por una concentración excesiva de los nutrientes.

Además otros factores como el exceso de plántulas por contenedores que provocan competencia entre las plantas por adquirir los nutrientes lo que provocan, plantas con alimentación deficientes y la falta de cuidado en el transplante siendo un factor el exceso de tiempo por transplante (4 días), lo que provocó el estrés de las plántulas.

Así mismo tiene justificación práctica en la medida que ayuda a prevenir esas deficiencias que son factores que determinarán una mala calidad en nuestro producto final. Además tiene una justificación económica, puesto que colabora con el ahorro de pérdidas de semillas, arena, materiales del centro de investigación hidropónico, plántulas en tiempo de cosecha y falta de oportunidad de abastecer el mercado.

Igualmente presenta una justificación social en razón que se está trabajando con un producto de gran importancia para nuestra sociedad, que viene siendo afectado con

enfermedades como el cáncer y ante la cuál esta planta presenta propiedades preventivas y curativas ante este flagelo.

También cuenta con una justificación metodológica, con el uso de una técnica (cultivos hidropónicos) y aporta un instrumento para este fin, que son la construcción de aparatos elaborados de maderas cubierto con plástico sobre la cuál flota una plancha de teknoport que contendrá las plántulas, todo ello siguiendo parámetros y métricas aprobadas

# Alcances del problema

# 1. Espacial:

Este experimento se realizó en La Universidad Agraria, (Huerto Hidropónico de la facultad de agronomía), ubicado en el distrito de La Molina, Lima-Perú.

# 2. Temporal:

El tiempo que se realizó el experimento fue entre los meses de Septiembre-Octubre.

# 3. Temática y unidad de análisis:

La temática fue la gestión de la calidad y su efecto en el proyecto de cultivo en arúgulas de un huerto hidropónico y la unidad de análisis fueron plantas de Arúgula común.

#### 1.6. Limitaciones de la investigación

Este estudio tiene limitaciones en cuanto a la muestra ya que se ha circunscrito a un aproximado de 80 plántulas de arúgulas en el primer tratamiento y 50 plántulas en el segundo tratamiento y no puede generalizarse. Así mismo hay limitaciones en cuanto a las variables puesto que en un grupo de 80 o 50 plántulas existen otras variables que se podrían investigar.

Por otro lado la ausencia del control de las plántulas en días Domingos y feriados por cierre de la universidad. Igualmente las limitaciones en bibliografía sobre la arúgula y pocos estudios realizados en esta planta. Dejo abierta la posibilidad que otras investigaciones amplíen

y propongan una mejor gestión en su cultivo, que den como resultado una calidad óptima en el producto final.

# 1.7. Objetivos

# 1.7.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de un programa de gestión de la calidad de proyectos en la mejora del cultivo y cosecha de arúgulas hidropónicas y compararlo con el cultivo hidropónico tradicional aplicado a las arúgulas.

# 1.7.2. Objetivos específicos

- a. Implementar un proyecto de cultivo hidropónico de arúgulas e identificar características y probables problemas y sus causas para el desarrollo de las plantas de arúgula.
- b. Aplicar las técnicas de gestión de calidad de proyectos de la guía MPBOK para mejorar
   el cultivo de arúgulas hidropónica y evaluar su impacto.
- c. Comparar el efecto en el desarrollo de las plantas de arúgula y del nivel de conductividad eléctrica (CEE) y Acidez (HP) del agua de los contenedores en etapas post almácigo, del grupo sin gestión de calidad y del grupo con gestión de calidad.

# 1.8. Hipótesis

# 1.8.1. Hipótesis general

Habrá diferencias significativas entre grupos (uno sin gestión de calidad y otro con gestión de calidad) tanto en el nivel de conductividad eléctrica (CEE) como en nivel de acidez (PH) del agua en los contendores donde se desarrollan las plantas de arúgula.

25

1.8.2. Hipótesis especificas

a. La Implementación del proyecto de cultivo hidropónico de arúgulas permitirá

identificar las características, los problemas y sus causas para el desarrollo de las

plantas de arúgula.

b. Las técnicas de gestión de calidad de proyectos de la guía MPBOK permitirá mejorar

el cultivo de arúgulas hidropónicas y evaluar su impacto.

c. El control del nivel de conductividad eléctrica (CEE) y Acidez (HP) del agua de los

contenedores en etapas post almácigo, demostrará los mejores resultados del grupo

con gestión de calidad en comparación con el grupo sin gestión de calidad.

Hipotesis nula

No habrá diferencias significativas entre grupos (uno sin gestión de calidad y otro con

gestión de calidad), ni en el nivel de conductividad eléctrica (CEE) ni en el nivel de

acidez (PH), que esquematiza con:

Ho1: G1 = G2 en CEE

Ho2: G1 = G2 en PH.

# II. MARCO TEÓRICO

# 2.1. Marco Conceptual

#### 2.1.1. Gestión de la calidad

Para entender lo que es gestión de la calidad, es importante entender la definición de calidad, en ese sentido, existen diferentes estudiosos de la calidad como: Juran (1990), quien definió la calidad como "adecuación al uso", creó el principio 80/20 y abogó por que se involucrara a la alta gerencia; además, (Deming 1986, como se cita en Cabrera 2018), presentó el modelo fundamental el ciclo de Planear-Hacer-Verificar-Actuar, que encarna los principios de investigación científica y la toma de decisiones de objetivos. Por otra parte, Crosby (1979, citado en Irurita y Villanueva, 2012) popularizó el concepto del costo de la baja calidad y abogó por prevenir en lugar de inspeccionar y los "cero defectos", creía que la calidad era "conformidad con los requisitos." (Irurita y Villanueva, 2012)

2.1.1.1. Procesos de Gestión de Calidad. Se concluye entonces que la calidad, es un proceso, y como tal consta de etapas importantes, en el caso de la calidad, se distinguen claramente tres etapas, Lledó (2013) afirma lo siguiente:

La calidad no se incorpora al proyecto cuando se encuentra en marcha mediante procesos de inspección. Por el contrario, la calidad se planifica, se diseña y se incorpora antes de que comience la ejecución del proyecto, al momento de planificar la calidad es importante identificar las normas de calidad relevantes. (p. 213)

De lo que se intuye que la calidad se inicia con la planificación.

Figura 4

Cuadro de los procesos de la gestión de calidad según el PMBOK.



PROCESOS DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO

Fuente: Gestión de Proyectos PMBOK. 7ma. Edición.

Otra autora que se refirió a la planificación como primera etapa del proceso de gestión de calidad fue Mulcahy (2013), quien en su libro titulado: "Preparación para el examen PMP" señaló: Los objetivos del proceso Planificar la Gestión de la Calidad son identificar todos los requisitos, estándares y prácticas de la organización o de la industria relevantes para la calidad del proyecto, el producto del proyecto y los esfuerzos de dirección del proyecto, y luego planificar cómo cumplir con tales estándares y requisitos de calidad. El resultado principal de este proceso es el plan de gestión de la calidad. (p. 300)

Indicó también que: "Como parte del proceso Planificar la Gestión de la Calidad, el director del proyecto necesita buscar cualquier estándar que pueda ayudar al proyecto a no reinventar la rueda, pues esto ayuda a obtener una calidad más alta" (p. 300).

#### Además señaló:

Los siguientes son los resultados del proceso Planificar la Gestión de la Calidad: Planificar la gestión de la calidad, Métricas de calidad, Lista de control de calidad, Plan de mejoras del proceso, Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto y a los documentos del proyecto (p. 310)

Por todo lo expuesto anteriormente, se puede concluir que para una buena gestión de la calidad de cualquier proceso o proyecto, se debe poner mucho énfasis en su planificación, una correcta planificación asegurará que se están cumpliendo los objetivos de la calidad requerida para ese producto, proceso o proyecto, la planificación de la gestión de la calidad además, se puede ir controlando con los resultados que se van obteniendo.

La segunda etapa del proceso de gestión de calidad es: asegurar la calidad, en el se define al aseguramiento de la Calidad como "El proceso que consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad y las definiciones operacionales adecuadas" (PMI, 2017, p. 227).

Debemos recordar que la etapa: Realizar el Aseguramiento de Calidad en un proceso de ejecución, se lleva a cabo mientras se realiza el trabajo del proyecto, en los proyectos, esta evaluación normalmente la realiza un grupo que no participa en el proyecto, tal como el departamento de aseguramiento de la calidad, este grupo utiliza las mediciones reunidas en el proceso realizar el Control de Calidad para responder las preguntas siguientes: ¿Los requisitos de calidad, las políticas de la organización y los procesos acordados en el proceso Planificar la Gestión de la Calidad están dando los resultados previstos?, ¿Es el trabajo que planificamos un trabajo de la calidad adecuada para este proyecto y el trabajo apropiado para cumplir con los requisitos del cliente? ¿Estamos siguiendo los procedimientos y procesos según lo planificado? ¿Podemos mejorar la manera en la que estamos haciendo el trabajo?

2.1.1.2. Controlar la calidad. Con respecto a controlar la calidad, sea de productos o entregables. Realizar el Control de Calidad es el proceso llevado a cabo para asegurar un cierto nivel de calidad en un entregable, ya sea un producto, un servicio o un resultado. Controlar significa medir y ésta es la función más importante del proceso Realizar el Control de Calidad. Mide los productos, servicios o resultados para determinar si cumplen con los estándares de calidad. Este proceso ayuda a asegurar la aceptación del cliente, ya que incluye confirmar y documentar el logro de los requisitos acordados (PMI, 2016, p.113).

Otra parte muy importante son las salidas del proceso de Realizar el Control de Calidad, cuando se haya completado el proceso Realizar el Control de Calidad, se obtendrá las siguientes salidas: Mediciones, el control de calidad es más efectivo cuando se mide, es decir cuando se registra y esto permite comparar nuestros datos con los datos estándar; Cambios validados, en todo proceso suele suceder la necesidad de realizar cambios, estos cambios son importantes para mejorar la calidad; Información sobre el desempeño del trabajo, constantemente se debe ir informando sobre el desempeño del trabajo, es como una ruta que se debe seguir para asegurarnos que lo planificado se está cumpliendo; Las actualizaciones al plan para la dirección del proyecto (incluidos los planes de mejoras de los procesos y gestión de la calidad), conforme se va avanzando en el proyecto se deben hacer actualizaciones al plan esto permite adecuarse a la realidad o a los inconvenientes que se van presentando; Documentos del proyecto, es importante tener todos los documentos necesarios para el proyecto, esto evitará retrasos burocráticos; Solicitudes de cambio, (incluyendo las acciones correctivas y preventivas recomendadas), las acciones correctivas y preventivas son necesarios para asegurar la calidad; Reparación de defectos, como es entendible al final de todo proceso de producción quedan defectos, los cuales deben ser reparados; Lecciones aprendidas, todo proceso realizado deja enseñanzas o lecciones para la mejora de nuestro proceso en posteriores procesos, de esta manera, se está mejorando la calidad del proceso del producto o del servicio; finalmente los Entregables verificados, cuando se tienen listos o finalizados los entregables estos deben ser verificados para asegurar que se cumple con lo que se tenía esperado. (PMI, 2016)

### 2.1.2. Proyectos Hidropónicos

# 1. Proyecto.

Una definición importante sobre proyecto es el siguiente:

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Los proyectos se llevan a cabo en todos los niveles de una organización, un proyecto puede involucrar a una única persona o a un grupo, puede involucrar a una única unidad de la organización o a múltiples unidades de múltiples organizaciones. (PMI, 2017, p.4)

Un proyecto es un esfuerzo temporal, quiere decir que tiene un inicio y tiene un final, y persigue objetivos estratégicos de la Empresa o Institución donde se realiza, se inicia con el diagnóstico de la problemática del estado actual y el resultado nos entrega un estado a futuro, por eso los proyectos están visualizados en el futuro. Para mejores resultados son recomendable los factores ambientales de la Empresa y un compromiso de la gerencia.

# 2. Proyectos Hidropónicos

Los cultivos hidropónicos pueden ser definidos como la técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina a menudo "cultivo sin suelo", mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico. La producción de alimentos mediante técnicas de cultivo en la que no se utiliza suelo, es considerada en la actualidad una alternativa tecnológica para alimentar a

una población que crece de forma exponencial. Con este tipo de técnicas se logra un incremento del volumen de producción debido al incremento de la densidad de siembra, con lo que se aprovecha de mejor manera las áreas disponibles. Un movimiento que ha sabido aprovechar las ventajas de estas técnicas es la agricultura urbana, con un enfoque de horticultura sostenible.

En estas granjas urbanas sostenibles, ha ganado popularidad las técnicas relacionadas con la hidroponía, debido a la posibilidad de controlar las soluciones de nutrientes que se proveen y mejora el control de plagas, enfermedades y malezas. En su conjunto permite una mayor eficiencia y aprovechamiento de los recursos. (Ramirez et al., 2017)

#### 3. Historia

En cuanto a su historia, se tiene lo siguiente:

En la antigüedad hubo civilizaciones que lo usaron como medio de subsistencia. Por ejemplo los aztecas construyeron una ciudad en el lago de Texcoco (la ciudad de México se encuentra ubicada sobre un lago), y cultivaban maíz en barcos y barcazas con un entramado de pajas, los jardines colgantes de babilonia eran jardines hidropónicos porque se alimentaban del agua que fluía por canales, esta técnica de cultivo también existía en la antigua China, India, Egipto y la cultura maya. (Barbado, 2005)

Como técnica, nace en el siglo XX como producto de la investigación de muchos científicos y dentro de todos ellos, cabe resaltar a (Gericke 1929, como se cita en Beltrano 2015), profesor de la Universidad de California en Davis, quien acuño el término "Hidroponía" en el año donde define el proceso como "agua que trabaja", él publicó sus trabajos en 1936, y a partir de allí la Hidroponía se difundió como técnica en muchos países del mundo. (Gerike 1929, como se cita en Beltrano, 2015)

Otros estudiosos de esta técnica señalaron lo siguiente:

La producción de alimentos mediante técnicas de cultivo en la que no se utiliza suelo, es considerada en la actualidad una alternativa tecnológica para alimentar a una población que crece de forma exponencial. Con este tipo de técnicas se logra un incremento del volumen de producción debido al incremento de la densidad de siembra, con lo que se aprovecha de mejor manera las áreas disponibles. Un movimiento que ha sabido aprovechar las ventajas de estas técnicas es la agricultura urbana, con un enfoque de horticultura sostenible. (Acosta et al., 2014)

# 4. Importancia

La Hidroponía tiene muchas ventajas, especialmente de producir vegetales libres de parásitos, alta productividad, bajo consumo de agua, se puede realizar en zonas no aptas para la agricultura convencional, mayor eficiencia de uso de fertilizantes, ahorro de jornales en el deshierbo, evita el uso de herbicidas, y principalmente no requiere de suelo, Hidroponía es cultivar sin suelo.

La lechuga es muy utilizada en la gastronomía peruana y la existencia de hábito de consumo es arraigado en la población; por lo que la técnica de la Hidroponía para producirla se ha difundido en las principales ciudades del Perú, ya que la calidad y variedad de las lechugas que se obtienen es muy buena, así como también en cantidad, ya que sin considerar el área de almacigo y de trasplante inicial, en una misma área de trasplante final se puede cosechar doce veces al año, haciendo un total de 300 lechugas por metro cuadrado por año, en un sistema hidropónico de raíz flotante o por sistema hidropónico recirculante NFT. (Ramírez 2017)

# 5. Sistemas hidropónicos.

Los sistemas de producción tienen en común el proceso de almácigo, así como el uso de semillas certificadas y el uso de diversos tipos de sustratos, siendo el sustrato más empleado; la arena gruesa de construcción lavada, la cual facilita mucho el proceso de germinación y el

trasplante a raíz desnuda. Los sistemas hidropónicos usan la solución nutritiva concentrada principalmente en dos soluciones stock, evitando la mezcla de fuentes de calcio con fertilizantes sulfatados, las soluciones concentradas son genéricas y más conocidas son la solución A, las cuales aportan los macronutrientes y la solución B aportante principalmente de micronutrientes.

Figura 5
Solución de Macronutrientes "A" y Micronutrientes "B" de la Molina.



Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral UNALM.

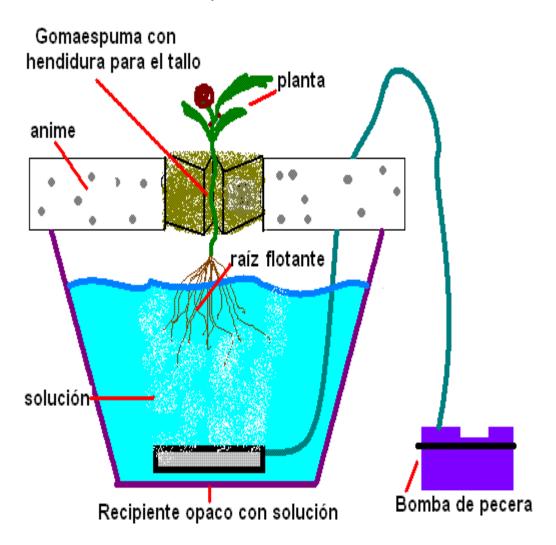
Los 3 sistemas empleados en HIDROPONÍA son:

# a) Raíz flotante

Es una técnica de cultivo en agua, en la cual las plantas crecen y desarrollan su parte aérea flotando en una placa de teknoport, que se mantiene a flote dentro de un recipiente contenedor, teniendo siempre sus raíces dentro de la solución nutritiva Sistema de raíz flotante, de menor costo de instalación y operación, pero de menor eficiencia en el suministro de oxígeno a las raíces de las lechugas.

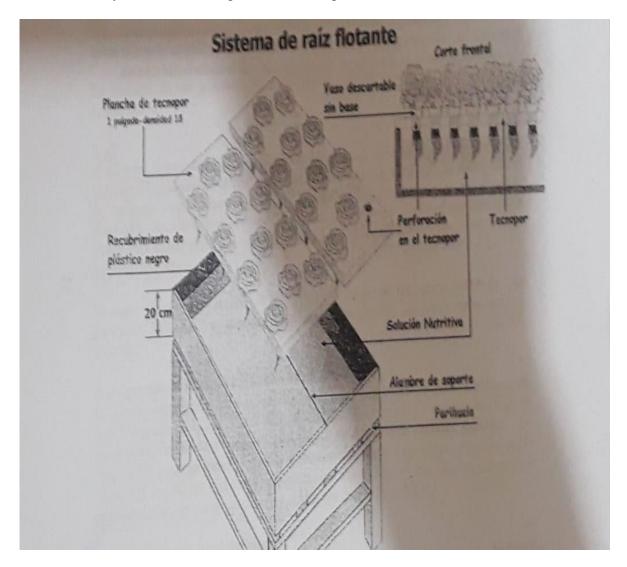
Figura 6

Modelo de un sistema de raíz flotante.



Fuente: Centro de investigación de hidroponía de la UNALM.

Figura 7
Sistema de raíz flotante este es el primer sistema que se utilizó.



Fuente: Centro de investigación de hidroponía de la UNALM.

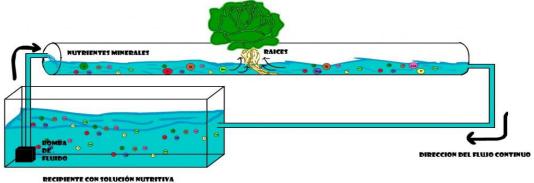
# b) Recirculante o N.F.T.

En los sistemas NFT se conduce continuamente una capa fina de agua de alimentación a través de un sistema de tuberías por las raíces. El alimento que sale del medio radicular se recoge en un depósito de alimentación y se administra nuevamente a la planta. Sistema recirculante o NFT, de mejor suministro de nutrientes a las raíces y de mayor rendimiento en peso por unidad de área.

Figura 8

Sistema NFT compuesta por un tubo de agua, mangueras, bomba de agua y vasos.





Fuente: Hidroponía Rosario.

Figura 9

Modelo piramidal que se comercializa en el mercado.



Fuente: Ecoinventos.

# c) Sustrato o riego por goteo.

En 1860, en Alemania, se empezó a aplicar el agua directamente a las raíces de las plantas, utilizando instalaciones de drenaje, con lo cual se pretendía evitar pérdidas de agua por evaporación. Esta fue la base del riego subterráneo, desarrollado posteriormente en U.S.A. El riego por goteo, basado en los mismos principios del riego subterráneo (aplicación localizada del agua a la planta), presenta una diferencia fundamental: se coloca sobre el terreno, lo que permite su constante inspección y fácil mantenimiento; además la pérdida por evaporización es reducida a causa de la cobertura vegetal y de la pequeña dimensión de las áreas mojadas que aparecen en la superficie.

Figura 10
Sistema por goteo para fresas con mazetas de teknoport, mangueras, goteros.



Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral UNALM.

# 6. Factores de calidad en los proyectos hidropónicos.

a) Solución Nutritiva. En cuanto a la solución nutritiva en los cultivos hidropónicos,
 Lara (1999) señala que "El aspecto más importante en la hidroponía es la SN, de ella depende

la nutrición de las plantas y por ende, la calidad y cantidad de la producción". Otra definición indica que "La solución nutritiva, es agua con nutrientes minerales, que se agregan mediante fertilizantes comerciales, en cantidades adecuadas, que cubran las necesidades de la planta para su crecimiento y desarrollo." (Rodríguez y Chang, 2013)

# b) *Temperatura*. Con respecto a la temperatura en el cultivo, se concluye que:

La investigación nos explica la relación que existe entre la concentración de la solución nutritiva y la posición de la planta en el medio de crecimiento de lechuga cy Lulú en aeroponía. De acuerdo al ANOVA y la prueba de comparación de medias, las plantas tratadas con soluciones a una concentración de 50% y temperatura de 24°C y la posición oriente fueron las que presentaron mayor altura, pues tuvo un incremento de 7.2% comparando con las plantas de la posición del lado superior y poniente. (Colón et al., 2017)

A su vez, el peso fresco de raíz tuvo una disminución de 12.8% con respecto al lado superior y el volumen de la raíz tuvo una disminución del 8.7% con respecto al lado superior de las camas de cultivo, sin embargo, las plantas tratadas con una concentración de 50%, y temperatura de 28°C, posición del lado oriente, poniente y superior no se observó efecto en ninguna variable.

- c) Conductividad Eléctrica. Con respecto a la C.E.E., López (2015) en su experimento para determinar el máximo nivel de sales que el cultivo puede tolerar sin afectar sus parámetros de calidad, pudo demostrar que el mejor escenario para el desarrollo del experimento de rúcula fue el tratamiento en suelo arenoso regado con agua de conductividad eléctrica de 2 dS.m-1 ya que presentó los mejores resultados después de la cosecha.
- d) *Oxigenación de las raíces*. En cuanto a las raíces y su oxigenación, Gonzales (2014) en su Tesis "Automatización de los principales procesos de un cultivo hidropónico NFT",

concluye lo siguiente: "Las plantas con una correcta oxigenación, crecen adecuadamente y de forma acelerada y también es posible notar una diferencia en el crecimiento de las plantas que tienen recirculación de agua constante con respecto a quienes no la tienen". Además señaló: "Aplicando la automatización de tareas repetitivas conlleva a un mejor cuidado y por ende desarrollo de las plantas en un cultivo hidropónico NFT, pues permite una continua atención a la necesidad de oxigenación y reposición de agua en caso de que se llegue a terminar".

e) *Control fitosanitario*. Se hicieron controles frecuentes para detectar presencia de insectos-plaga y patógenos. Se realizó un control etológico, haciendo uso de trampas de plástico de color amarillo, impregnadas con goma entomológica proporcionada por el huerto. Además se usó agua helada, en días de calor, sabiendo que los insectos no soportan bajas temperaturas.

Figura 11

En la 3ra. Etapa (DÍA 40).



Fuente: Elaboracion propia.

# 2.2. Arúgula

Los investigadores, definen a la arúgula de la siguiente manera:

Es una hierba aromática de origen mediterráneo y gracias a la demanda por la industria de mínimos procesados ha visto resurgir su consumo como un ingrediente de gran demanda, debido a sus hojas, además de enriquecer el sabor de las ensaladas, son una fuente de compuestos antioxidantes, como los polifenoles y vitamina C. Sin embargo, esta hierba es susceptible al deterioro, así como al daño causado por Alternaría sp, hongo patógeno causante de la pérdida de calidad del producto, lo que acorta su tiempo de vida útil. (Herrero y Romero, 2006, como se cita en Flores et al., 2014, p.2)

También tenemos a Artés (2006), quien señala lo siguiente: "Mantener el producto en refrigeración y envasado, lo salvaguarda frente a posibles alteraciones mecánicas, microbiológicas y biológicas". Así mismo, Rodríguez (2011) afirmó: "La calidad de los alimentos mejora significativamente con la incorporación de productos naturales denominados antimicrobianos, sustancias que retardan el crecimiento o inactivan la actividad metabólica de los microorganismos y, por lo tanto, detienen el deterioro del producto." (p. 1)

Figura 12

Arúgulas en la tercera etapa en el día 50 (A10 días de su cosecha)



Fuente: Elaboración propia.

# 2.2.1. Definición

Es una planta que pertenece a las familias de las Crucíferas y se le conoce con otros nombres como: Mostacilla, oruga, roqueta, rúcula. Las características de esta planta es que puede ser cultivada o silvestre mide de 20 a 80 cm. de altura, sus flores son de 4 pétalos y en forma de cruz de color blanco o amarillo, venas violáceas. Sus plántulas son un hipocotilo cilíndrico.

Figura 13

Arúgulas cosechadas de la variedad Rúcula común.



Fuente: Elaboración propia.

# 2.2.2. Clasificación Taxonómica.

Por su Taxonomía pertenece al: Reino: Plantae; Subreino: Tracheobionta; División: Magnoliophyta; Clase: Magnoliopsida; Subclase: Dilleniidae; Orden: Brassicales; Familia: Brassicaceae; Género: Eruca; Especie: E. vesicaria.

### 2.2.3. Variedades de la planta.

Algunas variedades de rúcula presentes en el mercado son: Dragon's Tongue, con nerviaciones coloradas; Wildfire, que aporta un sabor significativamente más picante que las clases estándar; Selección de Tozer de Rúcula Salvaje, es una variedad más vigorosa, uniforme y erguida que algunas otras variedades estándar; Voyager, es más lenta al espigado o subida a flor, de hojas gruesas y color verde oscuro con sabor dulce con un golpe picante; Rúcula Selvática Selección Enza, de vigor medio tolerante al espigado, con hoja dentada de color verde oscuro, gran sabor y alto rendimiento apta para cultivo al aire libre e invernadero; Rúcula común, es una variedad robusta y de rápido crecimiento con hojas redondeadas de color verde medio, Rúcula común de hoja serrada, variedad de hoja lobulada de color verde medio y con sabor algo más suave; Wild rocket, hoja oscura de sabor intenso y su crecimiento es medio con desarrollo erecto; Otras variedades de las rúcula existentes en el mercado actualmente, son: Bellezia, Grazia, Letizia, Prudenzia, Tanazia, Tricia.

# 2.2.4. Propiedades

Es una planta de las brasicáceas junto con el kale y la coliflor. Contiene una excelente fuente de fibra, vitaminas A, C (para darle fuerza al sistema inmunológico), y K (para la fuerza de los huesos), folatos, calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, y manganeso. La arúgula también provee altos niveles de proteína, tiamina, riboflavina, vitamina B6, zinc, cobre y ácido pantoténico (vitamina B5) para tener buenos niveles de colesterol y reducir los niveles malos.

La arúgula deriva mucho de su valor nutritivo de sus raíces de familia crucífera, como los beneficios antioxidantes de los glucosinolatos y el poder desintoxicante de las enzimas. Sus hojas son deliciosamente picantes. Las hojas más jóvenes y pálidas tienen un sabor más suave, las más viejas, de color más obscuro es algo picoso.

# 2.2.5. Beneficios.

Entre los beneficios más importantes de la Arúgula destacan:

# 1. Es ideal para adelgazar.

La arúgula es un vegetal que puede colaborar con la pérdida de peso. Al ser tan baja en calorías te permitirá utilizarla en todo tipo de preparaciones. Es un gran sustituto para remplazar otro tipo de alimentos calóricos, sobre todo si estás pensando en adelgazar. Además, al combinarlo con otro tipo de alimentos te saciará y no sentirás hambre al terminar de comer, como ocurre con otro tipo de vegetales.

#### 2. Cuenta con muchas vitaminas.

La arúgula cuenta con una gran cantidad de fitoquímicos, que son vitaminas provenientes de los vegetales los cuales son los responsables de la lucha contra varias enfermedades crónicas como la diabetes y el cáncer, entre otras, además posee una gran cantidad de ácido fólico y también de vitaminas A, C y K, que proporcionan una mejor salud para los huesos y para el cerebro.

# 3. Es hidratante.

Al igual que todas las verduras de hojas verdes, la rúcula o arúgula es altamente hidratante, sobre todo cuando el calor del verano es agobiante. Así que ya lo sabes: cuando el calor aprieta, para evitar la deshidratación no hay nada mejor que una refrescante ensalada de arúgula.

#### 4. Posee muchos minerales.

La arúgula posee una gran variedad de minerales, todos ellos muy necesarios para la buena salud del organismo. Además, contiene altos niveles de hierro para evitar la anemia. Esto la transforma en un perfecto sustituto de la espinaca, sobre todo si realizas una dieta vegetariana y quieres incrementar tus niveles de hierro.

#### 5. Su contenido en flavonoides

Su alto contenido en flavonoides, tiene múltiples beneficios: previene que el colesterol se pegue a las arterias, baja la presión sanguínea, incrementa el flujo de la sangre, reduce inflamación y mejora el funcionamiento de los vasos sanguíneos.

### 2.2.6. Uso

Hay formas domesticas tanto para el aceite, para el ácido erucico que se obtiene para la industria, como para las hojas comestibles. Su composición son glucósidos, sinapina, aceite graso, ácido deico, linoleico. Se utiliza condimento, su parte medicinal son las hojas y flores. Sus propiedades medicinales es que es altamente rubefaciente y revulsiva. Su uso era para: Bronquitis, pleuresía, reuma, artritis. Es rica en potasio y vitamina C. La parte que se consumen mayormente son las hojas frescas, pero también las flores. Tiene un sabor ligeramente amargo, que aporta un toque especial en las ensaladas.

# 2.2.7. Cultivos de arúgulas en tierra

Sobre cultivos de arúgulas en tierra. López (2015) señala lo siguiente: "Para el cultivo de arúgulas en tierra, debe ser en un medio con características de suelo arenoso y regado con agua de conductividad eléctrica de 2 dS.m-1 pues presenta los mejores resultados después de la cosecha." (p.3)

# 2.3. Cultivo Hidropónico para Crucíferas

El cultivo de crucíferas que es la familia donde se encuentra la Arúgula, pasa por 3 etápas, almácigo 15 días, primer trasplante 15 días y trasplante definitivo 30 días, se hace en el sistema de: "Raíz Flotante", en este tipo de sistema, las plantas están soportadas en una plancha de poli estireno expandido (Teknoport), perforado para permitir el paso de las raíces hacia el medio líquido (Solución Nutritiva). Este sistema es uno de los más adecuados para los cultivos de las crucíferas y se puede complementar con el sistema NFT. (Rodriguez y Chang, 2013)

En el caso de las arúgulas cuyas raíces necesitan mejor oxigenación, en la segunda etapa de cultivos de esta planta, se recomienda mantenerlos en el post-almácigo un menor tiempo de lo que sugiere la teoría (5 días mínimos) solo hasta obtener un crecimiento de sus raíces que permita en el sistema de tubos, que la raíz toque la solución nutritiva para que asegure una buena alimentación de las raíces y a su vez una correcta oxigenación, que es un factor importante en esta planta. En el siguiente cuadro se puede observar las tres etapas para las crucíferas.

Tabla 1

Tres etapas para crucíferas más comunes.

Cultivo	Almácigo	Primer Transplante O post-almácigo	Transplante Definitivo
Lechuga	2-3 semanas	2-3 semanas	4 semanas
Albahaca	2 semanas		4 semanas
Apio	4 semanas	4 semanas	8 semanas

Fuente: Elaboración propia

# 2.3.1. Almácigo: Condiciones para la germinación

Esta etapa es muy importante, pues la productividad de una planta se determina por su desarrollo durante su germinación y crecimiento inicial. Generalmente se hacen almácigos de aquellos cultivos de difícil germinación y que requieren mayores cuidados por tener semillas muy pequeñas como el caso de las lechugas, apio, albahaca etc.

Entre las ventajas de la etapa de almácigo tenemos los siguientes: Ocupa poco espacio, por hacerse en cajones de frutas, además en esta etapa se tiene la planta desde el momento en que es semilla hasta que miden 4 a 5 cmt.; otra ventaja es permitir obtener un gran número de plantas (mayor rendimiento); seleccionar las plantas para el transplante, lo que significa que en

esta etapa se puede aplicar el control de calidad, seleccionándolos y clasificándolos por tamaño, calidad etc. Además permite programar los cultivos, pues se tiene la fecha de siembra y la fecha en que están listas para pasar a la siguiente etapa y finalmente se facilita el cuidado de las plantas y permite protegerlas de la excesiva exposición al sol.

# 1. Factores de la germinación

Entre los factores importantes para una correcta germinación tenemos los siguientes:

# a) Semillas

Las semillas que se emplean para el cultivo hidropónico son las mismas que se utilizan para el cultivo en el suelo, por lo que generalmente están tratadas. Se puede remojar previamente las semillas antes de la siembra para facilitar su germinación, además se aconseja sembrar semillas de tamaño uniforme.

# b). Condiciones de la siembra

El sustrato o medio donde se realizará la siembra, la siembra se realiza sobre un medio sólido o sustrato que sirva de apoyo a la plántula. Se recomienda el uso de sustratos de un tamaño menor de 0.5 mm, por tener mayor humedad. Antes de la siembra se recomienda lavar el sustrato con agua hasta que quede limpio y en caso de observar patógenos se sugiere desinfectar el sustrato con una solución de hipoclorito de sodio (legía) al 1% (10 ml por litro de agua), durante 24 horas.

La Siembra es otra condición importante, quiere decir la forma o método en que se realiza la siembra. La siembra debe hacerse en líneas (las semillas una detrás de otra de acuerdo al distanciamiento del cultivo), se debe distribuir homogéneamente las semillas y cubrirlas con una fina capa de sustrato. La ventaja es que permite obtener un alto número de plántulas y la desventaja es que por competir por la Luz, ocurre alargamiento de tallos, no apropiados para el transplante, otra característica de este tipo de siembra el transplante se hace a raíz desnuda, lo que provoca daños en el sistema radicular. La profundidad de la siembra también es

importante, pues en el caso de semillas muy pequeñas, la profundidad es importante por lo que se sugiere sembrarla casi superficialmente. La profundidad con que se siembra una semilla no debe ser el doble del tamaño de esta.

# c) Condiciones del ambiente

Entre las condiciones del medio ambiente tenemos la temperatura, se sabe que cada cultivo tiene una temperatura óptima de germinación, el mantenimiento de la temperatura es muy importante, pues en un cambio brusco se puede interrumpir el proceso de germinación o parar el crecimiento de la plántula. Bajo condiciones controladas (invernaderos o en lugares con temperaturas extremos) se debe proteger el almácigo de la excesiva radiación solar, la sequedad o el viento. Otra condición ambiental importante es la Humedad y esto se refiere a la humedad del sustrato. Una humedad estable del sustrato es imprescindible para una buena germinación y posterior crecimiento de la plántula. El riego se hace con pulverizadores, para no botar las semillas ni doblar los débiles tallos, se debe evitar exceso de humedad que provocaría pudrición de las semillas

Así mismo la Luz es importante para germinar, como las lechugas, otras plantas son neutras, en cuanto se inicia la germinación y aparecen las primeras hojas o cotiledones todas necesitan luz, lo mejor es una luz natural indirecta. El área destinada a los almácigos debe estar protegidas de la radiación solar directa y se emplean mallas sombreadoras que permiten reducir la cantidad de luz solar y la temperatura durante el verano.

# d) Propiedades Químicas del Sustrato

#### d.1). Conductividad Eléctrica (CEE o Concentración de sales)

Se refiere a la concentración de las sales solubles presentes en la solución del sustrato. Para conocer los niveles de salinidad de un medio del cultivo se mide la Conductividad Eléctrica (expresada en dS/m). Cuanto más elevada sea la concentración de sales disueltas,

mayor será la conductividad eléctrica, lo que puede provocar que la planta sufra de un descenso en la absorción de agua (déficit hídrico).

Niveles de la salinidad en el agua (en dS/m)

- < 1.0.....apropiado para germinación de semillas y crecimiento de plántulas.
- > 3.0....elevado para la mayoría de plantas.

# d.2). Grado de Acidez (pH)

Las plantas pueden sobrevivir en un amplio rango de pH del sustrato, sin sufrir desordenes fisiológicos aparentes. No obstante el crecimiento y desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez y alcalinidad extremas. Se recomienda mantener el pH del sustrato dentro de un intervalo reducido a través de la aplicación de soluciones nutritivas ligeramente ácidas.

El valor óptimo del pH del sustrato debe estar entre 5.5 y 7.0

#### 2.3.2. Almácigo: Método de siembra en sustrato.

- 1. Lavar el sustrato con suficiente agua y drenar los excesos.
- 2. Colocar el sustrato limpio en el contenedor y nivelarlo.
- 3. Trazar líneas o surcos de acuerdo a la profundidad y distancia del cultivo.
- 4. Sembrar las semillas dejándolas caer una por una en los surcos trazados.
- 5. Cubrir las semillas con el sustrato y presionar suavemente.
- 6. Regar diariamente o las veces que sea necesario solo con agua para mantener húmedo el sustrato, hasta la germinación y emergencia de las plántulas.
- 7. Cuando aparezca la primera hoja verdadera se inicia el riego con media concentración de solución nutritiva: "Solución Hidropónica La Molina" (2.5 ml de Solución Concentrada A y 1.0 ml. de Solución Concentrada B por litro de agua) durante unos 5 días y luego proseguir el riego con la concentración completa de la solución nutritiva

- (5 ml de solución concentrada A y 2 ml de solución concentrada B por litro de agua), hasta el momento que llegue el trasplante a la II etapa.
- 8. El trasplante se realiza cuando las plántulas tienen tres a cuatro hojas verdaderas o cuando lleguen a medir entre 5 cm a 8 cm de altura, al sistema hidropónico de su elección. Por ejemplo las plántulas de lechuga se trasplantan 15 días después de la siembra (dds) al sistema de raíz flotante. Las plántulas de acelga se trasplantan a los 25 dds a contenedores de madera forrado con polietileno de color negro que contienen un sustrato y las plántulas de tomates se trasplantan a los 30 dds a unas mangas de polietileno o bolsas rellenadas con un sustrato.

# 2.3.3. Post almácigo

En esta etapa se requiere un contenedor de madera de 40 cm x 40 cm x 15 cm (similar a los utilizados para embalar frutas) totalmente impermeabilizado y una plancha de teknoport de ¾" o 1" de espesor, que flotará sobre la solución nutritiva, al teknoport se le hacen orificios con un tubo galvanizado caliente de 1.5 cm de diámetro, la distancia entre los orificios es de 5 cm entre sus centros y en forma triangular.

Tabla 2

Cultivo

Cultivo	Diámetro del orificio	Distancia entre centros	Espesor de plancha
Lechuga	1.5 cm	5 cm	3/4''
Albahaca	1.5 cm	5 cm	3/4"

Fuente: Curso práctico de hidroponía 2016- UNALM.

Las plántulas se extraen del almácigo, se lavan las raíces de los residuos del sustrato, se envuelven el cuello de la plántula con un pedazo de esponja para que quede sujeta en el orificio del teknoport, de tal forma que las raíces de las plántulas quedan sumergidas en la solución

nutritiva. Usualmente se agrega al contenedor 10 litros de solución nutritiva antes de iniciar el transplante.

# 1. Preparación de la solución nutritiva

La solución nutritiva se prepara a partir de soluciones concentradas (A y B), las que se agregan al agua en las siguientes cantidades: 5ml. de la solución concentrada A y 2ml. de la solución concentrada B por litro de agua. Después de preparar la solución nutritiva es muy importante un control de pH y la CEE, para evaluar el consumo de agua y nutrientes.

# 2. Control y manejo de la solución nutritiva en esta etapa

Existen diversos factores que se debe considerar para un adecuado control y manejo de la solución nutritiva, lo cual influirá directamente en la calidad del producto final.

# a) Conductividad Eléctrica (C.E.)

La conductividad eléctrica indica el contenido de sales en la solución. El rango de conductividad eléctrica requerido para un adecuado crecimiento del cultivo, se encuentra entre 1.5 y 2.0 dS/m. Se recomienda realizar esta evaluación por lo menos una vez por semana en las etapas de post-almácigo y transplante definitivo, si la solución nutritiva supera el límite del rango óptimo de conductividad eléctrica, se debe agregar agua hasta bajar el nivel de CEE. La medición de este parámetro se realiza con un medidor portátil denominado "Conductímetro".

# b) Grado de acidez (pH)

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución si una solución es ácida su valor es menor a 7, si es alcalina su valor es mayor a 7 y si es neutra su valor es 7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerla dentro de un rango que va de 5.5 a 6.5 en el cuál los nutrientes están disponibles para la planta. Para el control del parámetro se usa un instrumento llamado (pH metro). Así mismo se recomienda calibrar el pH metro con soluciones buffer antes de usarlo.

# c) Oxigenación de la solución nutritiva.

La falta de oxígeno produce la fermentación de la solución y como resultado la pudrición de la raíz originada por la aparición de microorganismos, una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina, de lo contrario esta se torna oscura debido a la muerte del tejido radicular. La oxigenación puede ser manual (agitando la solución manualmente por algunos segundos por lo menos 2 veces al día, cuando las temperaturas son altas se requiere una mayor oxigenación) o mecánica (mediante una compresora, inyectando aire durante todo el día).

#### 3. Mantenimiento del volumen de la solución nutritiva

El volumen de la solución nutritiva deberá conservarse constante para asegurar un adecuado desarrollo del cultivo. Las plantas absorben más agua y a mayor velocidad que los elementos minerales lo que producirá un aumento de la conductividad eléctrica, por lo que se recomienda añadir agua hasta alcanzar un valor de la CEE para la planta. Esto permitirá reducir la concentración de la solución nutritiva a medida que las plantas tomen el agua.

#### 2.3.4. Post almácigo: Sistema NFT o Recirculante

El sistema NFT o recirculante es un sistema de cultivo en agua, que consiste en la circulación continua de una solución nutritiva a través de unos canales donde desarrollan las raíces de las plantas. El término NFT fue acuñada por el Dr. Allen Cooper (1978), la recirculación de la solución nutritiva genera una lámina o película de solución que circula en contacto con las raíces de las plantas que crecen en un canal de cultivo. Este flujo de solución nutritiva es suficiente para aportar el oxígeno necesario que requieren las raíces para desarrollar en cultivo en agua.

# 1. Ventajas.

Entre las grandes ventajas que nos proporciona este sistema: una significativa reducción del consumo de agua y fertilizante para el número de plantas que se quiere producir; menos uso de mano de obra; reducción del tiempo de cosecha; mejorar la calidad y sanidad del producto obtenido.

### 2. Desventajas.

Entre las grandes desventajas tenemos, el costo inicial es relativamente alto, se requiere un conocimiento técnico efectivo sobre el sistema y manejo del cultivo, riesgo de pérdida por contaminación de patógenos de la solución nutritiva.

# 3. Componentes del sistema.

Los componentes del sistema permiten su adecuado funcionamiento, por lo que es importante identificarlos y conocer sus características. Los componentes son los siguientes:

- a) Tanque; sirve para almacenar la solución nutritiva; su tamaño dependerá del área de producción. Para un área de 100 m2, es suficiente un tanque de 1,000 litros. De preferencia usar tanque de polietileno. El tanque debe estar protegido de la radiación solar para evitar el desarrollo de algas.
- b) Electrobomba; tiene la función de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales de cultivo a través de la tubería de distribución. Para un área de 100 m2 se requiere una electrobomba de 0.5 HP (centrífuga de 80 litros/minuto). Para mayores áreas de producción, la potencia de la bomba debe ser mayor. Al ingresar al canal de cultivo, el flujo de solución nutritiva debe ajustarse en 2-3 litros/minutos. Este caudal produce una turbulencia al ingresar al canal, suficiente para aportar oxígeno a las raíces. El tiempo de funcionamiento de la electrobomba se controla a través de un timer o reloj para los flujos intermitentes. (Rodríguez et al., 2001)

- c) Tuberías accesorias; se debe usar tuberías de PVC de material nuevo: c.1) Tuberías de Distribución, distribuye la solución nutritiva hacia los canales de cultivo. Esta tubería conecta el tanque con la bomba, y la bomba con los canales de cultivo. c.2) Tuberías de Recolección; recoge la solución nutritiva que drena desde los canales de cultivo y la conduce de retorno hacia el tanque. Esta tubería se localiza a un nivel más bajo que la altura inferior de los canales, así la solución nutritiva desciende por gravedad oxigenándose. Además esta tubería debe ir en forma descendente hacia el tanque para facilitar su caída sobre el remanente de solución nutritiva en el tanque, donde se producirá otro punto de turbulencia y, por lo tanto oxigenación (Rodríguezet al., 2001).
- d) Canales de cultivo; permiten el desarrollo del sistema radicular del cultivo. Estos no deben exceder de 15 m de largo, ya que a mayor longitud, disminuye la oxigenación. Generalmente los canales de cultivo (tubos de PVC) de 3" de diámetro son adecuados para el cultivo de lechugas y albahaca mientras que, cultivos como apio y fresa requieren canales de 4", ya que estos cultivos emiten mayor volumen de raíz. En el lado superior de los canales de cultivos, se hacen agujeros de 2" (5cm) para colocar macetitas plásticas, las cuales sujetarán a las plantas sobre los canales. La distancia entre agujeros es de 20 cm para cultivos de lechugas.

Los canales de cultivo (tubos de PVC) en el sistema NFT modificado no requieren pendiente, los canales de cultivos rectangulares requieren una ligera pendiente desde la parte de entrada de solución nutritiva al canal. La solución nutritiva recorre el canal hasta salir y retornar al tanque. Los canales de cultivo pueden estar ubicados sobre soporte de madera o fierro corrugado diseñados y construido para este fin. (Rodríguez-Delfín et al., 2001)

#### 2.4. Definición de términos

### Mitigar:

El significado de mitigar se usa para referirse a que algo debe ser contrarrestado, moderado. El propósito de la mitigación es la reducción de la vulnerabilidad; la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento geológico, como un sismo o tsunami; hidrológico, como una inundación o sequía; o sanitario. Con la prevención de riesgos se aplican medidas para evitar que un evento se convierta en un desastre. Con la mitigación de riesgos se aplican acciones para reducir la vulnerabilidad a ciertos peligros. Con el Risk Management, los gobiernos desarrollan y ejecutan políticas públicas para reducir los niveles de riesgo.

# Oxigenación de raíces:

Las raíces de las plantas necesitan respirar para obtener energía para sus actividades metabólicas, de igual manera la respiración de las raíces, requiere un suministro continuo de oxígeno, que la mayoría de las plantas obtienen, en condiciones normales, directamente de su entorno o rizosfera, en el riego la oxigenación de raíz se produce en la película de agua que rodea cada raíz y por difusión se introduce en la misma. Hay factores que inciden en una inapropiada aireación del sustrato, como tierra poco porosa en el caso de sustratos orgánicos, y en menor medida mala distribución del drenaje de regadío en sustratos inertes. Las raíces absorben oxígeno (O2) y expulsan dióxido de carbono (CO2) para poder realizar sus funciones. Crucíferas:

Familia de plantas dicotiledóneas (hierbas y arbustos) de hojas alternas, flores agrupadas en racimos, de corola formada por cuatro pétalos opuestos entre sí en forma de cruz, fruto en cápsula con dos cavidades dividido por un falso tabique y semilla sin albumen. Las brasicáceas o crucíferas son una familia de angiospermas dicotiledóneas que se incluyen en el orden Brassicales. Constituyen un grupo mono filetico con cerca de 338 géneros y 3.709

especies de plantas principalmente herbáceas distribuidas en todo el globo, si bien están particularmente concentradas en áreas templadas y frías. Incluyen cultivos de importancia económica, tanto hortícolas, como ornamentales, oleaginosos, forrajeros y como condimentos. Asimismo, incluyen a una especie que se considera un organismo modelo en investigaciones biológicas: *Arabidopsis thaliana*...

# Conductividad Eléctrica:

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene una sustancia o material para permitir el paso de corriente eléctrica a través de sí, es decir, de transportar electrones. La conductividad es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química a la agricultura. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo.

# Transpiración vegetal:

La transpiración vegetal consiste en la pérdida de agua en forma de vapor que se produce en las plantas. A las hojas de estas llega gran cantidad de agua absorbida por las raíces, pero solo una pequeña parte se utiliza en la fotosíntesis. Unas células especiales llamadas células guarda u oclusivas controlan la apertura o cierre de cada uno de estos poros. Cuando los estomas están abiertos, las tasas de transpiración aumentan; cuando están cerrados, la transpiración disminuye.

#### Plántulas:

En Botánica, más específicamente en espermatofitas, se denomina plántula, al estadío del desarrollo del esporófito que comienza cuando la semilla rompe su dormancia y germina y termina cuando el esporófito desarrolla sus primeras hojas no cotiledonares maduras, es decir funcionales.

#### Nutrición:

La nutrición es el proceso biológico en el que los organismos animales y vegetales absorben de los alimentos los nutrientes necesarios para la vida. Es importante porque es fundamental para el funcionamiento y el mantenimiento de las funciones vitales de los seres vivos, ayuda a mantener el equilibrio homeostático del organismo, tanto en procesos macro sistémicos, como la digestión o el metabolismo. Asimismo, permite realizar procesos moleculares (aminoácidos, enzimas, vitaminas, minerales), que son procesos fisiológicos y bioquímicos, en los cuales se consume y se gasta energía (calorías).

#### Solución Nutritiva:

Se define como un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo. Los estudios de la fisiología vegetal determinaron que ciertos elementos esenciales afectan el desarrollo de la planta, partiendo de esto se inició un conjugado o mezcla de compuestos los cuales fueron evaluados hasta llegar a un denominado solución "tipo", que hasta hoy día se siguen modificando para diferentes cultivos por la variabilidad tanto genética como el medio ambiente. La solución como tal inicio como un experimento que revolucionó el manejo de la hidroponía y cultivos en suelo.

# Fertirrigación:

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Se trata por tanto de aprovechar los sistemas RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) para aplicar los nutrientes necesarios a las plantas. Microclimas:

Un microclima es un clima local de características distintas a la zona en que se ubica. El microclima es un conjunto de patrones y procesos atmosféricos que caracterizan un entorno o ámbito reducido. Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar

determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales.

#### Peso Fresco:

Es el peso del material vivo que se encuentra en un área y un momento dados. Se puede expresar como peso fresco o como peso seco por unidad de área: g. /m²; kg/m²; ton/ha. En plantas se separa siempre biomasa viva de biomasa muerta o necro masa, es decir ramas muertas más hojarasca del suelo. Se trabaja no sólo en biomasa total, sino también en masa viva especie por especie. La relación productividad/biomasa varía con la edad o grado de desarrollo del ecosistema. En un ecosistema joven la biomasa acumulada es menor que la productividad, mientras que en los ecosistemas maduros la relación es inversa. La cadena de biomasa representa el paso de la energía (en forma de alimento) de un nivel a otro de la cadena trófica. En cada paso se produce una pérdida de energía estimada en un 90%. Es decir que en el trayecto desde los productores primarios (vegetales) a los consumidores cuaternarios (carnívoros secundarios), por ejemplo, se puede pasar de 1.000 g /m² a 1 g /m² de biomasa transferible.

#### Estrés Hídrico:

El estrés hídrico es un fenómeno cada vez más extendido que provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, lagos contaminados) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina). En climas áridos o semiáridos la falta de agua es el principal factor limitante del crecimiento tanto en plantas C3 como C4. La cantidad de agua que contiene la planta es el resultado del balance interno entre el agua absorbida por las raíces y el agua que se pierde por transpiración.

# Micro-nanoburbujas:

Las Micro-nano Burbujas son aquellas burbujas finas con un diámetro de 1 a 100 micras, su definición más técnica indica que es una burbuja de aire atmosférico cuyo diámetro se encuentra dentro del rango de 1 a 100 micrones, cuando un milímetro cúbico de agua se llena de micro/nano burbujas

# Anova (Análisis de la varianza):

En estadística, el análisis de la varianza (ANalysis Of VAriance, según terminología inglesa) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas. Recirculante:

Recirculación es un concepto que proviene de circulación, un término que se refiere al proceso de circular. La circulación, por su parte, está asociada al movimiento, el tránsito o el tráfico, ya sea de vehículos, de divisas, de fluidos, etc. El sistema de NFT (Nutrient Film Technique) que, traducido al español significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo.

# III. MÉTODO

# 3.1. Tipo de investigación

Este estudio de acuerdo a su diseño de investigación es experimental propiamente dicho. Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (Damián y Silva, 2019)

Es importante señalar una definición sobre experimentos en la que se le denomina a los experimentos "estudios de intervención" según Creswell (2013, como se cita en Berdasco y Guzmán, 2021), porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Es posible experimentar con seres humanos, seres vivos y ciertos objetos, pero siempre observando los principios éticos. Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes), para observar sus efectos sobre otras variables (dependientes) en una situación de control, el primer requisito es la manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente). Cabe destacar que el investigador puede incluir en su estudio dos o más variables independientes o dependientes.

Cuando en realidad existe una relación causal entre una variable independiente y una dependiente, al variar intencionalmente la primera, la segunda también variará; por ejemplo, si

la motivación es causa de la productividad, al variar la motivación deberá variar la productividad. (Hernández et al., 2014, p.130)

Enfoque: El tipo de enfoque es cuantitativo, porque en la investigación se utilizará recolección de datos para demostrar la validez de la hipótesis y se validara que la variable independiente "Gestión de la Calidad" si influye en la variable dependiente "Efectos en el proyecto de Arúgulas Hidropónicas".

En el libro de Metodología de la Investigación, se señala que: "El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías." (Hernández et al., 2014, p.4)

La investigación Cuantitativa posee características muy particulares que se pueden definir a continuación, según el aporte del metodólogo Lerma (2009):

Parte generalmente de un problema bien definido por el investigador; Se plantea hipótesis para ser verificadas o falseadas mediante pruebas empíricas; Cuando se plantean hipótesis, estas pueden presentarse como proposiciones matemáticas o proposiciones que pueden fácilmente ser convertidas en fórmulas matemáticas que expresan relaciones funcionales entre variables y se utilizan técnicas estadísticas muy estructuradas para el análisis de la información; Para una mejor explicación de la relación entre los hechos se controlan los factores de confusión; Utiliza instrumentos para recolección de información y medición de variables muy estructurados. (p. 39)

## 3.2. Población y muestra

# Población

Esta investigación tiene un alcance científico ya que para alcanzar los objetivos y responder las hipótesis se estudiará una población representativa de un aproximado a 80 y 50 plantas de arúgulas y una muestra de 12 plantas representativas. Se trabajó con un total de 130 unidades de la especie Eruca sativa cultivadas en medio hidropónico pasando por las 3 etapas. Almácigo, post-almácigo y transplante definitivo.

Como afirma, Hernández et al. (2014) sobre la importancia de elegir la población: "Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra." (p. 170)

La población es el conjunto de todos los elementos de la misma especie que presentan una característica determinada que corresponden a una misma definición y a cuyos elementos se le estudiarán sus características y relaciones, lo define el investigador y puede estar integrada por personas o por unidades diferentes a personas: viviendas, ventanas, tornillos, pacientes de pediatría, computadores, historias clínicas, entre otros. (Lerma, 2009, p. 14)

#### Muestra

La muestra tomada del sistema hidropónico fue determinada según su disponibilidad y correspondió a 6 unidades en la última etapa. Se utilizó el muestreo aleatorio simple en cada columna de tubos del sistema NFT recirculante.

Con respecto a la muestra, se debe considerar que en este campo de la bio-estadística en el que se mueve mi investigación no se aplica una fórmula para determinar la muestra. La cantidad de cortes o repeticiones que suelen usarse en investigaciones similares a los míos son de tres o cuatro, en ese sentido mi trabajo hace un aporte y una contribución en este campo, pues donde se suelen usar 3 o 4 repeticiones mi trabajo hizo uso de 6 cortes o repeticiones.

# 3.3. Operacionalización de variables

Definición de Variables.

Las variables que se manejaron en este experimento fueron:

-Variables Independientes: Gestión de la calidad.

-Variable Dependiente: Proyecto de cultivo de arúgulas Hidropónicas.

Ver tabla Operacionalización de las variables en Anexo.

#### 3.4. Instrumentos

- Guía de Observación: Se presentó en una tabla.

- Lista de Verificación: Se presentó en tabla o en anexo.

 Notas de campo: Este instrumento, permitió hacer un registro de todas las incidencias en el experimento de forma diaria, todas las observaciones eran anotadas concienzudamente. Estos apuntes me sirvieron para hacer las correcciones o cambios en el experimento por lecciones aprendidas.

## - Equipos:

Electrobomba.-Impulsa la solución nutritiva. (0.5 HP centrífuga de 80 lit/min).

## - <u>Materiales:</u>

Cajas de fruta 40cm x 40cm, forrado de plástico negro, asegurado con chinches, con un agujero en la parte baja, donde se coloca una manguera para permitir el drenaje del exceso de agua, se cubre con una malla que impida la salida del sustrato, cajas de fruta de 40cm x 40cm, forrado de plástico negro, asegurado con chinches, sin agujeros.

- Plancha de teknoport de ¾" con agujeros donde entrarán los vasos conteniendo las plántulas.
- -Vasos de plásticos de 1 onza.
- Tuberías de plástico PVC.
- Tanque se usan los comunes en el mercado (Rotoplas)

- -Insumos varios (clavos, martillos, esponja, papel etc.)
- -Reglas de uso de oficina.
- -Pulverizador de plástico los mismos que se usan para jardinería común.
- -Manguera de jardín.
- Mandil, guantes, gorras para laboratorio.
- -Malla tipo rash (sombreado al 25%)
- -Manual "Curso práctico de Hidroponía" (Rodríguez, 2016).

#### 3.5. Procedimientos

# 3.5.1. Primer tratamiento (sin aplicar gestión de la calidad).

Se siguió el procedimiento general de la teoría que se aplicaba a todos los cultivos de crucíferas hidropónicas (Rodríguez-Delfín et al., 2001), se respetaron los estándares, los tiempos y procedimiento que sugería la teoría de los cultivos hidropónicos. Según la teoría de los cultivos hidropónicos, el cultivo para las crucíferas (familia a la que pertenece la arúgula), el tiempo total de cultivo hidropónico es de 2 meses; dividido en 3 etapas: Almácigo (con una duración de 15días). Post almácigo (con una duración de 15 días) y Trasplante definitivo (con una duración de 30 días), después del cual se hace la cosecha.

## 3.5.1.1.Etapa I. Almácigo.

Esta etapa tuvo una duración de 15 días e implicó las siguientes actividades:

- A. Preparación del sustrato. Se preparó el sustrato de partículas homogéneas, humedeciéndolo correctamente.
- **B. Dosis de la solución nutritiva.** Se preparó la solución nutritiva según la teoría de fertilizantes mencionadas en el manual referido, se preparó las soluciones A (macronutrientes) y B (micronutrientes) con la siguiente dosis: 5 ml. de "A", 2 ml. de "B" (por litro de agua).
- **C-Semillero.** Se utilizó cajas de frutas de 40cm. x 60 cm. (con un ángulo de inclinación de 25°)

- **D. Riego.** En esta etapa el riego se hizo en 3 sub-etapas:
- .a. En los cinco primeros días, solo agua.
- **b.** Del día 6 al día 10, riego con una concentración al 50% de la solución nutritiva (A y B).
- c. Del día 11 al día 15, riego con concentración al 100% de solución nutritiva.

## 3.5.1.2. Etapa II. Post-Almácigo.

Esta etapa debió durar también 15 días. A continuación se describen las acciones seguidas:

- **A. Trasplante.** Se hizo el trasplante lavando correctamente las raíces, se envolvieron el cuello de las plántulas con un pedazo de esponjas para que queden sujetas en el orificio del teknoport, de tal forma que las raíces quedaron sumergidas en la solución nutritiva.
- **B. Contenedor.** Se usó contenedores de maderas (cajas de frutas) de medidas: 40 x 60 x 15 cm. de alto, forrado con plástico negro impermeabilizado y una plancha de teknoport de <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" de espesor que flotará sobre la solución 5 cm. en forma triangular (UNALM, 2016).
- C. Cantidad de planta. La cantidad de plantas que se colocó en el contenedor fueron 80 plántulas, la cantidad se decidió a criterio, tomando en cuenta maximizar la productividad. Cabe señalar que la cantidad promedio que se usaba por contenedor en esta etapa eran 60 aproximadamente.
- **D. Dosis de la Solución Nutritiva.** Se preparó la solución nutritiva, según el manual hidropónicos de Rodríguez-Delfín et al, (2001) 5 ml. de "A" y 2 ml. de "B" por litro de agua. Se agregaron 10 litros de solución nutritiva al contenedor del post almácigo.
- **E. Oxigenación.** Según lo que establecía la teoría se debía oxigenar las raíces mediante un batido con las manos 2 veces al día, tanto en la mañana como en la tarde.
- **F. Control fitosanitario.** No se tuvo un control fitosanitario exhaustivo, por no conocer el tipo de plaga que atacaba a esta planta.

**G. Medición de CEE y PH.** A partir del día 16 (primer día de la etapa Pos almácigo) se hicieron seis mediciones de la conductividad eléctrica y el nivel de acidez, del agua en el que se desarrollaban las plántulas de arúgula.

En esta etapa, en el día 16 fueron apareciendo unas bolitas amarillas en la parte reversa de las mejores hojas de las plantas y, en el día 25 las plantas sufrieron un quemado químico debido al exceso de conductividad eléctrica (mayor concentración de sales, debido al ataque de plagas las bolitas amarillas se convirtieron en orugas) y deterioro progresivo (oxigenación deficiente), no se pudo avanzar a la 3ra. De esta manera se concluyó el estudio con el grupo 1, en la segunda etapa (Post-almácigo).

Conclusiones preliminares del estudio con el grupo 1:

- El estudio aportó una importante variación en el procedimiento de cultivo hidropónico de arúgulas: podría reducirse el tiempo de permanencia en la segunda etapa (Post almácigo), solo lo suficiente para lograr que crezcan las raíces y puedan absorber los nutrientes en los tubos del Sistema NFT, cuando se pase a la tercera etapa.
- Se obtuvo evidencias de que la arúgula hidropónica es sensible a una deficiente oxigenación, es decir la oxigenación manual que tradicionalmente se aplica para este tipo de plantas (lechuga, acelga etc.) no es la adecuada en su permanencia más de seis días en depósitos comunes pos almácigo.
- A partir de una reunión de análisis del problema encontrado, con el jefe del huerto hidropónico (laboratorio hidropónico) de la UNALM y el personal técnico a su cargo, se constató que en dicho huerto:
- Ya se había hecho un cultivo de arúgulas hidropónicas por parte de una estudiante, con los mismos resultados adversos.
- No se había aplicado la oxigenación para las arúgulas, por medio de electrobomba.

Se hizo un estudio de los huevos y las larvas y se descubrió que el insecto que ataca es la oruga de la mariposa blanca, estas se alimentan de casi todas las brasicáceas o crucíferas y no sólo de la col, son voraces y dejan en poco tiempo sólo el nervio de la hoja, si la planta es joven, la devoran completamente.

# 3.5.2. Segundo tratamiento (aplicando gestión de la calidad).

Con base en la experiencia del primer experimento, donde no se obtuvo un producto final de buena calidad, se elaboró un nuevo proyecto de intervención experimental para el cultivo adecuado de arúgulas hidropónicas, aplicando las seis técnicas de gestión de calidad, según la guía PMBOK (PMI, 2017): Juicio de expertos; Lecciones aprendidas; Plan de mejoras del proceso; Métricas de calidad; Control de calidad y los Estándares de calidad. Para ello se realizaron dos reuniones con el jefe del huerto hidropónico de la UNALM, M. Sc. Alfredo Rodríguez Delfín. Y asesoría constante con la técnica encargada del huerto y supervisora de la fase experimental: Técnica Lícida Paqui Yaranga (formada en hidroponía y con amplia experiencia en la administración y gestión del huerto hidropónico).

Figura 14

Arúgulas listas para la cosecha en el segundo experimento.



Resultado de una efectiva gestión de calidad.

Fuente: Elaboración propia.

- 3.5.2.1. Etapa I. Almácigo. Esta primera etapa tuvo una duración de 15 días, en el cual se repitió todo el procedimiento aplicado en el estudio 1, con base en el manual de cultivos hidropónicos (Rodríguez-Delfín et al., 2001), ya que se obtuvieron buenos resultados en esta etapa en el primer experimento: La preparación del sustrato, la solución nutritiva, la construcción y manejo del semillero y los procedimientos de riego, fueron los mismos que en el estudio previo.
- **3.5.2.2. Etapa II. Post-Almácigo.** Aplicando las técnicas de gestión de la calidad, juicio de expertos, toma de decisiones, lecciones aprendidas y plan de mejoras del proceso, se decidió recortar el tiempo de permanencia de las plántulas en el depósito contenedor de pos almácigo. Se convino que esta segunda etapa duraría 5 días, un tiempo suficiente para que se desarrollen las raíces y puedan absorber adecuadamente los nutrientes depositados en los tubos de Sistema NFT (tercera etapa).

En esta segunda etapa por permanecer solo temporalmente en los contenedores, no se hicieron las mediciones de CEE ni de pH.

- A. Trasplante. Se trasplantó cada una de las 60 plántulas al contenedor de postalmácigo, lavando cuidadosa y adecuadamente las raíces, se envolvieron el cuello de las plántulas con un pedazo de esponja para que queden sujetas en el orificio del teknoport, de tal forma que las raíces quedaran sumergidas en la solución nutritiva.
- **B.** Solución Nutritiva. Para evitar la elevada concentración de sales (CEE), y por consecuente el quemado químico de esta planta, se aplicaron las técnicas lecciones aprendidas y benchmarking (estudios comparativos) y se hizo un ajuste en la dosis que proponía la teoría (3 ml. de "A" y 2 ml. de "B"), y se bajó 2ml. de "A" (macronutrientes).
- *C. Oxigenación.* Por lecciones aprendidas, se descubrió que esta planta era muy sensible a la falta de oxígeno, se decidió acortar el tiempo de permanencia en los pequeños contenedores, con oxigenación manual, (se acortó de 15 a 5 días).

- D. Control fitosanitario. Por juicio de expertos y Plan de mejora del proceso, se colocaron trampas de plásticos amarillos con goma entomológica, que se usan en este sistema, para reducir el ataque de las mariposas llamadas "Novia blanca". También se hizo un control manual diario (retirando los huevos de las hojas con mucho cuidado, antes de hacerlo cubrirse las manos con guantes) de los huevos depositados en las hojas para evitar la aparición de Larvas que dañen esta planta.
- 3.5.2.3. Etapa III. Trasplante definitivo (Sistema NFT). En esta etapa se aplicó el plan de mejora del proceso y las lecciones aprendidas, considerando tres pasos importantes de la gestión de calidad con la guía PMBOK: Métricas de calidad, Control de calidad y Estándares de calidad.

El tiempo considerado para esta etapa, por el manual de Rodríguez et al. (2016) era 30 días, pero en este estudio, la apariencia y tamaño de las plantas mostraron su pertinencia de cosecha, en el día 24. A continuación se describen las acciones seguidas en esta etapa.

- A. Trasplante. Se hizo el trasplante retirando las plántulas de las esponjas, cuidando de no tocar las raíces y se colocó en los vasos de 1 onza. El trasplante debe durar el menor tiempo posible para evitar el estrés de las plántulas (40 minutos para todas las plántulas), para luego colocar en los tubos NFT. Se usaron 8 tubos con 15 plántulas por tubo. La distancia entre hoyos debe ser de 20 cm.
- **B. Solución Nutritiva.** La solución nutritiva que se manejó en esta etapa fue lo que señalaba el manual de Rodríguez et al. (2016) de 5 ml. de macronutrientes y 2 ml. de micronutrientes.
- *C. Oxigenación.* En esta etapa, la oxigenación se hizo por medio de una electrobomba, en este sistema de oxigenación se usa un motor para oxigenar el tubo contenedor de las plantas, cada cierto tiempo, para el área de 100 mt cuadrados se necesitó una electro bomba de 0.5 HP (centrífuga de 80 lit/min).

**D.** Control fitosanitario. En esta etapa se mantuvo un control fitosanitario biológico, se usaron trampas de plásticos amarillos con goma entomológica, que no afectó a la planta. La combinación adecuada de nutrición, oxigenación y control fitosanitario, favoreció a la necesidad de desarrollo de las plantas, lográndose un crecimiento esperado en calidad, tamaño y color.

E. Medición de CEE y PH. A partir del primer día en el sistema NFT (día 21 de vida de las plantas) se hicieron seis mediciones de la conductividad eléctrica y el nivel de acidez, del agua en el que se desarrollaban las plántulas de arúgula, cada dos días, esto corresponde con la métrica de calidad.

Se utilizaron dos aparatos que proporcionan medidas exactas de ambas variables.

- a. El instrumento **Conductímetro** proporciona la medición de CEE en dS/m desde un mínimo valor de cero.
- b. El instrumento **Peachímetro** proporciona la medición de grado de acidez (pH) en un rango de 0 a 14.

Finalmente se utilizaron dos estándares de calidad, uno para cada variable medida:

- \* Rango Ideal de CEE (Conductividad eléctrica) = 1.5 a 2.00 dS/m.
- \* Rango ideal de PH (Acidez) = 5.5 a 6.5 pH

## Conclusiones preliminares del estudio con el grupo 2

- Se comprobó que, para el caso de las arúgulas, es suficiente la permanencia por cinco días en la etapa de pos almácigo y no necesariamente los 15 días que estipulaba el manual para cultivos hidropónicos de las familias crucíferas.
- La aplicación de un proyecto de gestión de calidad y cuidado meticuloso del cultivo y desarrollo de las arúgulas hidropónicas, con aplicación de métricas y de control de calidad constantes y sistemáticos y comparando progresivamente con los

estándares de calidad establecidos, puede reducir el tiempo de permanencia en la tercera etapa (trasplante definitivo y desarrollo en tubos NFT). En este caso, las plantas estaban listas para la cosecha, en 24 días en lugar de los 30 días que el manual establece.

- A diferencia del estudio con el grupo 1, y del estudio previo, en los cuales no se obtuvieron cosechas, al adaptar y aplicar un procedimiento de gestión de calidad de proyectos, si se obtuvo cosecha, con apariencia de buen estado de las plantas, color verde y anchas y de buen tamaño.
- Aplicando un programa de gestión de proyectos guía MPBOK al cultivo de plantas hidropónicas y retomando los conocimientos sobre el desarrollo de estas plantas, las técnicas más adecuadas para la oxigenación y el control de plagas, y el manejo de nutrientes conforme se van desarrollando las plántulas, se pueden obtener productos en óptimas condiciones para la cosecha y en menor tiempo de lo esperado (PMI, 2017).
- En este caso, el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha fueron de 44 días (15 días en almácigo, 5 días en pos almácigo y 24 días en tubos NFT), resultando un ahorro de 16 días, que equivale a un ahorro de 27 % del tiempo de cultivo.

#### 3.6. Análisis de datos

Los datos de los registros de conductividad y acidez de ambos estudios fueron vaciados en un formato de base de datos del software SPSS versión 23. En una primera columna se colocó cada una de las doce mediciones, 6 del grupo 1, y 6 el grupo 2, en la segunda columna se incluyó la información del grupo al que correspondía cada medición, asignándose 1 para el grupo 1 (sin gestión o con método tradicional) y 2 para el grupo 2 (con gestión de calidad), en la tercera columna se colocaron los datos de cada una de las seis mediciones de la conductividad

eléctrica (CEE) para los dos grupos (12 en total) y en la cuarta columna se colocó los datos de las seis mediciones de en Acidez (PH) en cada uno de los grupos (12 en total).

En primera instancia se realizaron análisis descriptivos para identificar comparativamente promedios de grupo tanto en conductividad como en acidez. Posteriormente se aplicaron dos análisis de contraste con los mismos datos, uno con la prueba no paramétrica para muestras independientes. (Ríos & Peña, 2020)

Debido al tamaño reducido de las mediciones, el otro análisis se hizo con la prueba t para muestras independientes, con la finalidad de complementar el análisis anterior, tomando en cuenta que en este estudio las variables fueron medidas en el nivel escalar.

72

IV. RESULTADOS

4.1. Contrastación de Hipótesis

De acuerdo con la metodología compartida en estudios con grupos experimentales en

huertos hidropónicos se consideran tradicionalmente de 3 a 4 repeticiones (mediciones), pero

con la finalidad de tener mayor amplitud en la medida de las variables CEE y PH, se tomaron

seis repeticiones (seis mediciones) en cada variable a medir y en cada uno de los grupos.

La hipótesis de investigación supone que habrá diferencias significativas entre grupos,

tanto en el nivel de conductividad eléctrica (CEE), como en el nivel de acidez (PH) del agua

en los contendores donde se desarrollan las plantas de arúgula. En contraste la Hipótesis nula

supone que no habrá diferencias significativas entre grupos, ni en conductividad eléctrica

(CEE) ni en el nivel de acidez (PH), que se esquematiza con:

Ho1: G1 = G2 en CEE.

Ho2: G1 = G2 en PH.

De acuerdo con la Figura x3 se deben rechazar las dos hipótesis nulas, dado que si

existen diferencias significativas entre los dos grupos, tanto de Conductividad (significatividad

= 0.002), como en nivel de acidez (significatividad = 0.02). Resultado del análisis para

muestras independientes con la prueba U de Mann-Whitney. (Ríos, & Peña, 2020)

En la Tabla 4 se presentan los resultados derivados de la aplicación de la prueba t para

muestras independientes, de las cuales se distingue que se encontraron diferencias

significativas entre los grupos, tanto en CEE como en PH. El modelo resultante muestra

también las diferencias significativas, tanto cuando se asumen igualdad de varianza en los

grupos, como cuando no se asumen igualdad de varianza.

**Figura 15**Contraste de Hipótesis.

# Resumen de contrastes de hipótesis Hipótesis nula Prueba l Sig. Decisión La distribución de Conductividad Prueba U de Rechade la Eléctrica del agua es la misma Mann-Whitney .0021 hipótesis entre las dategorias de Grupo por ipara muestras nula. tipo de gestión. independientes La distribución de Medición 1 de Prueba U de Rechade la Acidez del agua les la misma entreMann-Whitney .0021hipótesis las categorias de Grupo por tipo depara muestras nula. gestión. independientes Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05. <sup>1</sup>Se muestra la significación exacta para esta prueba.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3Resultados de prueba t de muestras independientes en CEE y en PH.

			Pru	eba t pa	ara la iguald	ad de medias					
	Prueba de Le igualdad de v										
	F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error			95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					(Ullateral)	iliculas	estándar	Inferior	Superior		
	NIVEL DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA (CEE)										
Se asumen varianzas iguales No se asumen		.16	8.66	5 10	.00	1.45	.16	1.08	1.82		
varianzas iguales	2.20	.10	8.66	5 7.74	.00	1.45	.16	1.06	1.83		
NIVEL DE ACIDEZ DEL AGUA (PH)											
Se asumen varianzas iguales No se asumen varianzas iguales	.48 .50		6.71	1 10	.000	.83	.12	.55	1.11		
		.50	6.71	1 9.756	000.	.83	.12	.56	1.11		

Fuente: Elaboración propia

Con base en estas dos pruebas realizadas se puede afirmar que, se rechazan las dos hipótesis nula, y se acepta que sí existen diferencias significativas en el nivel de conductividad eléctrica y en el nivel de acidez, dependiendo de la aplicación de una buena gestión de proyectos en el cultivo de arúgulas en comparación con el cultivo de arúgulas hidropónicas de manera tradicional (sin gestión de la calidad).

# 4.2. Análisis e interpretación.

En la Tabla 6 se muestra la media, valor mínimo y máximo y desviación y error estándar de los grupos en cada una de las variables medidas (CEE y PH), y se puede observar que, en ambas mediciones, el grupo 1 en el que se aplicó el método tradicional (sin gestión de calidad) obtuvo las medias más altas en comparación con el grupo 2 (Con gestión de calidad).

**Tabla 4**Conductividad eléctrica del agua (CEE) Rango Ideal de C.E.E.=1.5-2.5 dS/m.

Grupo por tipo de gestión	Media	, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Valor Máximo	Desviación estándar	Error estándar
G1 Sin Gestión de Calidad	2 98	2.50	3 50	0.36	0.14
G2 Con gestión de Calidad	1.53	1.30	1.80	0.20	0.08

Tabla 5Acidez del agua..(ph)Rango Ideal de Acidez del agua = Entre 5.5 y 7.0

NIVEL DE ACIDEZ DEL AGU.	` /	Valor	Valor	Desviación	Error
Grupo por tipo de gestión		Mínimo	Máximo	o estándar	estándar
					0.08
G1 Sin Gestión de Calidad	7.25	6.90	7.50	0.20	
					0.10
G2 Con gestión de Calidad	6.42	6.10	6.70	0.23	
E 4 E11 ''	·			·	·

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4, se muestra mediante una distribución de cajas las medias en conductividad de acuerdo al grupo o condición experimental, se puede observar las diferencias marcadas entre ambos grupos.

En la Tabla 5, se muestra mediante una distribución de cajas, las medias en nivel de acidez, de acuerdo al grupo o condición experimental, se puede observarlas diferencias marcadas entre ambos grupos.

# V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de Febrero y Marzo. El tiempo de duración fue de 2 meses. El cultivo se inició en Febrero de 2019 y finalizó el mes de Marzo del mismo año. La temperatura que se registraron entre estos meses fueron de un promedio de 30°, siendo una temperatura alta para los sistemas hidropónicos, esto influyó en la gestión de la calidad de esta planta pues se tuvo que evitar la deshidratación de sus raíces, para lo cual se acortó el tiempo de permanencia en la segunda etapa o post-almácigo y se pasó al sistema NFT donde se contó con una mejor oxigenación.

En este trabajo de investigación se logró determinar que existe una gran influencia de la gestión de la calidad en el cultivo de arúgula, para lo cual se aplicó las técnicas de Calidad según la guía del PMBOK.

Los alcances de mi investigación son:

- A mayores repeticiones, los resultados fueron los mismos.
- Se concluyó que la calidad de las arúgulas son mejores cuando los resultados son menores y están en el rango que establece la teoría, en los 2 casos (Conductividad eléctrica y Grado de acidez)
- Se demuestra que el buen manejo de la dosis de la Solución Nutritiva es un factor importante para mantener la conductividad eléctrica en los rangos establecidos (1.5 a 2.00 dS/m).

A. En la tabla 2 se puede observar que los datos obtenidos en el grupo que se aplicó Gestión de calidad cumplen con el objetivo de mantenerse en el rango ideal que señala la teoría, tanto para la Conductividad eléctrica, como para el Grado de acidez.

B. La razón para que se logre esto fue una investigación sobre la planta y los últimos experimentos en plantas similares, además se tomó en cuenta por juicio de expertos las recomendaciones de técnicos del huerto, por lecciones aprendidas en cultivos de arúgulas

anteriores, se propusieron los nuevos tiempos para esta planta, una vez establecido esto se hizo un exhaustivo control de calidad.

C. Los resultados son dependientes de mi tratamientos, pues todas las técnicas de Gestión aplicadas al segundo tratamiento permitieron entregar resultados que cumplían los rangos ideales que se encontró en mi marco teórico y en investigaciones previas y por consiguiente la calidad de nuestros cultivos de Arúgulas hidropónicos fueron las ideales en cuanto a color sabor peso tamaño. Tomando en cuenta que anteriores cultivos no tuvieron el éxito esperado.

D. En el experimento apareció una variable interviniente, que era la que estaba afectando directamente a la planta y estaba provocando un quemado químico. La planta al presentar en sus raíces una forma curva, provocaba una necesidad de oxigenación mayor que las otras crucíferas en la etapa del post-almácigo donde la oxigenación era manual y por lo tanto insuficiente.

E. La forma como se pudo controlar esta variable interviniente fue acortando el tiempo de permanencia en la etapa del post-almácigo de 15 a 6 días, tiempo suficiente para que crezcan sus raíces y puedan pasar al sistema NFT, donde la oxigenación era más efectiva, a través de la bomba (que provocaba una mejor oxigenación a través de la formación de burbujas).

#### VI. CONCLUSIONES

Como conclusiones más importantes del presente trabajo de investigación podemos destacar lo siguiente:

- a. La siembra fue realizada en los meses de verano, siendo esta planta muy sensible a la deshidratación y al sembrarla en estos meses sus hojas se vuelven más amargas.
- b. Las condiciones ambientales dentro del huerto hidropónico, fueron controlados con un sombreado al 75 %.
- c. La arúgula es una planta muy sensible a la oxigenación de sus raíces, por lo que al cultivarlas en el sistema hidropónico, se debe cortar el tiempo de permanencia en la etapa del post-almácigo de 15 a 6 días.
- d. Otro factor que afecta la calidad de este cultivo es la dosis que según teoría se le da a todas las crucíferas (5ml. de Macronutrientes y 2 ml. de Micronutrientes).
- e. Se debe controlar lo que indica la teoría respecto al rango de C.E, requerido para un adecuado crecimiento es de 1.5-2.5 dS/m.
- f. La etapa de post-almácigo es la más crítica en el cuidado de esta planta, en esta etapa puede sufrir quemado químico por un alto contenido de CEE.
- g. En el experimento aparecieron factores que afectaban la calidad de la arúgula y uno de ellos fue la aparición de plagas, se carecía inicialmente de un conocimiento de su comportamiento y desarrollo, ante lo cual se tuvo que desarrollar un control urgente de plagas.
- h. Este trabajo de investigación abre las puertas a futuros proyectos con esta maravillosa planta para ser cultivadas en hidroponía en el Perú.

#### VII. RECOMENDACIONES

Realizadas las respectivas conclusiones sobre el trabajo de investigación en las arúgulas hidropónicas; se recomienda:

- a. En el caso de arúgulas se recomienda la siembra en primavera (los meses de Septiembre
   a Diciembre en el Perú) para evitar la deshidratación en sus raíces.
- Las condiciones ambientales dentro del huerto hidropónico, deben ser controladas con un sombreado de malla rashel al 75 %. y al aire libre.
- c. Se recomienda para el cultivo de arúgulas acortar el tiempo de permanencia en la segunda etapa de 15 a 6 días, tiempo suficiente para el crecimiento de sus raíces.
- d. La nueva dosis recomendada para esta planta en la segunda etapa debe ser la sgte: 3ml.
   de Macronutrientes y 2 ml. de Micronutrientes.
- e. Para mantener la solución dentro del rango de C.E, de 1.5-2.5 dS/m, se recomienda un control, si la solución supera el límite de 2.5, se agregará agua hasta bajar el nivel.
- f. En la etapa de post-almácigo se debe hacer un control diario de la conductividad eléctrica, con el conductímetro, manteniendo el nivel de 1.5 dS/m.
- g. Como todo cultivo, esta planta es atacada por plagas, en este caso es la denominada: "Novia blanca", que deposita huevos que eclosionan en 3 días y empieza a alimentarse de sus hojas. Se recomienda desarrollar un control de plagas. (en este cultivo fue el uso de trampas amarillas, y revisión diaria de los huevos, los cuales eran retirados antes de eclosionar y formar oruga).
- h. Este trabajo de investigación abre las puertas a futuros proyectos con esta maravillosa planta para ser cultivadas en hidroponía en el Perú.

#### VIII. REFERENCIAS

- Acosta, B., Vázquez, A., Caballero, A., Saldaña, S., Ramos, V. y Gómez, A. (2014). Hidroponía con sustrato de arena para la obtención de brotes aplicados en Gastronomía. *Lacandonia*, 8(1), 21-26.
- Alarcón, A. (2017). Programación de la fertirrigación en cultivos sin suelo en el sudeste español. Estudio de la nutrición cálcica [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cartagena]. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=199624
- Artés-Hernández, F., Rodríguez-Hidalgo, S. y Artés, F. (2006). Establecimiento de la vida comercial en uva" Crimson Seedless" mínimamente procesada con distintos lavados [Conferencia]. VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Post-Recolección. Orihuela, Alicante, España.
- Aurelio, T. (2017). Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México [Conferencia]. *Memorias VI Congresso Internacional de Investigation en Ciencias Básicas Y Agronómicas*, Mexico. https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/MEMORIA\_MESA\_3\_2\_CONGRESO2017.pdf
- Barbado, L. (2005). *Hidroponía. Su empresa en cultivos en agua* (1ra Ed.). Editorial Albatros SACI.
- Beltrano, J. (2015). *Introducción al cultivo hidropónico* (1ra Ed.). Editorial de la Universidad de La Plata.
- Berdasco, P., Díaz, P., y Guzmán, F. (2021). Administración estratégica del service-dominant logic en el neurodiseño de un servicio de gestión y cartas virtuales de restaurantes. 

  \*Revista Estrategia Organizacional, 10(1), 1-26\*

  http://dx.doi.org/10.22490/25392786.4550

- Cabrera, A. (2018). Análisis de la gestión de la calidad, gestión del conocimiento e innovación en las PYMES de la ciudad de Cuenca, Análisis macro/caso de estudio: EGGOCCP Construcciones y Proyectos CIA. LTDA [Tesis de Maestría, Universidad Técnica Particula de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/22246
- Colón, L., Aguilar, V., Pérez, H., y Santiago, G. (2017). Efectos de la Temperatura, Concentración de la Solución Nutritiva y la Posición de la Planta en el Crecimiento de Lechuga (Lactuca sativa L.) cultivada en Aeroponía. https://www.semanticscholar.org/paper/Efectos-de-la-Temperatura%2C-Concentraci%C3%B3n-de-la-y-la-Solano-Aguilar/a4ec5ad70178e6c1d0fe65fd411c1136c7a7a7ac
- Cooper, A. (1978). Aplicaciones comerciales de NFT. Grower Books
- Damián, C. y Silva, D. (2019). Evaluación del balance energético de pilas primarias alcalinas de acuerdo a la marca y tamaño AAA, AA, C y D. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5428?show=full
- Flores-Córdova, M. A., Martínez-Damián, M. T., Rodríguez-Pérez, J. E., Colinas-León, M. T., y Nieto-Ángel, D. (2014). Jugo de brócoli en la inhibición de alternaria alternata en arúgula mínimamente procesada: calidad postcosecha. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(3), 307-322. https://www.redalyc.org/pdf/609/60932843001.pdf
- Gonzales, J. (2014). Automatización de los principales procesos de un cultivo hidropónico NFT [Tesis de doctorado]. Universidad Veracruzana.
- Granados, A., Mojica, L. y Rodríguez, S., (2016). Propuesta de modelo de huerta urbana modular adaptable a las necesidades alimenticias de los bogotanos [Tesis de

- Especialización, Universidad Piloto de Colombia] http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4144
- Gutiérrez, A. (2018). Sistema de control de cultivos hidropónicos y Acuapónicos [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil]. https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36869?mode=simple
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). McGraw Hill.
- Irurita, J. y Villanueva, P. (2012). *Sistemas de Gestión de la Calidad* [Tesis de Licenciatura, Universidad Pública de Navarra]. https://core.ac.uk/download/pdf/10851013.pdf
- Juran, M. (1990). Juran y la planificación para la calidad. Ediciones Díaz de Santos.
- Lara, A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía.

  \*Terra latinoamericana, 17(3), 221-229.

  https://www.redalyc.org/pdf/573/57317306.pdf
- Lerma, H. (2009). *Metodología de la investigación. Propuesta, anteproyecto y proyecto*. Ecoe Ediciones
- Lledó, P. (2013). Administración de proyectos: El ABC para un director de proyectos exitoso (3ra Ed.). Victoria BC
- López, D. (2015). Efecto del nivel de salinidad del agua y la textura del suelo en el cultivo de rúcula (Eruca sativa Mill) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2092
- Mera, L. (2015). Evaluación de tres estrategias de manejo de la solución nutritiva en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en suelo [Tesis de Maestria, Colegio de Posgraduados].

- http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/2702/Mera\_Hernan dez\_JL\_MC\_Edafologia\_2015.pdf;jsessionid=E80EB7E1821987EB604DB7194BD3 C923?sequence=1
- Mulcahy, R. (2013). Preparación para el Examen PMP® Aprendizaje Acelerado para Aprobar el Examen PMP de PMI® (8va ed.). RMC Publications, Inc.
- Pozo, L. (2018). Producción hidropónica de apio (Apia graveolens) y lechuga (Lactuca sativa), inyectando micronaburbujas en el riego [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3677
- Project Management Institute- PMI. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) (6th ed.). Project Management Institute.
- Ramírez, G. (2017). Sistema de producción hidropónica de lechuga (Lactuca Sativa L.).

  [Trabajo monográfico, Universidad Nacional Agraria La Molina].

  https://hdl.handle.net/20.500.12996/2981
- Ríos, R., y Peña, M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*, *10*(19), 191-208.
- Rodríguez, A. (2016). *Dinámica de la respuesta del cultivo de camote (Ipomoea batatas L.) al estrés hídrico y salino* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2813
- Rodríguez, S. E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 7 (1), 153-170
- Rodríguez, A. y Chang, M. (2013). *Manual práctico de hidroponía*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Rodríguez-Delfín, A., Gómez, D., Fernández, E., y Chang, M. (2001). Effects of n, p and k nutrition on growth, yield and nutrient uptake of Mashua plants grown in sand. *Acta Horticulturae*, *554*, 131–138. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.554.13
- Sánchez, H., Reyes, C., y Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma.
- Serquen, M. (2015). Calidad de Lactuca sativa L. producida en cultivo hidropónico Nutrient

  Film Technique en el vivero de la Universidad Cesar Vallejo Chiclayo, 2015 [Tesis

  de Licenciatura, Universidad César Vallejo].

  https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10895
- Solis, F. (2017). Evaluación del rendimiento en el cultivo de lechuga Lactuca sativa en sistemas hidropónicos y aeropónicos automatizados [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10532
- Terrones, E., Fernandez, S., y Silva, A. (2019). *Dirección del Proyecto Alma Andina aplicando estándares del PMI®* [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. http://hdl.handle.net/10757/628115
- Zuñiga, E. (2018). Formulación de una propuesta para el establecimiento de una granja integral agropecuaria con fines de capacitación y fomento enfocado en sistemas de producción Agroforestal en el municipio de Valle del Guamez, departamento del Putumayo. [Tesis de especialidad, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20948

IX. ANEXOS

# Anexo A: Matriz de consistencia

PROBLEMA OBJETIVOS		HIPÓTESIS	VARIABLES	METODO
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	
¿Cuál es el efecto de la aplicación de un programa de gestión de la calidad de proyectos en la mejora del cultivo y cosecha de arúgulas hidropónicas con el cultivo hidropónico tradicional aplicado a las arúgulas?	Determinar el efecto de la aplicación de un programa de gestión de la calidad de proyectos en la mejora del cultivo y cosecha de arúgulas hidropónicas y compararlo con el cultivo hidropónico tradicional aplicado a las arúgulas.	Habrá diferencias significativas entre grupos (uno sin gestión de calidad y otro con gestión de calidad) tanto en el nivel de conductividad eléctrica (CEE) como en nivel de acidez (PH) del agua en los contendores donde se desarrollan las plantas de arúgula.	X= Gestión de la calidad en el proyecto de cultivo de arúgulas.	
Problemas Específicos	<b>Objetivos Específicos</b>	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	
<ul> <li>a. ¿Cómo se podrá identificar las características, problemas y sus causas para el desarrollo de las plantas de arúgulas hidropónicas?</li> <li>b. ¿Las técnicas de gestión de calidad de proyectos de la guía PMBOK 6ta. Edición (Project Management Institute, 2017), servirán para el mejorar el cultivo de arúgulas hidropónica?</li> <li>c. ¿Cuál es el efecto en el desarrollo de las plantas de arúgula y el nivel de conductividad eléctrica (CEE) y Acidez (PH) del agua de los contenedores en etapas post almácigo, del grupo con gestión de calidad?</li> </ul>	<ul> <li>a. Implementar un proyecto de cultivo hidropónico de arúgulas e identificar características y probables problemas y sus causas para el desarrollo de las plantas de arúgula.</li> <li>b. Aplicar las técnicas de gestión de calidad de proyectos de la guía MPBOK para mejorar el cultivo de arúgulas hidropónica y evaluar su impacto.</li> <li>c. Comparar el efecto en el desarrollo de las plantas de arúgula y del nivel de conductividad eléctrica (CEE) y Acidez (HP) del agua de los contenedores en etapas post almácigo, del grupo sin gestión de calidad y del grupo con</li> </ul>	<ul> <li>a. La Implementación del proyecto de cultivo hidropónico de arúgulas permitirá identificar las características, los problemas y sus causas para el desarrollo de las plantas de arúgula.</li> <li>b. Las técnicas de gestión de calidad de proyectos de la guía MPBOK permitirá mejorar el cultivo de arúgulas hidropónicas y evaluar su impacto.</li> <li>c. El control del nivel de conductividad eléctrica (CEE) y Acidez (HP) del agua de los contenedores en etapas post almácigo, demostrará los mejores resultados del grupo con gestión de calidad en</li> </ul>	Y= Efectos en el cultivo de arúgulas Hidropónicas.	

Anexo B: Operacionalización de variables

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición	Estandar categorización
V.I. Gestión de la calidad	Esta variable por su naturaleza se medirá mediante mediciones directa en el campo cuidando su presición	1. Solución Nutritiva.	Macronutrientes	Medición directa pipeta	Volumen (Lt.)  Temperatura	5 ml / Lt. de agua. 2 ml / Lt. de agua.  Mínimo:20°C
			Micronutrientes		(°C)	Máximo:25°C
		2.Temperatura	Grados Centígrados	Medición con el Termómetro	Densidad (Daylor)	Mínimo:1.5 dS/m
		<b>3</b> .Conductividad Eléctrica	Contenido de sales en -dS/m	Medición con el Conductímetro.	(Ds/m)	Máximo:2.0 dS/m
V.D. Proyecto de cultivo de	Esta variable se medirá tomando en cuenta la teoría de proyectos y la guía del PMBOK	1. Proyectos	Tipo de Proyecto	Libro de Gestión de Proyectos	Escala de likert Excelente= 5 Bueno= 4 Regular= 3	Alto: 36-50 Medio:23-35 Bajo:10-22
arúgulas Hidropónica			Dirección de Proyectos	Guía del PMBOK	Malo=2 Muy malo	20 cmt.
_		2. Gestión de Proyectos.	Alcance del Proyecto Cronograma del Proyecto	Guía del PMBOK	Tamaño cmt  Esc. Linkert	Verde claro
		3.Calidad de hojas	Tamaño Color	MediciónObservación	Lsc. Linkert	