

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



**“INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL
NATURAL DE ALGAS MARINAS (*Ulva lactuca*) SOBRE EL CULTIVO DE LA
LECHUGA (*Lactuca sativa*), CALLAO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

AUTORES

ASTRID MELANI, LAGOS QUINTANA
JOSELIN PATRICIA, CRUZ AREVALO

ASESOR

MsC. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIA DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CALLAO, 2023
PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



VI CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 010-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 114 ACTA N°010-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

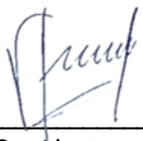
A los 1 días del mes de octubre del año 2023, siendo las 09:33 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/fyg-foyt-xpc>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Dr.	Eduardo Valdemar Trujillo Flores	: Presidente
Mtro.	Carlos Odorico Tome Ramos	: Secretario
MsC.	María Antonieta Gutiérrez Díaz	: Vocal
Mg.	Luís Enrique Lozano Vieytes	: Suplente
MC.	María Paulina Aliaga Martínez	: Asesora

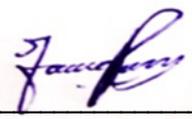
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de las Bachilleres Astrid Melani Lagos Quintana y Joselin Patricia Cruz Arevalo, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **"INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (*Ulva lactuca*) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa*), CALLAO"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa Diecisiete (17) la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 10:06 horas del día domingo 1 de octubre del año en curso.



Presidente



Secretario



Vocal



Asesora

Document Information

Analyzed document	1A; LAGOS QUINTANA; Astrid Melani_CRUZ AREVALO; Joselin Patricia_IF TESIS.pdf (D174132196)
Submitted	2023-09-19 01:18:00
Submitted by	
Submitter email	fiarn.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	EF_TT1_MenesesRiosGiulianaAracely_PortillaCespedesEduardLouis.docx Document EF_TT1_MenesesRiosGiulianaAracely_PortillaCespedesEduardLouis.docx (D141718708)		4
SA	TESIS FINAL NÉSTOR VÉLEZ 04-04-2016 - imprimir..docx Document TESIS FINAL NÉSTOR VÉLEZ 04-04-2016 - imprimir..docx (D19088006)		1
SA	6. EF_Taller tesis1_Espinoza Campos Rensso_Tello Huaman Heyla..docx Document 6. EF_Taller tesis1_Espinoza Campos Rensso_Tello Huaman Heyla..docx (D120898092)		5
SA	Nelson Adrian Villacres Muñoz.pdf Document Nelson Adrian Villacres Muñoz.pdf (D171642872)		1
SA	Luz A y thania .T3 (1).docx Document Luz A y thania .T3 (1).docx (D151019936)		2
SA	GQ_TG3_Informe_Técnico.pdf Document GQ_TG3_Informe_Técnico.pdf (D33520654)		1
SA	Caizapasto_Geovanna_cap123..pdf Document Caizapasto_Geovanna_cap123..pdf (D44839032)		3

Entire Document

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

TÍTULO

INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (*Ulva lactuca*) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa*), CALLAO.

AUTOR / CÓDIGO ORCID / DNI

ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377

JOSELIN PATRICIA CRUZ AREVALO/ 0009-0002-0636-6276/ DNI: 70271252

ASESOR/ CÓDIGO ORCID / DNI

MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08663264

LUGAR DE EJECUCIÓN

LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DEL CALLAO.

UNIDAD DE ANÁLISIS

CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (*Ulva lactuca*).

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

APLICADA/CUANTITATIVO/ EXPERIMENTAL

TEMA OCDE1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

DEDICATORIA

A mi madre Esther Quintana quien es mi fuerza, motor y mi más grande ejemplo de superación y lucha constante. A mis hermanos y familiares que siempre me apoyaron a seguir y nunca rendirme.

A los futuros profesionales de la carrera de Ingeniería Ambiental quienes con su formación tendrán la gran labor de cuidar y preservar nuestro Medio Ambiente.

Astrid L.Q.

Dedico esta tesis a mis padres Teófilo Cruz y Eugenia Arevalo, quienes me inculcaron a esforzarme día a día y siempre dar lo mejor de mí, a mis hermanos que siempre me dieron fuerzas para continuar a pesar de las dificultades, a Samanta quien es motivo de superación para ser un ejemplo para ella.

Joselin C. A.

AGRADECIMIENTO

A la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao, por habernos permitido realizar el desarrollo experimental de esta tesis; A nuestra asesora M.S. María Paulina Aliaga Martínez, por su dedicación, colaboración y motivación durante la elaboración de la presente tesis. A la Universidad Nacional del Callao por darnos la oportunidad de cursar estudios superiores y de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios superior.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRAC	vi
INTRODUCCIÓN	vii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Justificación socioeconómica.....	3
1.4.2. Justificación Ambiental	3
1.4.3. Justificación Científica	4
1.4.4. Justificación Legal	4
1.5. Delimitantes de la investigación	5
1.5.1. Teórico.....	5
1.5.2. Temporal.....	5
1.5.3. Espacial	5
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes Internacional y nacional.....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	9
2.2. Bases teóricas.....	13
2.2.1. Capacidad Absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>).....	13
2.2.2. Hidrogel natural	13
2.2.3. Preparación de hidrogel natural.....	15
2.2.5. Retención de agua en el suelo por la acción de los Hidrogeles.....	18

2.2.6. Algas Marinas	19
2.2.7. Alga Verde (<i>Ulva lactuca</i>)	20
2.2.9. Cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	24
2.2.10. Cámara de subirrigación	26
2.3. Marco conceptual	27
2.3.1. Cultivo de la lechuga	27
2.3.2. Capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>)	27
2.4. Definición de términos básicos	27
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	30
3.1. Hipótesis (general y específica)	30
3.1.1. Operacionalización de variables	30
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	32
4.1. Diseño metodológico	32
4.2. Método de investigación	35
4.2.1. Materiales y equipos	37
4.2.2. Procedimiento	41
4.3. Población y muestra	47
4.3.1. Población	47
4.3.2. Muestra	47
4.4. Lugar de estudio	47
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	48
4.5.1. Técnica	48
4.5.2. Instrumentos de recolección de información	49
4.6. Análisis y procesamiento de datos	49
4.7. Aspectos Éticos en investigación	50
V. RESULTADOS	51
5.1. Resultados descriptivos	51
5.1.2. Estadística descriptiva para las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	53
5.2. Resultados inferenciales	57
5.2.1. Prueba estadística inferencial del grado de hinchamiento	57
5.2.2. Prueba estadística inferencial de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	60
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	69

6.1.1.	Contrastación y demostración de la Hipótesis General	69
6.1.2.	Contrastación y demostración de la Hipótesis Especifica 1	69
6.1.3.	Contrastación y demostración de la Hipótesis Especifica 2.....	69
6.1.4.	Contrastación y demostración de la Hipótesis Especifica 3.....	70
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	70
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	72
VII.	CONCLUSIONES.....	73
VIII.	RECOMENDACIONES	74
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del alga marina (<i>Ulva lactuca</i>).....	21
Tabla 2. Exigencias del cultivo de la lechuga	26
Tabla 3 Matriz de operacionalización de variable	31
Tabla 4 Matriz de diseño 1	33
Tabla 5 Factores y niveles	33
Tabla 6 Matriz de diseño 2.....	35
Tabla 7 Materiales, equipos y reactivos.....	37
Tabla 8 Ubicación del área de estudio.....	48
Tabla 9 Medición del grado de hinchamiento.	51
Tabla 10 Estadística descriptiva para obtener el grado de hinchamiento.....	52
Tabla 11 Medición de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	53
Tabla 12 Estadística descriptiva para obtener la altura de la lechuga.	54
Tabla 13 Estadística descriptiva para obtener diámetro de lechuga.....	55
Tabla 14 Estadística descriptiva para obtener el número de hojas.....	55
Tabla 15 Análisis de varianza (ANOVA).	59
Tabla 16 Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga.	64
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de la lechuga.	65
Tabla 18 Análisis de Kruskal-Wallis para el número de hojas.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de hidrogeles naturales.	14
Figura 2 Determinación del hinchamiento %H.	17
Figura 3 Cálculo de la relación de deshinchamiento (%).	17
Figura 4 Representación del proceso de sobre hinchamiento de un hidrogel e hinchamiento en equilibrio.....	17
Figura 5 Representación de agua de suelo por la acción de los hidrogeles....	18
Figura 6 A. Fotografía por microscopía óptica del corte transversal de un talo de <i>Ulva</i> sp	21
Figura 7 Estructura química del ulvan con las principales unidades repetitivas de disacáridos	22
Figura 8 Mecanismo de gelificación del Ulván.	23
Figura 9 Modelo Analítico I.....	32
Figura 10 Modelo analítico II	34
Figura 11 Fases de ejecución de la investigación	41
Figura 12 Etapas para la elaboración de Hidrogel natural.....	42
Figura 13 Elaboración de hidrogel natural.....	44
Figura 14 Evaluación del grado de hinchamiento.....	45
Figura 15 Etapas para el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	46
Figura 16 Procedimiento de cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	46
Figura 17 Ubicación del punto de recolección de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>)	47
Figura 18 Ubicación del área de estudio	48
Figura 19 Gráfica de caja de grado de hinchamiento vs tratamiento	52
Figura 20 Gráfica de caja de la altura de la lechuga vs tratamientos	56
Figura 21 Gráfica de caja del diámetro de la lechuga vs tratamientos	56
Figura 22 Gráfica de caja del número de hojas vs tratamientos.....	57
Figura 23 Gráfica de probabilidad normal de residuos del grado de hinchamiento.....	58
Figura 24 Gráfica de efectos principales para la altura de la lechuga.	60
Figura 25 Gráfica de probabilidad normal de residuos de la altura de la lechuga.....	61

Figura 26 Gráfica de probabilidad normal de residuos del diámetro de la lechuga.....	62
Figura 27 Gráfica de probabilidad normal de residuos del número de hojas...	63
Figura 28 Gráficos de efectos principales para la altura de la lechuga	66
Figura 29 Gráfica de efectos principales para el diámetro de la lechuga.	67
Figura 30 Gráfica de efectos principales para el número de hojas.....	68

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MIDAGRI Ministerio de Desarrollo Agrario

ANA Autoridad Nacional del Agua

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó con el objetivo de determinar la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

La metodología aplicada en la investigación fue de enfoque cuantitativo, experimental. Consistió en elaborar hidrogel natural mediante la extracción de polímero ulvano de las algas marinas de especie (*Ulva lactuca*) el cual fue recolectado de la Poza la Arenilla, la Punta, Callao. El polímero obtenido y elaborado se realizó conforme a la metodología modificada de Lahaye (1993). Posteriormente se calculó el hinchamiento (absorción de agua) del polímero dando como resultado hidrogel. Finalmente se aplicaron tres dosis de hidrogel natural hidratado de 2, 4 y 6g con tres repeticiones por cada uno sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), los datos de variación de las características morfológicas (altura, diámetro y número de hojas) fueron tomados en los 7, 14 y 21 días.

Los resultados fueron evaluados mediante el programa estadístico Minitab 19, se aplicó el diseño factorial mediante tabla ANOVA de dos vías referentes a las pruebas de efectos inter-sujetos, obteniendo un p-valor menor a 0,05 para los tratamientos. Respecto al hinchamiento del hidrogel natural, se obtuvo un valor máximo de 1252(%) en 120min, la dosis óptima de hidrogel natural sobre el cultivo de la lechuga fue de 6g, siendo favorable para su desarrollo y crecimiento. Los p-valores para la altura, diámetro y número de hojas al ser expuestos por la dosis del hidrogel natural, resultaron ser, 0.000, 0.000 y 0.006 respectivamente. Finalmente se concluyó que el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) tiene la capacidad de absorber agua en su interior superior a mil (1000) veces su peso inicial, por lo que influyó positivamente sobre el desarrollo y crecimiento de las características morfológicas (altura, diámetro y número de hojas) de la lechuga (*Lactuca sativa*) en comparación a aquellas sin adición de hidrogel natural.

Palabras clave: polímero, ulvano, hidrogel natural, algas marinas.

ABSTRAC

O presente trabalho de pesquisa foi realizado com o objetivo de determinar a capacidade absorvente do hidrogel natural de algas marinhas (*Ulva lactuca*), no cultivo de alface (*Lactuca sativa*), Callao.

A metodologia aplicada na pesquisa foi de abordagem quantitativa, experimental. Consistia em fazer hidrogel natural extraindo o polímero ulvano das algas marinhas da espécie (*Ulva lactuca*) coletadas em Poza la Arenilla, La Punta, Callao. O polímero obtido e elaborado foi feito de acordo com a metodologia modificada de Lahaye (1993). Posteriormente, foi calculado o inchamento (absorção de água) do polímero, resultando em hidrogel. Finalmente, foram aplicadas três doses de hidrogel natural hidratado de 2, 4 e 6g com três repetições cada uma na cultura da alface (*Lactuca sativa*), os dados sobre a variação das características morfológicas (altura, diâmetro e número de folhas) foram tomadas aos 7, 14 e 21 dias.

Os resultados foram avaliados por meio do programa estatístico Minitab 19, o planejamento fatorial foi aplicado por meio da tabela ANOVA two-way referente aos testes de efeitos intersujeitos, obtendo-se um p-valor inferior a 0,05 para os tratamentos. Em relação ao intumescimento do hidrogel natural obteve-se um valor máximo de 1252(%) em 120min, a dose ótima de hidrogel natural na cultura da alface foi de 6g, sendo favorável para o seu desenvolvimento e crescimento. Os valores de p para altura, diâmetro e número de folhas quando expostas pela dose do hidrogel natural, acabaram sendo 0,000, 0,000 e 0,006 respectivamente. Por fim, concluiu-se que o hidrogel natural de algas marinhas (*Ulva lactuca*) tem capacidade de absorção de água no seu interior superior a mil (1000) vezes o seu peso inicial, pelo que influenciou positivamente no desenvolvimento e crescimento das características morfológicas (altura, diâmetro e número de folhas) de alface (*Lactuca sativa*) em comparação com aquelas sem adição de hidrogel natural.

Palavras-chave: polímero, ulvan, hidrogel natural, algas marinhas.

INTRODUCCIÓN

Una adecuada disponibilidad de agua, determinará en gran parte el éxito de la producción de lechugas. Como en todas las hortalizas, la escasez de agua de riego afecta fuertemente el rendimiento y calidad del cultivo, además de ello las lechugas son extremadamente sensibles al estrés hídrico. Independientemente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se verá afectado si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos. El efecto más evidente del estrés hídrico será la reducción del tamaño y engrosamiento de las hojas de la lechuga, con una reducción notoria en la calidad del producto, (Antunez et al, 2018). Entre las hortalizas que actualmente tienen el mayor consumo se destaca la lechuga, que es muy sensible a déficit hídrico y a variaciones de temperatura, por lo cual existe un cierto riesgo en su producción. Sin embargo, la demanda de esta hortaliza sigue creciendo. Para satisfacer su demanda es necesario crear y aplicar nuevas técnicas que favorezcan su desarrollo, particularmente para un mejor abastecimiento de agua a las plantas, para lo cual se propone el uso de hidrogeles. (Nissen, y otros, 2004).

Los hidrogeles son geles poliméricos hidrofílicos formados por una red tridimensional que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de agua (Ramirez, y otros, 2016). Del campo, (2020), menciona que, estos polímeros son productos fabricados a base de petróleo y genera contaminación al medio ambiente.

Asimismo, los polímeros y materiales obtenidos de algas se han estudiado, desarrollado y producido comercialmente en la última década, son materiales que tratan de cumplir la función de los productos derivados del petróleo, pero con características mejoradas ya sea en su resistencia, elasticidad térmica y degradabilidad con el fin de sustituirlos. (Loja, 2020).

Por lo mencionado anteriormente el objetivo de esta investigación es evaluar la influencia de la capacidad absorbente de agua de un hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las regiones del mundo como África, América del Sur y el este de Asia son afectadas por la sequía, lo que representa una gran amenaza para las plantas y cultivos. (Ma et al, 2015). La lechuga es el vegetal más popular en todo el mundo sus cualidades nutricionales y la opción de consumirla durante todo el año la convierten en la hortaliza de hojas más consumida y con mayor relevancia económica, sin embargo, el déficit hídrico y el cambio de las temperaturas, como consecuencia del cambio climático, podría limitar su cultivo (Antunez, 2019).

El agua en la agricultura del Perú, influye en la tecnología que se usa para aprovecharla, aumentando su demanda en los cultivos de la costa. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MIDAGRI).

El estrés hídrico en Lima se debe a diversos factores, entre ellos el cambio climático, (Aquafondo, 2023).

Antunez, y otros, (2018) señala que las lechugas son extremadamente sensibles al estrés hídrico. Independientemente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se verá afectado si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos.

Asimismo, en el año 2022 se publicó el Decreto de Urgencia N° 022-2022 publicado mediante una edición extraordinaria la cual menciona en sus disposiciones complementarias que la lechuga se encuentra dentro de los cultivos priorizados (El peruano, 2022).

En base a lo anterior expuesto, se justifica en este estudio que la influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) como nueva biotecnología optimiza la humedad aprovechable y permite el uso eficiente de agua, mejorando las condiciones del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), en función a la variación y crecimiento de sus características morfológicas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál será la influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será el grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao?
- ¿Cuál será la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao?
- ¿Cuál será la variación de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), Callao?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

- Determinar la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.
- Determinar la variación de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), Callao.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación socioeconómica

Al adoptar prácticas eficientes en el riego, los agricultores disminuyen el monto de dinero que pagan por el agua utilizada. Además, mejora la productividad de los cultivos, y lo que es más importante: al ahorrar agua y reducir las pérdidas y la emisión de aguas residuales, ayudan a conservar las fuentes de agua para que estén disponible para otros usuarios. (ANA, 2018 pág. 12).

Asimismo, el uso de hidrogeles naturales de algas marinas (*Ulva lactuca*) como absorbente de agua se justifica económicamente, debido a que se aplicará en los cultivos y contribuirá a una mejor rentabilidad de la agricultura de riego, mediante el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

1.4.2. Justificación Ambiental

De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua, en nuestro país, el 76% de los recursos hídricos disponibles es consumido por la agricultura y que los productores agrícolas utilizan alrededor de 14.000 a 18.000 metros cúbicos de agua por hectárea. Aunque muchos están migrando al riego tecnificado, el uso excesivo de agua es notable, porque no cuentan con suficientes herramientas que permitan determinar el mejor aprovechamiento de este recurso para sus cultivos, ser eficiente en el uso de agua significa producir más con menor cantidad de este recurso. Por eso se deben aplicar medidas que eviten las pérdidas y reduzcan la cantidad de agua utilizada. (ANA, 2018).

Es importante mencionar que, actualmente la Poza la Arenilla ubicado en el distrito de la Punta Callao, presenta floraciones de algas verdes de especie (*Ulva lactuca*) la cual se desencadena por aumento de contaminación por nutrientes ocasionados por actividades urbanas acelerando la eutrofización de las aguas costeras, deteriorando la calidad del agua y liberando toxinas que a menudo conducen a la pérdida de especies acuáticas, por ello es importante la aplicación de nuevas medidas de aprovechamiento de las algas marinas residuales.

Conforme a lo mencionado, la presente investigación plantea una solución biotecnológica al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) en los cultivos, lo cual permitirá un uso eficiente de agua en zonas agrícolas y como consecuencia mejorará su rendimiento y evitará la pérdida de reservas del recurso hídrico.

1.4.3. Justificación Científica

Es importante conocer nuevos métodos biotecnológicos como es la presente investigación en la cual se determinó la influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural algas marinas (*Ulva Lactuca*) en el perfil del suelo y se coloca a disposición de las raíces de la lechuga (*Lactuca sativa*) mediante su cultivo, esto permite ahorrar el recurso hídrico para mejorar las condiciones agrícolas que no cuentan con sistemas de riego o canales de irrigación.

1.4.4. Justificación Legal

En cumplimiento del artículo 8 del capítulo I, Título II del Reglamento de la ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos donde menciona que, se debe promover el aprovechamiento sostenible, conservación, protección de la calidad e incremento de la disponibilidad de agua y la protección de sus bienes asociados, así como el uso eficiente de agua, se presenta la investigación Influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva Lactuca*) sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), como nueva tecnología para una mejor gestión del agua.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Teórico

Para efectos de la presente investigación, se realizó una revisión bibliográfica sobre investigaciones relacionadas a la influencia de la capacidad de absorción de hidrogeles naturales y su aplicación en la agricultura como solución a la escasez de agua de riego. Como principales antecedentes se consideró el trabajo de investigación de Lorgio E. Aguilera titulado “Efecto de polímeros algales sobre la productividad de uva de mesa bajo condiciones de riego deficitario” y el de Horacio Andrada titulado “Efecto de la aplicación de copolímeros sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*)”.

1.5.2. Temporal

La presente investigación requirió del proceso de elaboración de un hidrogel natural a base de algas marinas (*Ulva lactuca*), el cual fue aplicado sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), por lo tanto, la presente investigación comprendió un rango de estudio entre los meses de mayo a agosto del 2023.

1.5.3. Espacial

La presente investigación se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Internacional y nacional

Se analizaron diversos antecedentes teóricos y prácticos con relevancia para la investigación a nivel internacional y nacional, que sirven de sustento para cada acápite de esta investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Aguilera, y otros, (2021) en su trabajo de investigación “**Efecto de polímeros algales sobre la productividad de uva de mesa bajo condiciones de riego deficitario**”, tuvo como objetivo evaluar el efecto de una mezcla de alginato y ulvano sobre la productividad de uva de mesa cultivada bajo riego deficitario. La metodología usada para esta investigación consistió en elaborar hidrogel algal (HGA), mediante la obtención de alginato a partir de un subproducto industrial de frondas y estipes de *Lessonia berteriana/spicata* (ex *Lessonia nigrescens*) y *Lessonia trabeculata* y la obtención de ulvano a partir algas verdes del género *Ulva*, mediante la metodología modificada de Robic A., el extracto líquido obtenido y elaborado mediante procedimientos experimentales dio como resultado el hidrogel algal. Para evaluar el efecto de la adición de hidrogel algal y el riego deficitario sobre la productividad de uva de las plantas de vid, se implementó un diseño experimental que consistió en elegir al azar 24 plantas de vid dentro del cultivo. A 12 de las plantas se les adicionó HGA en una dosis equivalente a 500 g/m³ suelo, en la zona radicular entre 0 y 20 cm de profundidad bajo la línea de gotero. A 6 de estas plantas y a otras 6 que no recibieron HGA, se regaron con un 67% del volumen de riego definido por la evapotranspiración del cultivo (*ETc*), resultando los siguientes tratamientos: tratamiento 1 (control): 100% reposición *ETc*, tratamiento 2: 100% reposición *ETc* + HGA, tratamiento 3: 67% reposición *ETc* y tratamiento 4: 67% reposición *ETc* + HGA. La adición de HGA fue al inicio de cada mes a lo largo de toda la temporada (agosto 2019 – febrero 2020). Se analizaron parámetros químicos (Materia orgánica, P, N, Fe, K, conductividad eléctrica en extracto, contenido volumétrico agua, entre otros). En conclusión, el HGA mejoró los niveles de algunos nutrientes de los suelos cultivados con *Vitis vinifera* var. Thompson Seedless, bajo riego deficitario.

Además, este polímero algal presentó un efecto dual sobre los microorganismos del suelo, estimulando por una parte el crecimiento y actividad de microorganismos benéficos y por otra disminuyendo el desarrollo de nematodos móviles. El hidrogel algal tuvo un efecto positivo sobre la productividad de uva de mesa estudiada, permitiendo obtener una mayor producción de uva en plantas cultivadas bajo restricción hídrica en comparación a plantas sin adición del polímero algal.

Andrada, y otros, (2018) en su investigación titulada “**Efecto de la aplicación de copolímeros sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)**” tuvo como objetivo evaluar la capacidad de retención hídrica del copolímero de acrilamida y acrilato de potasio, como mejorador de la implantación y crecimiento de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones controladas. La metodología usada para esta investigación consistió en comparar dos tratamientos con dosis de 25 y 50 kg. Ha⁻¹ versus un testigo de control, obteniendo tres tratamientos: T₀, T₁ y T₂, con el fin de determinar si el uso de dicha enmienda mejoraba la producción del cultivo. El efecto de los factores de estudio (emergencia, la supervivencia, el peso fresco y seco de la parte aérea del cultivo y el contenido de humedad del suelo) sobre el crecimiento de las plantas se determinó mediante el Análisis de Varianza y la prueba de comparación de medias mediante Tukey ($\alpha = 0,05$ y $0,01$), utilizando el software estadístico InfoStat versión 2008. En conclusión, el estudio demuestra que el cultivo de lechuga desarrollado en suelo con la enmienda del copolímero de acrilamida y acrilato de potasio presentó mayor emergencia, crecimiento, supervivencia de plantas y mejores rendimientos del cultivo. Esta enmienda aumenta el contenido de humedad del suelo lo cual se asocia con mayores rendimientos en los agroecosistemas de las regiones semiáridas y áridas.

Milani, y otros, (2017) en su investigación titulada “**Polímeros y sus aplicaciones en la agricultura**” tuvo como objetivo demostrar la importancia y oportunidades para mejorar la aplicación de polímeros en la agricultura. La metodología se basó en una revisión bibliográfica acerca de aspectos

importantes del uso de polímeros en fertilizantes inteligentes, así como de procesos superabsorbentes, bioabsorbentes y biodegradación en agricultura que son ambiental, técnica, social y económicamente sostenibles. En base a la revisión bibliográfica de esta investigación se concluyó que existe una amplia oportunidad para mejorar la aplicación de polímeros en la agricultura, teniendo como oportunidad clave la producción de polímeros inteligentes con propiedades biodegradables y renovables para diversas aplicaciones agrícolas.

Cisneros, (2022) en su investigación titulada **“Diseño de un experimento para la obtención de un hidrogel con agar extraído de algas rojas de deriva de la playa Penacho del Indio, Veracruz”** el objetivo del proyecto fue el diseño de una metodología para la obtención de un hidrogel a partir del agar extraído de algas rojas de deriva de la playa Penacho del Indio, Veracruz. La metodología de este trabajo se dividió en tres secciones: la identificación morfológica de las algas rojas, la extracción de agar y el análisis de las propiedades físicas del hidrogel. Para la extracción del agar, se empleó la metodología de Laura González sobre la extracción de agar de *Gracilaria* spp, de la cual se modificó la cantidad de agua y agar y el tiempo de congelamiento. Se obtuvo un hidrogel al cual se le caracterizaron las propiedades de absorción de agua y pH. El experimento se repitió tres veces, para comprobar la efectividad de la metodología. En conclusión, el proyecto demostró que fue posible obtener un hidrogel a partir de agar extraído de algas rojas de deriva de la Playa Penacho del indio, no obstante, el hidrogel al tener un pH neutro y una capacidad de absorción dentro del promedio, sus aplicaciones se extienden a una posible aplicación biotecnología y biomédica, tales como impresión 3D, uso en el transporte de medicamentos, dentro del área de agricultura, entre otros.

Rivera, (2020) en su investigación titulada **“Evaluación del comportamiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) Y eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio en la granja experimental la pradera, imbabura”**, cuyos objetivos específicos fueron: evaluar la influencia del poliacrilato de potasio en el rendimiento del cultivo, cuantificar la eficiencia del

uso de agua y determinar la rentabilidad económica de los niveles evaluados. El factor en estudio fue niveles de poliacrilato de potasio (0, 0.25, 0.50, y 0.75 g), bajo condiciones climáticas controladas (invernadero). Los datos obtenidos se analizaron bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro niveles y tres bloques. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, longitud de raíz, área foliar, materia seca de la raíz y parte aérea, concentración de clorofila, lámina de riego utilizada, uso eficiente del agua, intervalo de riego, rendimiento y rentabilidad. Los resultados indicaron que el poliacrilato de potasio si influye en el rendimiento de la planta de lechuga, la dosis 0.25 g reflejó un mejor rendimiento que fue de 39 g/planta. No se presentaron significancias en el uso eficiente del agua, pero existió un ahorro en 10.86% en el consumo de agua con la aplicación de 0.50 g poliacrilato. Los resultados permitieron comprobar que el poliacrilato de potasio es una alternativa eficaz para retener el agua en el suelo, los beneficios en producción y en el ahorro hídrico compensan de alguna manera la inversión al utilizar estos retenedores.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Rojas, (2022), en su tesis de investigación titulada **“Síntesis y caracterización de hidrogeles superabsorbentes a base de celulosa, alcohol polivinílico (PAV) y ácido acrílico (AA) con potencial aplicación para la agricultura”**, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar el estudio relacionado con la síntesis y caracterización de hidrogeles superabsorbentes a base de celulosa microcristalina, alcohol polivinílico y ácido acrílico, buscando la incorporación de componentes naturales que brinden a los materiales resultantes un carácter de ecoamigable; además de ofrecer un producto alternativo que contribuya con el desarrollo sostenible, dirigido de manera concientizada hacia la química verde aplicada para la agricultura. La metodología utilizada se basó en una propuesta de diseño de experimento (DOE) con dos factores relación entre CEL/PVA y concentraciones de agente entrecruzante N’N Metilenbisacrilamida (MBA), con tres niveles para cada variable. Los hidrogeles obtenidos fueron evaluados en su capacidad de

hinchamiento/deshinchamiento en agua destilada, soluciones salinas, diferentes pH y temperaturas. Los resultados de hinchamiento en agua destilada mostraron valores entre 211.74 g/g y 575.89 g/g; mientras tanto; en soluciones salinas, se observó un efecto respecto a la carga iónica generando mayor capacidad de hinchamiento para soluciones con iones en el siguiente orden $\text{Ca}^{+2} < \text{Mg}^{+2} < \text{K}^{+} < \text{Na}^{+}$; además, en un medio ácido/básico el hidrogel responde favorablemente alcanzando hinchamientos similares a un medio neutro. Por otro lado, para determinar el comportamiento de deshidratación o liberación de la cantidad de agua absorbida, se sometió el hidrogel hinchado a una temperatura de 40°C apreciándose la reducción de volumen en forma decreciente entre un periodo de 3 a 4 días. En la investigación se concluye que el hidrogel sintetizado a base de celulosa, alcohol polivinílico y ácido acrílico presenta propiedades que favorecen su capacidad de hinchamiento hasta ser definido como superabsorbente, de ese modo puede ser considerado apto para aplicación en la agricultura, además que presenta componentes ecoamigables en su estructura, tal es el caso de la celulosa.

Alvis, y otros, (2019), publicaron la tesis de investigación **“Elaboración de hidrogel como retenedor de agua a partir del alginato extraído de las algas pardas *macrocystis pyrifera*”**, el presente trabajo tuvo como objetivo elaborar un hidrogel a partir del polisacárido obtenido de las algas pardas *Macrocystis Pyrifera*, aprovechando así su capacidad gelificante que tiene el alginato como retenedor de agua. Por otra parte, mediante la extracción del alginato se pretende disminuir la proliferación de algas, el cual también es un gran problema ambiental. La metodología del presente trabajo consistió en la obtención del alginato en 5 etapas, pretratamiento ácido, tratamiento alcalino, precipitado, secado y molienda. A partir del proceso de extracción se obtiene una biomasa seca, donde posteriormente al hidratarlo se forma el hidrogel, analizando las características físicas como el volumen seco de la sal, volumen final hidrata, el tiempo de gelificación y el % de retención de agua. Los resultados demostraron que el % de rendimiento de la prueba 1 fue mayor al realizar el procedimiento con el cloruro de sodio al precipitar, mientras que con la segunda prueba fue

menor, ya que se precipitó con etanol y se obtuvo una menor cantidad, pero la eficiencia del alginato de sodio fue mayor. De acuerdo con la capacidad de retención del hidrogel elaborado, en relación con la primera prueba fue de 97.20% de retención de agua y con la segunda prueba obtuvimos una mayor retención de agua con un caso 98% de retención en un tiempo de 7.5 min, logrando así retener la mayor cantidad de agua con la obtención del alginato de sodio. De la presente tesis se concluye que la elaboración de hidrogel a partir del alginato extraído de las algas *Macrocystis pyrifera*, es una gran alternativa para almacenar o retener agua, debido a que presenta una gran capacidad de retención de agua con un promedio de 97%, logrando así tener una alta eficiencia.

Díaz, (2018) en su proyecto de investigación titulado **“Efecto de tres dosis de hidrogel (poliacrilamida) en la producción del cultivo papa (*Solanum tuberosum*) variedad única en dos tipos, de suelo en el Distrito de San Jerónimo - Andahuaylas región Apurímac”**, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres dosis de hidrogel en la producción del cultivo papa (*Solanum tuberosum*) var. Única, en dos tipos de suelo en el distrito de San Jerónimo - Andahuaylas. La metodología empleada se basó en diseñar bloques completamente al Azar, con arreglo factorial combinatorio de $2 \times 3 + 2$, con tres repeticiones, con 8 tratamientos y 24 unidades experimentales (08 x 03), T₁, T₂, T₃ y T₄ (dosis de hidrogel 14.00, 20.00, 26.00 y 0.00 gr./Tratamiento respectivamente y tipo de suelo arenoso franco) y T₅, T₆, T₇ y T₈ (dosis de hidrogel 14.00, 20.00, 26.00 y 0.00 g/tratamiento respectivamente y tipo de suelo franco arenoso) haciendo un total de 24 parcelas distribuidas completamente al azar. Para encontrar la eficacia de tres diferentes dosis de hidrogel en la producción del cultivo papa (*Solanum tuberosum*) var. única, en dos tipos de suelo, bajo las condiciones que se realizó se evaluó 3 factores: Factor A (tipos de suelo), factor B (dosis de hidrogel) y Factor C (interacción de tipo de suelo x dosis de hidrogel). Según los resultados obtenidos se concluyó que el mejor resultado en cuanto a la dosis de hidrogel, es la dosis media 20 gr/tratamiento con un peso de tubérculo de 24.68 kilogramos, en cuanto el mejor resultado para

el tipo de suelo es el suelo arenoso franco con un peso de tubérculos de 26.49 kilogramos y el mejor resultado para la interacción tipo de suelo x dosis de hidrogel se obtuvo en el tratamiento T₂ (suelo arenoso franco x dosis media de hidrogel) con un peso de tubérculo de 30.60 kilogramos por tratamiento, que representa 106,25 tn/ha.

Ayarza , (2015) en su investigación titulada **“Extracción y caracterización de alginato de sodio procedente del alga parda *Macrocystis sp*”** tuvo como objetivo el estudio de alginato obtenido del alga parda *Macrocystis sp.*, una especie endémica del Perú, además de ello estudiar la optimización del proceso de extracción de alginato de sodio del alga parda *Macrocystis sp.*, obtenida del litoral de la región Ica, en lo referente al rendimiento y a la calidad del producto. el cual contempló tres procedimientos: un pre-tratamiento, una extracción y una purificación. Previamente, el alga se separó en tres partes, según su morfología: hojas, bulbos y tallos. El pre-tratamiento del alga óptimo consistió en un lavado con una solución acuosa de hipoclorito de sodio NaClO 0,5 % por 30 min. En segundo lugar, se realizó un análisis químico del producto final para determinar la composición y estructura del alginato. En tercer lugar, se realizó un análisis de masa molar del alginato por viscosimetría capilar y GPC. Finalmente, se realizó un estudio morfológico del ácido algínico, alginato de sodio y sus derivados de calcio y cobre por microscopía electrónica de barrido (SEM); y un estudio de la degradación del alginato en medio alcalino asistida por microondas.

Liñam, (2023) en su proyecto de investigación titulado **“Uso de hidrogel en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) var. canario centenario bajo riego por goteo en condiciones de la Molina”**, los objetivos del trabajo de investigación fueron determinar el efecto del polímero poliacrilato de sodio en el incremento del rendimiento en frijol canario y determinar su rentabilidad. El diseño estadístico empleado fue un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis de variancia para determinar la existencia de diferencias entre las dosis empleadas. Se encontró que el mejor peso fresco y peso seco de cien semillas se consiguió con la dosis de 10 y 15 gramos respectivamente. Pudiendo

deberse a la mejor apertura del ostiolo que permite el intercambio gaseoso, promoviendo la fotosíntesis oportuna, además de que el polímero reduce la lixiviación de nutrientes. Al realizar el análisis económico se determinó que la dosis de cinco gramos de poliacrilato de sodio es la más rentable para este experimento.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Capacidad Absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*)

Los hidrogeles de los polímeros naturales aplicados a la agricultura, especialmente los polisacáridos, se caracterizan por la capacidad de absorber y retener cantidades de líquidos como hinchamiento e incrementa la capacidad de retención de agua del suelo dosis óptima. (Benitez, y otros, 2015).

2.2.2. Hidrogel natural

Montoya, y otros, (2016) señala que Los polímeros naturales son todos aquellos que provienen de seres vivos como por ejemplo el almidón y la celulosa, en la naturaleza se pueden encontrar una gran diversidad de ellos, están generalmente más asociados al término de biodegradabilidad.

Mogosanu, y otros, (2014) define que los hidrogeles se obtienen generalmente de fuentes naturales (hidrogeles naturales) o se sintetizan mediante reacciones químicas. Los hidrogeles de origen natural, a menudo llamados hidrogeles basados en biopolímeros, tienen algunos atributos idiosincrásicos a diferencia de los hidrogeles sintéticos en términos de biocompatibilidad, biodegradabilidad, no toxicidad y rasgos bioimitadores.

Montesano, (2015) señala que, la mayoría de los hidrogeles tradicionales del mercado son productos a base de acrilato, por lo que no son biodegradables. Debido a la creciente atención por los problemas de protección ambiental, los

hidrogeles biodegradables despiertan un gran interés por su potencial aplicación comercial en la agricultura.

Aguilera, y otros, (2021) en su estudio, menciona que La adición de hidrogel algal mejoró la fertilidad de los suelos y estimuló el crecimiento de bacterias y hongos, principalmente, en los suelos sin restricción hídrica. Se concluye que el uso de hidrogel algal en el cultivo de vides bajo riego deficitario mejora la productividad del cultivo.

Los hidrogeles naturales son una gran promesa para aplicaciones en la actividad agrícola, como materiales inteligentes y algunos fines industriales útiles. (Rahman et al, 2018).

En la **figura 1** se muestra la clasificación de hidrogeles naturales según Rahman et al, (2018).

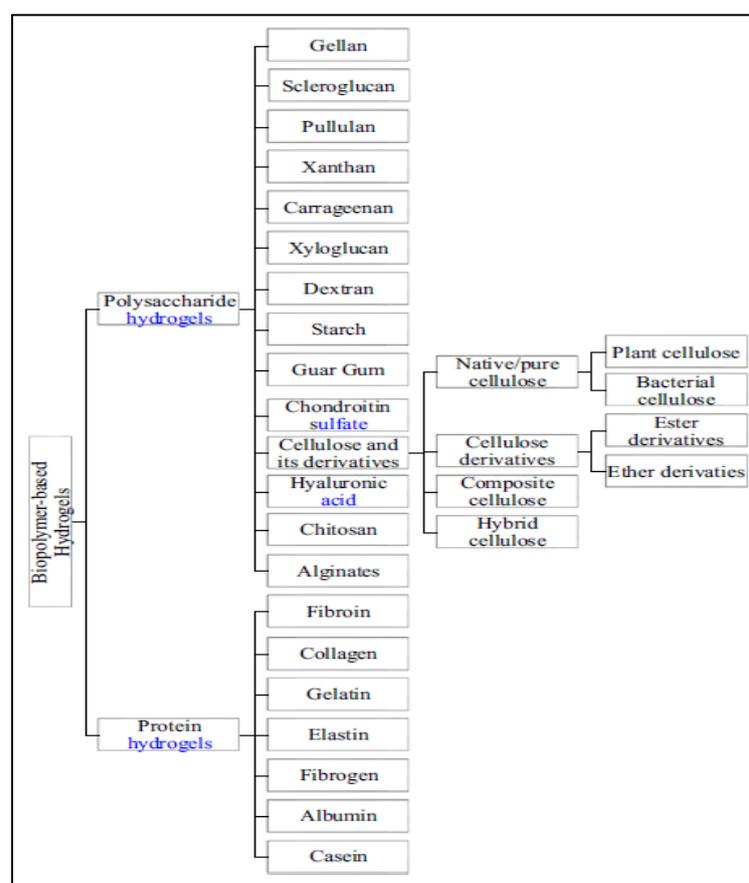


Figura 1 Clasificación de hidrogeles naturales. Tomado de “Materiales de hidrogel a base de celulosa: química, propiedades y posibles aplicaciones”, por (Rahman et al, 2018)

2.2.3. Preparación de hidrogel natural

Los hidrogeles naturales se preparan por entrecruzamiento químico o físico de estos polímeros. El entrecruzamiento químico de polisacáridos (almidón, alginato, quitina, quitosano, celulosa, oligopéptidos y ácido hialurónico) y proteínas (albúmina y gelatina) conduce a una gran variedad de hidrogeles bien definido. (Kinzler, 2002).

Conforme a la **figura 1** es importante mencionar que, el polisacárido mucilaginoso en las algas verdes *Ulva* se llama *ulvan*, que se puede extraer fácilmente en condiciones acuosas. Por lo tanto, es algo similar a la carragenina, que es otro ejemplo de polisacárido sulfatado de algas marinas. (Yoshimura et al, 2005).

Asimismo, se puede considerar a los polímeros biodegradables como alimento para microorganismos. La degradación biológica se produce por la influencia de estos microorganismos, que mediante enzimas pueden descomponer los polímeros. Durante el proceso de metabolismo, el biopolímero en la etapa final, en condiciones aeróbicas, se convierte en agua, carbono, dióxido y biomasa. En caso de condiciones anaeróbicas se convierte en metano, agua y biomasa. La característica de estos productos finales es que no son productos tóxicos y normalmente están presentes en la naturaleza. La primera fase de degradación es la fragmentación, durante la cual el material, gracias a la influencia de factores vivos y no vivos, se desintegra mecánicamente. La segunda fase es aquella en la que podemos hablar de verdadera biodegradación, porque solo aquí la parte ya degradada y fragmentada del polímero se metaboliza en los materiales residuales. Organismos de certificación. (Mexopolimeros, 2005).

Los hidrogeles basados en polímeros naturales pueden tener propiedades mecánicas no óptimas y pueden contener patógenos (según la fuente de obtención) o provocar respuestas inmunes e inflamatorias, pero ofrecen ventajas frente a los polímeros sintéticos debidas a sus inherentes propiedades de biocompatibilidad, biodegradabilidad y reconocimiento biológico celular. En

cambio, los polímeros sintéticos no poseen estas propiedades bioactivas de forma inherente, pero presentan una estructura bien definida que puede modificarse para lograr determinada funcionalidad y controlar su biodegradabilidad. (Lin, 2006).

2.2.4. Características de los hidrogeles

Una propiedad importante de las películas de biopolímeros, y en particular de las películas de polisacáridos, es el grado de hinchamiento, que determina la cantidad de agua absorbida. A medida que aumenta el valor del grado de hinchamiento, aumenta la tolerancia de la película al agua. (Yangqin et al, 2016).

La propiedad más característica de los hidrogeles y que los hace adecuados para cualquiera de sus aplicaciones es su capacidad de hinchamiento. En el estado deshidratado, el hidrogel tiene una estructura cristalina y cuando entra en contacto con un medio acuoso tiende a absorber agua. En la matriz del hidrogel, el contenido en agua aumenta desde el núcleo hacia la superficie, pudiendo distinguirse tres regiones: gomosa blanda (principalmente agua), gomosa relativamente dura (hidrogel y agua) y cristalina (principalmente hidrogel). La primera región está altamente hinchada y es mecánicamente débil, esta capa actúa de barrera frente a la difusión del agua restante; a continuación, la segunda región de la matriz está moderadamente hinchada y es relativamente fuerte; mientras que la tercera región aún no ha sido alcanzada por el agua y permanece en estado cristalino por más tiempo. (Flory, 1953).

El hinchamiento es directamente proporcional a la cantidad de agua captada. Experimentalmente se puede calcular mediante la siguiente fórmula permitiendo hacerlo de manera sencilla mediante gravimetría. (Apolinar, 2010). Ver **figura 2. Ecuación I.**

$$\% \text{hinchamiento} = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100$$

Ecuación I

Figura 2 Determinación del hinchamiento %H obtenido mediante la diferencia de pesos w_t - masa de peso húmedo y w_0 - masa de peso seco, entre la masa de peso seco w_0 - a tiempo t. Tomado de “Síntesis, caracterización y evaluación de hidrogeles de sacarosa”, por (Apolinar, 2010).

Los hidrogeles cuentan con una relación de deshinchamiento la cual puede ser medida mediante la formula de **Ecuación II** presentada en la **figura 3**

$$\text{Relación de deshinchamiento (\%)} = W_t / W_0 \times 100$$

Ecuación II

Figura 3 Cálculo de la relación de deshinchamiento (%) w_t y w_0 representan el peso inicial de la muestra totalmente hinchada y el peso de la muestra durante el deshinchamiento a un tiempo t. Tomado de “Síntesis, caracterización y evaluación de hidrogeles de sacarosa”, por (Apolinar, 2010).

Asimismo, Benitez, y otros, (2015) representa el proceso de sobre hinchamiento de un hidrogel e hinchamiento en equilibrio respecto al tiempo, ver **figura 4**.

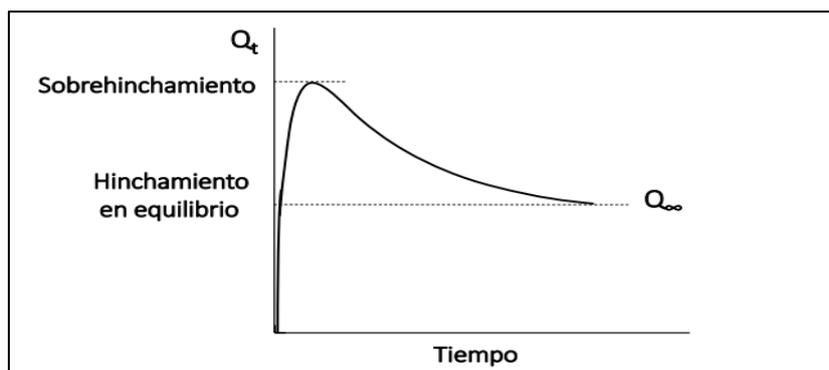


Figura 4 Representación del proceso de sobre hinchamiento de un hidrogel e hinchamiento en equilibrio respecto al tiempo t, grado de hinchamiento - (Q); hinchamiento en equilibrio - Q_∞ . Tomado de “Cinética de absorción y transporte del agua en hidrogeles sintetizados a partir de acrilamida y anhídrido maleico” por (Benitez, y otros, 2015)

2.2.5. Retención de agua en el suelo por la acción de los Hidrogeles

Gonzales, (2007) pág. 18. menciona que los hidrogeles poseen la propiedad de captar agua en cantidades considerables aumentando así su volumen, sin disolverse y manteniendo su forma blanda y elástica; siendo capaces posteriormente de cederla; sin embargo, hay que tener en cuenta que no todos los polímeros que absorben agua son iguales, aunque su aspecto sea muy parecido. Su estructura química, la estructura física de su red y la densidad de ésta pueden variar mucho y afectar a la capacidad de absorción y liberación de agua.

En la **figura 5** se representa la retención del agua en el suelo por la acción de los hidrogeles y de esta forma se consigue aprovechar mejor el agua de la lluvia, la que ya no se pierde tan fácilmente por filtración o por evaporación, haciendo al suelo más productivo. (Gonzales, 2007).



Figura 5 Representación de agua de suelo por la acción de los hidrogeles, Tomado de “Hidrogeles mejoradores de cultivos agrícolas”, por (Gonzales, 2007).

La aplicación de hidrogeles mejora la disponibilidad del agua a las plantas presentando los siguientes beneficios. (Gonzales, 2007).

- Un mejor y más rápido desarrollo radicular de la planta debido a una mayor porosidad, aeración, esponjamiento.
- Autorregulación del consumo de agua por las plantas mismas gracias al sistema de retención de agua de los polímeros hidroabsorbentes, evitando el estrés hídrico que sufrirían ante una falta de riego o una prolongada sequía.
- Un mejor y más profundo arraigo de las raíces.
- Una mayor absorción de los nutrientes por la mayor masa radicular, lo cual producirá plantas más vigorosas y que soportarán mejor las inclemencias del tiempo y las enfermedades.
- La planta tiene una fuente de agua prácticamente a su disposición gracias a la gran capacidad de filtración que tienen los polímeros hidrófilos al absorber el agua.
- Mejor crecimiento de las raíces, foliación y formación de biomasa por los estimuladores de crecimiento.

2.2.6. Algas Marinas

Las algas marinas poseen interesantes propiedades como hidrorretenedoras ya que tienen características fisicoquímicas. (Mundo Acuicola, 2016).

Dreckman, y otros, (2013) mencionan que las algas son un grupo de organismos acuáticos con metabolismo autótrofo que presentan como pigmento fotosintético primario a la clorofila a, característica que comparten con las plantas superiores. Hay dos palabras antiguas relacionadas con el estudio de estos organismos: alga proveniente del latín, que significa “planta acuática”, y phycos, proveniente del griego, que significa “planta marina”. Tanto griegos como romanos diferenciaban a las plantas acuáticas de las terrestres obligadas, únicamente por la sencillez estructural de las primeras.

A pesar de la controversia generada en torno a su clasificación biológica y a su estrecha relación con otros grupos como plantas, bacterias, hongos y

protozoarios, las algas comparten una serie de características comunes que las han mantenido como una gran agrupación artificial (polifilética).

Para la agricultura, son de particular interés aquellos que tienen propiedades de absorber agua como el alginato y aquellos que actúan como elicitores activando respuestas defensivas en las plantas contra patógenos o plagas como el ulvano y que además de provocar un efecto promotor del crecimiento de las plantas, las algas marinas también afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que a su vez influye en el crecimiento de las plantas. Las algas marinas y los extractos de algas mejoran la salud del suelo y la capacidad de retención de humedad promoviendo el crecimiento de microbios beneficiosos para el suelo. (Khan et al, 2009).

Las macroalgas marinas biosintetizan polímeros tales como agaranos, carragenanos, fucanos, alginatos, ulvanos, entre otros (Khan et al, 2009).

Sharma et al, (2014) menciona que las algas y sus extractos se pueden utilizar en el manejo de cultivos para reducir el estrés abiótico y biótico.

Para Milton, (1964) Las algas pueden actuar como quelantes mejorando la utilización de nutrientes minerales por parte de las plantas y mejorando la estructura y aireación del suelo, lo que puede estimular el crecimiento de las raíces.

los extractos de algas mejoran la germinación de las semillas, mejoran el crecimiento de las plantas, el rendimiento, el cuajado de flores y la producción de frutos, así como la vida útil posterior a la cosecha. (Khan et al, 2009).

2.2.7. Alga Verde (*Ulva lactuca*)

Las algas verdes pertenecientes al género *Ulva* son algas marinas comunes que se encuentran abundantemente en todo el mundo y generalmente proliferan en aguas costeras eutrofizadas (Morand, y otros, 1996).

La *Ulva lactuca* es un tipo de alga verde plana de la familia ULVACEAE que se puede encontrar en todo el mundo. Es considerada una de las algas más aprovechables, con aplicaciones que incluyen su uso en alimentación, agricultura, farmacología y medicina. (Jacobsen et al, 2016). En la **tabla 1** se representa la taxonomía del alga verde (*Ulva lactuca*).

Tabla 1 Taxonomía del alga marina (*Ulva lactuca*)

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Chorophyta
Clase	Chlorophyceae
Orden	Ulvales
Familia	Ulvace

Espinoza, y otros, (2021) , menciona que la *Ulva lactuca* es un recurso local abundante y poco aprovechado como fuente de nuevos bioproductos agrícolas, destinados a incrementar el rendimiento, la calidad nutricional y la protección de los cultivos.

Guiry, (2023) indica que el nombre común de la *Ulva lactuca* es lechuga de mar (por su apariencia). En Asia, también se le llama Aosa o Aonori. Es de color verde, con hojas lobuladas y bordes de volantes que se asemejan a una hoja de lechuga que pueden crecer hasta 50 centímetros de largo. Las hojas de la mayoría de las formas de la *Ulva lactuca* tienen solo una o dos células de grosor, por lo que a menudo muestran bordes desgarrados y agujeros perforados. Cuando se seca al sol, el color de las algas puede variar de blanco a negro. En la **figura 6** se presenta una fotografía por microscopía óptica de un talo de *Ulva lactuca*.

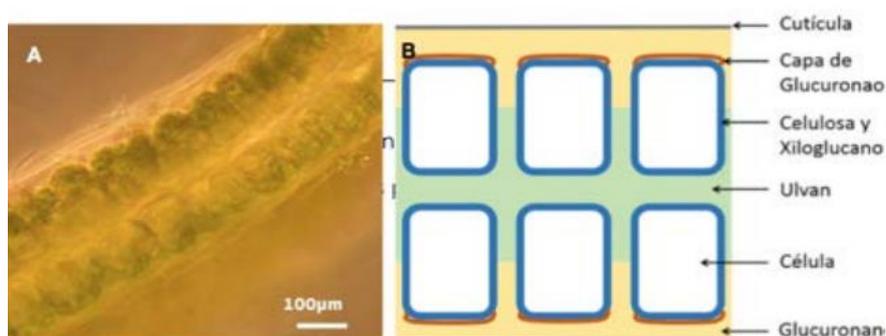


Figura 6 A. Fotografía por microscopía óptica del corte transversal de un talo de *Ulva sp.*, B. esquema de la repartición de los polisacáridos en el alga. Por (Lahaye, 1993).

➤ **Compuestos Bioactivos**

- Macro y microelementos
- Ulvanos (polisacáridos sulfatados)
- Aminoácidos y ácidos grasos
- Reguladores del crecimiento vegetal
- Carotenos y clorofilas

➤ **Polímero ulván o ulvano**

El componente activo fundamental de las algas verdes de especie (*Ulva lactuca*) es la fibra soluble ulván, un polisacárido sulfatado gelificante con actividades biológicas que incluyen inmunomodulador, antiviral, antioxidante, antihiperlipidémico y anticancerígeno. *Ulvan* también tiene la capacidad de modular la señalización celular procesos en los sistemas de plantas y animales que conducen a efectos beneficiosos sobre la productividad, siendo de gran interés como componente de productos para la salud humana agrícolas y biomateriales. (Kitdgell et al, 2019).

El *ulvano* o *ulvan* es un polímero producido por algas verdes con reconocida actividad elicitora en las plantas. Está compuesto principalmente de ramnosa, ácidos glucurónico e idurónico y xilosa, encontrándose la mayoría de las veces distribuido en unidades repetidas de disacáridos. (Jauneau et al, 2010).

Figura 7.

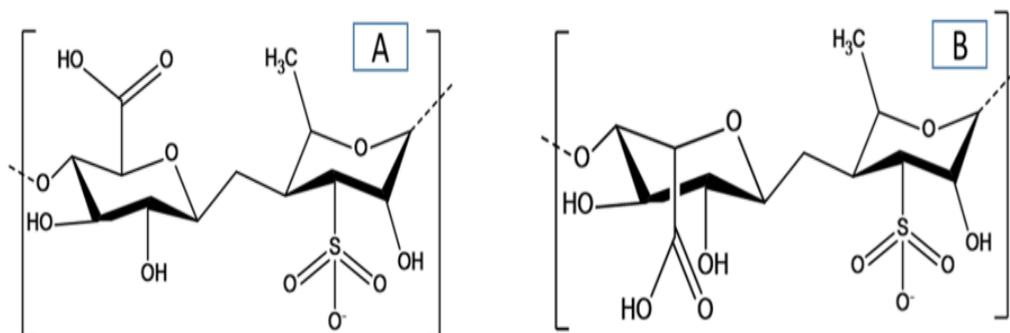


Figura 7 Estructura química del ulvan con las principales unidades repetitivas de disacáridos, A) ácido glucurónico y ramnosa 3-sulfato y B) ácido idurónico con 3-sulfato de ramnosa, por (Lakshmi et al, 2020)

La representación esquemática del mecanismo de gelificación de ulvan presentado en la **figura N° 8** se verifica que la línea representa un material similar a la fibra, que puede estar constituido por proteínas, glucosano y/o segmentos extendidos de ulván.

Las interacciones entre el material similar a la fibra y las estructuras similares a perlas de ulván y el ensamblaje de estructuras similares a perlas pueden implicar interacciones iónicas similares (Robic, 2009).

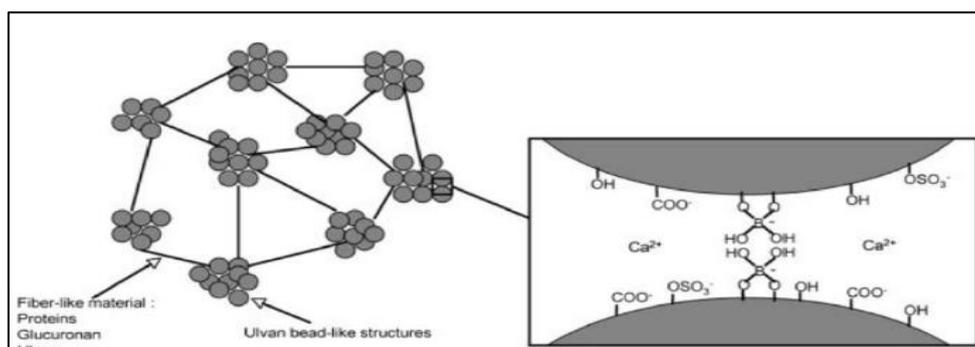


Figura 8 Mecanismo de gelificación del Ulván. Tomado de “Ultraestructura de Ulván: un polisacárido de algas verdes, por (Robic, 2009).

Los polímeros naturales se pueden extraer de algas, bacterias, plantas, animales y otras fuentes naturales.

Lahaye, (1993) menciona que, los polisacáridos de *Ulva* son una fuente de gelificación, formando hidrogeles naturales.

La presencia de polímeros estructurales presentes en las algas marinas tiene propiedades gelificantes y quelantes. Las propiedades gelificantes tienen la función de proveer fuerza y flexibilidad al alga en su ambiente natural la cual dependerá de diversos factores como: la composición de las unidades manométricas que los conforman, así como también de su estructura y tamaño molecular. Estos polímeros son los que se extraen y se utilizan como hidrogeles. Las propiedades quelantes se deben a la habilidad que poseen los polímeros algales debido a que intercambian iones positivos, divalentes y trivalentes en ambientes naturales, formando complejos estables, es por ello que, los hidrogeles actúan combinándose con los iones metálicos presentes en los suelos

formando compuestos de alto peso molecular que absorben humedad, se hinchan y retienen agua mejorando la estructura del suelo, obteniendo mejor aireación y actividad capilar de los poros del suelo estimulando el aumento de la actividad microbiana. (Aguilera, y otros, 2021).

2.2.9. Cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*)

La (*Lactuca sativa*) es una planta herbácea, conocida comúnmente como lechuga, su cultivo se adapta a climas frescos y húmedos los riegos se dan de manera frecuente y con poca cantidad de agua, para evitar la alteración de sus aspectos morfológicos, que provocan que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial. (Salinas, 2013).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) Quintero, (2020) pág. 1 y 3. lo define de la siguiente manera:

Es una planta anual de la familia de las compuestas. La duración del cultivo suele ser de 50-60 días para las variedades tempranas y de 70-80 días para las tardías, como término medio, desde la plantación hasta la recolección.

Sus hojas adoptan, al comienzo de su desarrollo, la forma de roseta, para cerrarse más tarde y formar un «cogollo» más o menos apretado, según variedades. Las hojas son lampiñas, ligeramente dentadas y de formas variadas. A medida que se van cubriendo unas a otras desaparece su contacto directo con la luz, por lo que pierden el color verde. Por otra parte, este color verde variable, ocasionalmente teñido con tonalidades rojizas o violáceas, es característico de cada variedad. Atendiendo a su textura, las hojas pueden ser mantecosas o crujientes, con aspecto ondulado, liso o rizado.

Las flores, hermafroditas, están reunidas en capítulos de color blanco-amarillento, con cinco estambres soldados y un ovario bicarpelar con un solo óvulo que dará origen a la semilla.

La fecundación es autógama. A1 aire libre su fecundación cruzada es del 1 al 2 por 100. El fruto, al que con frecuencia se llama semilla, es

un aquenio de forma alargada y con varias estrías longitudinales es de color blanco o negro, terminando en punta, de 3 a 4 mm de largo y 1 de ancho.

➤ **Características morfológicas**

a) Raíz

La raíz de la lechuga es de tipo pivotante, de hasta 30 cm. Posee un sistema radicular bien desarrollado, estando de acuerdo la ramificación a la compactación del suelo (Suquilanda, 1995).

b) Tallo

La lechuga no presenta tallos notorios, ya que a simple vista pareciera ser que las hojas surgen desde la raíz. Sin embargo, cada hoja de la lechuga está provista de una porción de tallo. (Suquilanda, 1995).

c) Hojas

Sus hojas numerosas ovals, oblongas, brillantes. En variedades de repollo las hojas bajas son grandes y alargadas, que se van apretando hasta tomar forma de repollo o cabeza. (Suquilanda, 1995).

➤ **Exigencias de la planta**

Quintero, (2020) menciona que el cultivo de lechuga requiere exigencias de clima, suelo y agua durante su desarrollo y crecimiento.

Ver tabla 2.

Tabla 2. Exigencias del cultivo de la lechuga

Clima	Suelo	Agua
La lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) es una planta de gran adaptabilidad a distintos climas. Puede vivir a temperaturas de 0° C.; pero cuando ésta baja de los 6° C., suele sentir sus efectos, que si persisten ocasionan lesiones foliares. Por debajo de los 5° C. la lechuga no emite raíces nuevas, pero sí a partir de los 10° C. No obstante, soporta peor las temperaturas elevadas que las relativamente bajas. Los climas excesivamente calurosos provocan con mayor facilidad la emisión de tallos y flores, vulgarmente conocida como «subida a flor» de la planta. La temperatura media óptima para la lechuga oscila entre los 15 a los 20° C.	La lechuga es una planta que se adapta bien a todo tipo de suelos, excepto los que tengan problemas de encharcamiento, siendo los más idóneos los ricos en materia orgánica y de elevada fertilidad, ligeros y bien drenados.	Ya se ha dicho que es muy sensible a los excesos de humedad. Su poco desarrollado sistema radicular hace que soporte también mal la sequía, disminuyendo el tamaño de la lechuga.

Nota: Tomado de “La lechuga, Hojas divagatorias”, por (Quintero, 2020)

2.2.10. Cámara de subirrigación

Es un propagador de bajo costo, de fácil construcción y transporte al área de propagación, muy efectivo y no necesita agua de cañería, ni electricidad.

Mantiene temperaturas del aire y del sustrato dentro de los rangos normales para el enraizamiento de especies forestales. (Mesén, 1998).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Cultivo de la lechuga

El cultivo de la lechuga se adapta a climas frescos y húmedos los riegos se dan de manera frecuente y con poca cantidad de agua, para evitar la alteración de sus aspectos morfológicos, que provocan que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial. (Salinas, 2013).

Con respecto sus características morfológicas estos variarán de acuerdo a la cantidad de humedad que retenga el suelo, sus raíces crecerán muy rápido la cual tiene numerosas raíces laterales de absorción, las hojas tienen forma oblongadas, el diámetro de la lechuga varía entre el ancho de su tallo. En consecuencia, las características principales de la lechuga dependerán del agua a fin de que crezca y se desarrolle en óptimas condiciones.

2.3.2. Capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*)

Los hidrogeles de los polímeros naturales aplicados a la agricultura, especialmente los polisacáridos o polímeros, se caracterizan por la capacidad de absorber y retener cantidades de líquidos como hinchamiento e incrementa la capacidad de retención de agua del suelo dosis óptima. (Benitez, y otros, 2015).

Los polímeros, son polisacáridos que tienen las características de variación de 5 a 7 pH, cuyo hinchamiento se determinará de acuerdo al volumen de retención hídrica mediante la diferencia del peso húmedo y peso seco, sobre el peso seco, cuyo dato tiene gran importancia debido a que se podrá utilizar en sembríos agrícolas utilizando la dosis optima de absorción de acuerdo al área de terreno cultivado, aumentando el tiempo de retención de humedad y facilitar el crecimiento de los sembríos.

2.4. Definición de términos básicos

- **Hidrogel:** Los hidrogeles son geles poliméricos hidrofílicos formados por una red tridimensional que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de

agua, hinchándose y aumentando considerablemente su volumen sin perder su forma, hasta alcanzar su máximo índice de hinchamiento (Ramirez et al, 2016).

- **pH:** unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, más específicamente el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada, el significado de sus siglas es, potencial de hidrogeniones, el pH se ha convertido en una forma práctica de manejar cifras de alcalinidad, en lugar de otros métodos un poco más complicados.

- **Características morfológicas:** Es una planta que tiene raíz pivotante, corta y con ramificaciones, nunca sobrepasa los 25 cm de profundidad, las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado. El tallo es cilíndrico y comprimido y las hojas se ubican muy próximas entre sí, generando el hábito de roseta típico de la familia. (Infoagro, 2000)

- **Hinchamiento:** Implica el movimiento de grandes segmentos de las cadenas del polímero para permitir la incorporación de moléculas de agua, lo que genera una separación macro-molecular lo cual ocasiona el hinchamiento progresivo del gel. (Benitez, y otros, 2015).

- **Cultivo de lechuga:** La lechuga se explota mediante dos sistemas de cultivo sustancialmente diferentes: el extensivo y el tradicional. En el cultivo extensivo de lechuga la siembra es una operación fundamental, ya que se requiere que las semillas caigan al suelo de una en una si son pildoradas, a distancias determinadas y profundidad constante o en líneas perfectas en caso de no ser pildoradas. El tipo de cultivo tradicional puede realizarse mediante una siembra directa en el terreno de asiento y un posterior aclareo, el caso más frecuente es la obtención de plantas en semillero y su posterior trasplante (Japon, 2020).

- **Ulvano:** Son polisacáridos solubles en agua extraídos de las paredes celulares de las algas verdes, principalmente de especies pertenecientes al complejo Ulva – Enteromorpha. (Lahaye, 1993).
- **Polisacáridos:** Es un tipo de polímero natural que se compone de la repetición de monosacáridos unidos por enlaces covalentes o también llamados enlaces glucosídicos. (Santider et al, 2014).

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis (general y específica).

Hipótesis General

- La capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

Hipótesis Específica

- El grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.
- La aplicación de la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.
- La variación de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) serán favorables al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), Callao.

3.1.1. Operacionalización de variables

Variable independiente: Capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*).

Variable dependiente: Cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

Tabla 3 Matriz de operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE/ÍTEM	METODO	TECNICA
Variable independiente (X): Capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>).	Los hidrogeles de polímeros naturales aplicados a la agricultura, tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua que condicionan el hinchamiento y su dosis optima determina la capacidad de retención de agua del suelo. (ESTRADA et al, 2012)	La capacidad absorbente de agua de un hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), se mide a través del grado de hinchamiento, presenta características físicas que se miden con instrumentos analíticos, cuya dosis óptima que se medirá de acuerdo a la cantidad de hidrogel hidratado y el tiempo de retención de agua del suelo.	Hinchamiento	- pH	(5 – 7)	Potenciómetro	TACUSSEL LPH 230T
				- Gramos de hidrogel	- 0.11g - 0.22g	Gravimétrico	ASTM D4442
				- Tiempo de retención de humedad	- 30min - 90min - 120min	Cronológico	Observación
			Dosis optima	- Cantidad de hidrogel	- 2 g - 4 g - 6 g	Gravimétrico	ASTM D4442
				- Tiempo de toma de datos	- 7 días - 14 días - 21 días	Cronológico	Observación
Variable dependiente (Y): Cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	La (<i>Lactuca sativa</i>) es una planta herbácea, conocida comúnmente como lechuga, su cultivo se adapta a climas frescos y húmedos los riegos se dan de manera frecuente y con poca cantidad de agua, para evitar la alteración de sus aspectos morfológicos, que provocan que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial. (Salinas, 2013)	El cultivo de <i>Lactuca sativa</i> se evaluará de acuerdo a las características morfológicas de la especie usando como indicadores el tamaño, peso y número de hojas en el tiempo de crecimiento.	Características morfológicas	- Altura de la lechuga	cm	Cinta métrica	Calculadora
				- Diámetro de la lechuga	cm	Cinta métrica	Calculadora
				- Número de hojas	-	Conteo manual	Conteo manual

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Debido a que la investigación es experimental y cuenta con más de dos grupos Inter sujetos, primero se evaluó el grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) manipulando los gramos de hidrogel obtenidos en tres tiempos de retención de humedad, es importante mencionar que, para la determinación del hinchamiento se utilizó el modelo analítico de diseño de nomenclatura factorial de 2 factores A y B con 2 niveles para A y 3 niveles para B. Obteniendo un total de 6 tratamientos con 18 unidades experimentales tal como se representa en la **figura 9**.

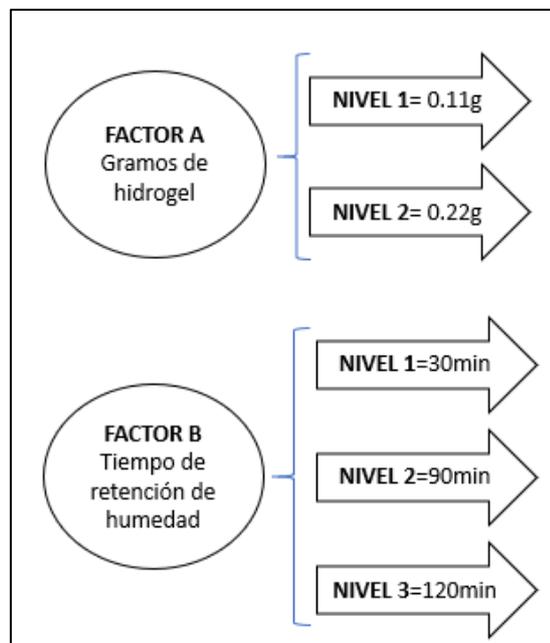


Figura 9 Modelo Analítico I

En la **tabla 4** se presenta la matriz de diseño 1 los cuales representan dieciocho (18) unidades experimentales evaluados.

Tabla 4 Matriz de diseño 1

Corrida experimental	Tratamientos	Gramos de hidrogel (g)	Tiempo de retención de humedad (min)
1	Tratamiento 1	0.11	30
2		0.11	30
3		0.11	30
4	Tratamiento 2	0.22	30
5		0.22	30
6		0.22	30
7	Tratamiento 3	0.11	90
8		0.11	90
9		0.11	90
10	Tratamiento 4	0.22	90
11		0.22	90
12		0.22	90
13	Tratamiento 5	0.11	120
14		0.11	120
15		0.11	120
16	Tratamiento 6	0.22	120
17		0.22	120
18		0.22	120

Continuando con el proceso de información, se evaluó el crecimiento de las características morfológicas (altura, diámetro y número de hojas) de la lechuga (*Lactuca sativa*) manipulando la cantidad de hidrogel hidratado en tres tiempos, como valor máximo la denominación de 1 y para considerar el valor mínimo será de -1. **Tabla 5.**

Tabla 5 Factores y niveles

Factores (k)	Niveles		
	-1	0	1
Cantidad de hidrogel hidratado (g)	2	4	6
Tiempo de toma de datos (días)	7	14	21

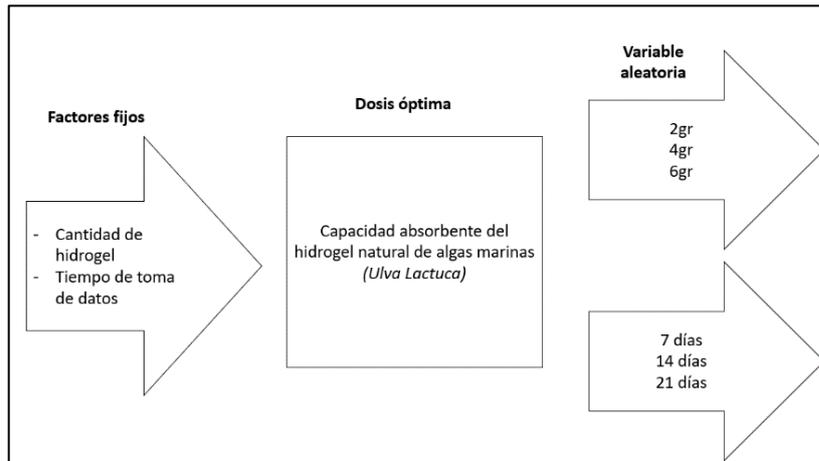


Figura 10 Modelo analítico II

En la **figura 10** se muestra esquemáticamente el modelo analítico II que explica el diseño experimental, el cual se entiende como aquel modelo matemático basado en la varianza de los grupos independientes o intersujetos. Este modelo analítico es tipo de diseño factorial 3^k con 2 factores, las cuales son (Cantidad de hidrogel hidratado/tiempo de toma de datos), se realizaron 3 tratamientos con tres repeticiones.

Para determinar el número de muestreos se utilizó la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de pruebas} = A^k \times 3$$

Donde:

A: es el número de niveles

K: es el número de factores

Replicas: para este caso se realizará 3 réplicas. A continuación, se muestra los valores asignados para el diseño metodológico haciendo un total de 27 unidades experimentales, con nueve (09) tratamientos, ver **tabla 6**.

Tabla 6 Matriz de diseño 2

Corrida experimental	N° de Tratamientos	Cantidad de hidrogel hidratado (gr)	Tiempo de toma de datos (días)
1		2	7
2	Tratamiento 1	2	7
3		2	7
4		4	7
5	Tratamiento 2	4	7
6		4	7
7		6	7
8	Tratamiento 3	6	7
9		6	7
10		2	14
11	Tratamiento 4	2	14
12		2	14
13		4	14
14	Tratamiento 5	4	14
15		4	14
16		6	14
17	Tratamiento 6	6	14
18		6	14
19		2	21
20	Tratamiento 7	2	21
21		2	21
22		4	21
23	Tratamiento 8	4	21
24		4	21
25		6	21
26	Tratamiento 9	6	21
27		6	21

Los datos obtenidos y la representación del grado de hinchamiento y el tratamiento óptimo de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva Lactuca*) fueron procesados a través del programa Minitab 19.

4.2. Método de investigación

El método de la presente investigación es deductivo debido a que consiste en extraer razonamientos lógicos de aquellos enunciados ya dados, en síntesis, este método va de la causa al efecto, de lo general a lo particular, es prospectivo

y teórico; comprueba su validez basándose en datos numéricos precisos. (Barchini, 2006).

La presente investigación es de tipo aplicada porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez se adquieren otros después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. (Murillo, 2008)

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que se fundamenta en un esquema deductivo y lógico, que busca formular preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente probarlo. (Sampieri, 2014)

El nivel de investigación es explicativo porque se encarga de buscar la razón de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa efecto. (Arias, 2015)

El diseño de la investigación es experimental debido a que es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento. (Arias, 2015), es por ello que, la presente investigación abordó la elaboración de algas marinas (*Ulva lactuca*), como absorbente de agua para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

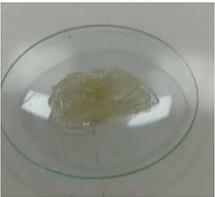
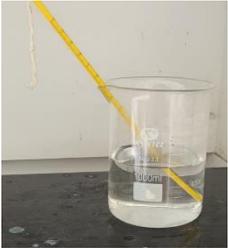
4.2.1. Materiales y equipos

4.2.1.1. Materiales para elaborar hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*)

A continuación, se describen los materiales, insumos, equipos y reactivos utilizados en la investigación, ver **tabla 7**.

Tabla 7 Materiales, equipos y reactivos

Materiales, Equipos y Reactivos	Descripción	Fotografía
Probeta	Probeta graduada con base hexagonal Material: Vidrio borosilicato 3.3. Capacidad: 100 ml	
Vasos precipitados	Vasos precipitados graduados. Material: Vidrio Capacidad: 250ml	
Mortero y pilón	Material: Porcelana Color: Blanco Capacidad: 300ml	
Tamiz	Malla metálica de acero inoxidable, con dimensiones: Izquierda: 4 mm y Derecha: 1 mm	

Luna de reloj	Material: vidrio	
Papel Aluminio	Grosor inferior: 0.2mm Material: hoja fina de aluminio	
Bagueta	Material: vidrio Diámetro: 6mm Longitud: 40cm	
Matraz Erlenmeyer	Capacidad: 250ml Material: borosilicato Resistente al calor	
Termómetro de mercurio para laboratorio	Material: tallo de vidrio sólido Extremo superior: con anillo Color: amarillo Rango de temperatura: -10 a 150 °C	
Embudo	Material: Vidrio pírex Vástago: 6.5cm Diámetro: 0.8cm Ángulo: 65°	

Placa petri	<p>Altura baja: 1cm Material: Vidrio Diámetro: 10cm</p>	
Papel filtro	<p>Modelo: Whatman 40 Cantidad: 100 und Diámetro: 125mm</p>	
Balanza analítica	<p>Marca: OHAUS Modelo: Adventurer Capacidad: 120 g</p>	
Estufa eléctrica	<p>Marca: Memmert Modelo: XMTD Material: Acero inoxidable Volumen interior: 32 a 1060 litros Rango de temperatura: 0 - 300 °C</p>	
Balanza de humedad	<p>Marca del equipo: OHAUS Modelo: MB-120 Tamaño del plato: 90mm Contenido de lectura de humedad 1mg/0.01% Capacidad: 120 g</p>	

<p>Medidor de pH</p>	<p>PHmetro de mesa Marca: Sper Scientific 860031 Nivel de pH: 0 a 14pH Puntos de calibración: 5</p>	
<p>Agitador magnético</p>	<p>Marca: Benchmark Scientific h3760 Rango de T°: 0 a 380°C Rango de velocidad: 200 A 2500 rpm</p>	
<p>Ácido Clorhídrico</p>	<p>Concentración: 0.1M</p>	
<p>Hidróxido de Sodio</p>	<p>Concentración 0.1M</p>	
<p>Agua destilada</p>	<p>Capacidad: 1000ml</p>	
<p>Algas marinas</p>	<p>Especie: <i>Ulva lactuca</i></p>	

4.2.2. Procedimiento

En la **figura 11** se representa las dos fases de ejecución que se efectuaron en la presente investigación.

a) Fase I

- 1) Elaboración de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva Lactuca*).
- 2) Evaluación del grado de hinchamiento del hidrogel natural

b) Fase II: Cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

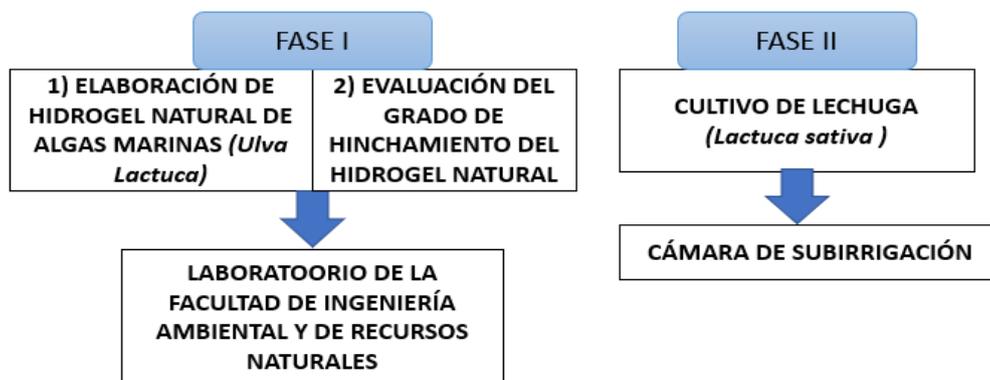


Figura 11 Fases de ejecución de la investigación

4.2.2.1. FASE I

A) Procedimiento de elaboración de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*).

La elaboración del hidrogel natural, se inició con la extracción del polímero ulvano de las algas marinas (*Ulva lactuca*) siguiendo la metodología modificada de Lahaye, (1993), la cual consistió de cinco (05) etapas, representada en el siguiente esquema. Ver **figura 12**.

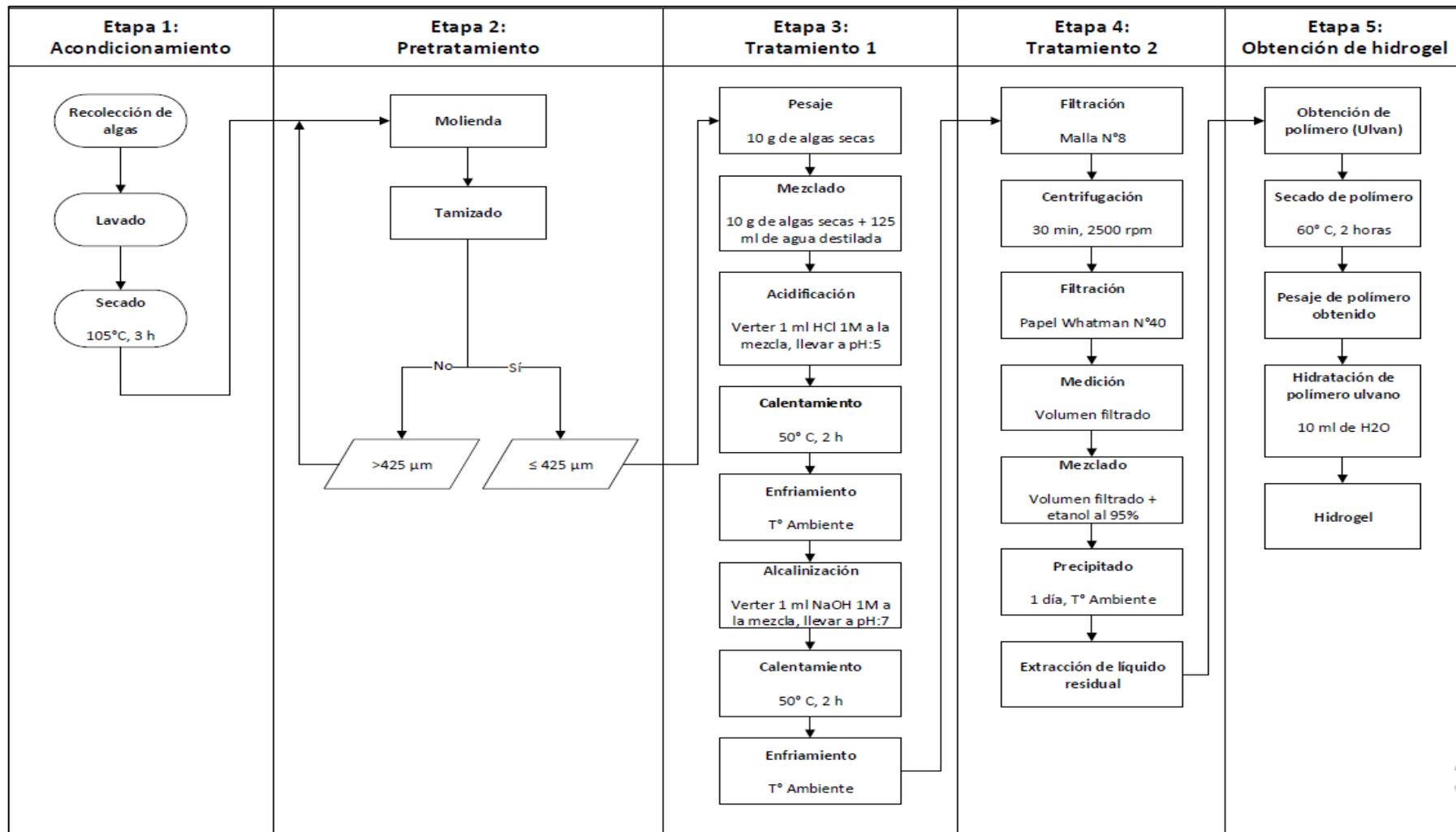


Figura 12 Etapas para la elaboración de Hidrogel natural

A continuación, se describe las 5 etapas desarrolladas:

Etapa 1: Recolección de algas marinas (*Ulva lactuca*) y acondicionamiento

En esta etapa se recolectaron las algas marinas (*Ulva lactuca*) de la Poza la Arenilla, La Punta Callao, posteriormente se seleccionaron y se lavaron a temperatura ambiente (T° amb.), la muestra de algas se secó al aire libre por un (01) día y se tomó el peso inicial de 30g, continuando con el procedimiento se secó la muestra en una estufa a 50°C por 3h.

Etapa 2: Pretratamiento

Posterior al secado se trituró la muestra de algas secas empleando un mortero, con la finalidad de conseguir partículas más finas se procedió a tamizar haciendo uso de un tamiz de malla N°40 (425µm).

Etapa 3: Tratamiento 1

Se pesaron 10g de algas secas y se suspendió en 125ml de agua destilada, para la pre extracción acida o (Acidificación) se añadió 1ml de HCl (ácido clorhídrico) con concentración de 1M, llevando la solución a pH=5.

La muestra se colocó en un agitador magnético a 250rpm, 50 °C por dos (02) horas, luego se enfrió a T° ambiente.

Para la pre extracción alcalina o (Alcalinización) se añadió 1ml de NaOH (Hidróxido de Sodio) con concentración de 1M, llevando la solución a pH=7, posterior a ello se colocó en un agitador magnético a 250rpm, 50°C por dos (02) horas y luego se enfrió a T° ambiente.

Etapa 4 Tratamiento 2

Posterior al enfriamiento se filtró la muestra por primera vez con uso de una malla gruesa N° 8 y luego fue llevado a una centrífuga por 30min a 2500rpm.

El extracto obtenido se filtró por segunda vez haciendo uso de papel Whatman N° 40 obteniendo finalmente un volumen de 50ml.

A la solución obtenida se añadió etanol al 95% y se dejó precipitar por un (01) día a T° Ambiente, posteriormente se extrajo el líquido residual dejando el sobrenadante.

Etapa 5: Obtención de Hidrogel

Posteriormente se secó el sobrenadante a 60°C por dos (02) horas y como producto final se obtuvo 0.9785g. de polímero de ulvano.

Para la obtención de hidrogel natural se hidrató el polímero obtenido hasta llegar a los pesos de 2gr, 4gr y 6gr.

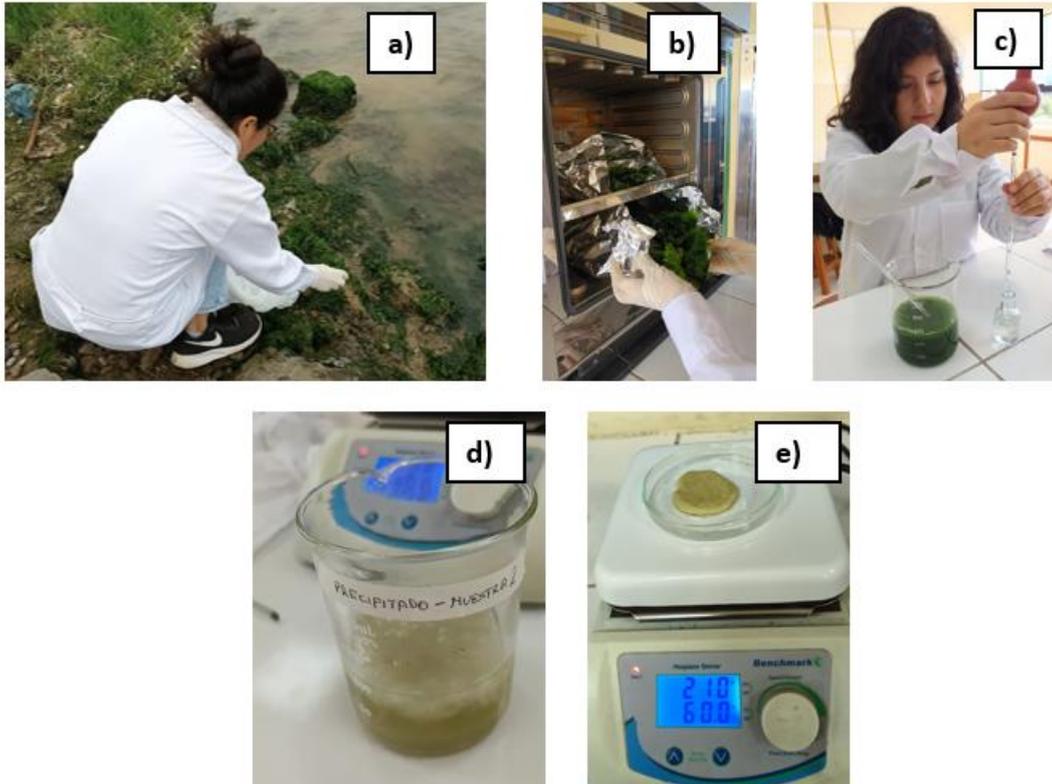


Figura 13 Elaboración de hidrogel natural, a) recolección de algas marinas (*Ulva lactuca*), b) secado de las algas, c) aplicación de HCl, d) precipitación del polímero ulvano, e) secado del polímero.

B) Evaluación del grado de hinchamiento del Hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*)

Para la evaluación del grado de hinchamiento, se tomaron como referencia 0.11g y 0.22g de polímero ulvano obtenido, los cuales fueron sometidos a 10ml de agua, se tomaron los datos del peso húmedo en los tiempos de 30, 90 y 120min, con tres repeticiones por cada uno, obteniendo un total de seis (06) tratamientos.

Los cálculos para la obtención del grado de hinchamiento se efectuaron mediante la fórmula representada en la **figura 2**.

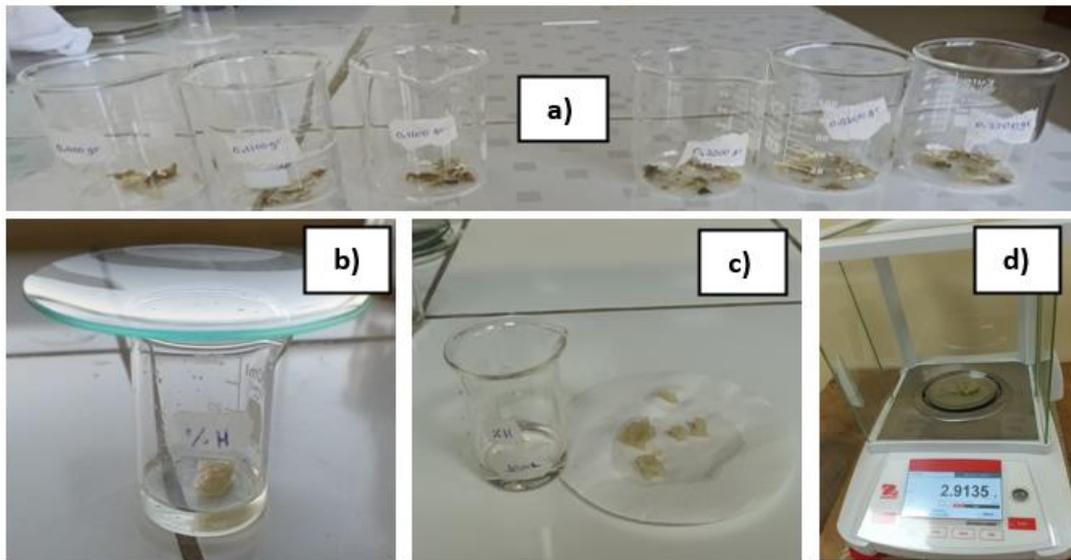


Figura 14 Evaluación del grado de hinchamiento, a) tratamientos de 0.11g y 0.22g de hidrogel natural, b) hidratación de polímero ulvano con 10ml de agua destilada, c) Obtención de hidrogel natural, d) pesado del hidrogel natural obtenido.

4.2.2.2. FASE II

Procedimiento para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*)

A continuación, en la **figura 15** se presenta el esquema de las etapas para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), por consiguiente en la **figura 16** se presenta el procedimiento de cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

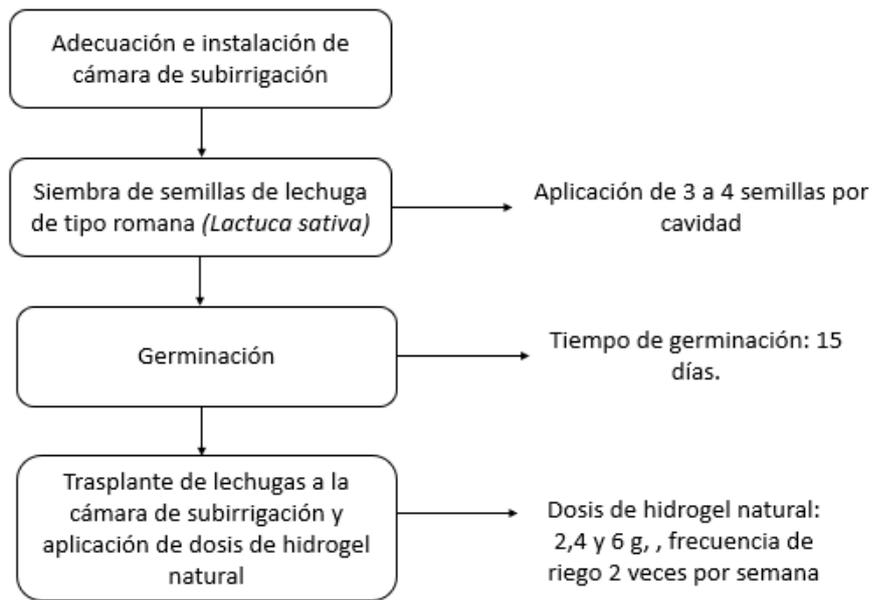


Figura 15 Etapas para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)

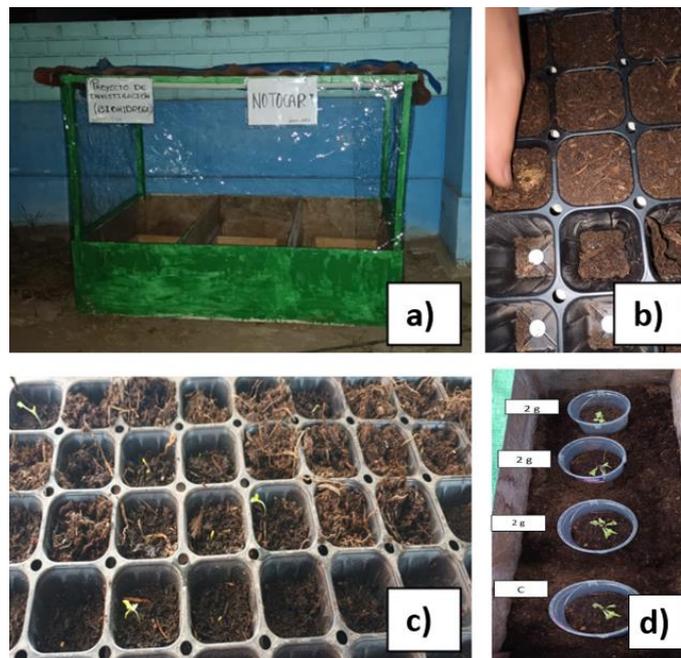


Figura 16 Procedimiento de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), a) Adecuación de cámara de subirrigación, b) aplicación de 3 o 4 semillas de lechuga por cavidad, c) Germinación de lechuga (*Lactuca sativa*), d) Trasplante de lechugas germinadas con aplicación de 2, 4 y 6g de hidrogel.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población se encuentra definida por todos los sujetos, animales, objetos, sucesos etc., que intervienen en el experimento y que forman parte de un grupo con determinadas especificaciones, (Camacho, 2008)

La población de la presente investigación, corresponde a las algas marinas (*Ulva lactuca*) que crecen en el litoral de la Poza la Arenilla del Distrito de la Punta – Callao.

4.3.2. Muestra

En la presente investigación la muestra estuvo conformada por 300 gr de algas que fueron recogidas de la Poza la Arenilla.

4.4. Lugar de estudio

La recolección de las muestras de algas marinas (*Ulva lactuca*) se extrajo de la Poza la Arenilla, la Punta Callao, ubicada geográficamente en 77°07'26" de longitud Oeste y 12°04'03" de latitud Sur, **figura 17**.



Figura 17 Ubicación del punto de recolección de algas marinas (*Ulva lactuca*)

El desarrollo de la elaboración de hidrogel natural y cultivo de la lechuga se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao. Ver **figura 18**.

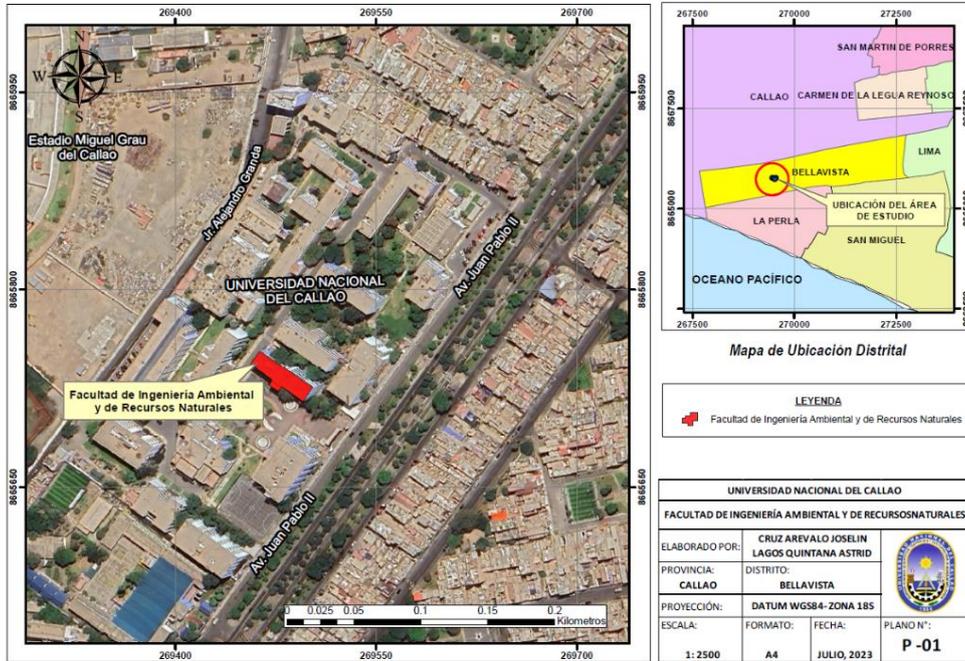


Figura 18 Ubicación del área de estudio

La información de la ubicación del área de estudio se presenta en la **tabla 8**.

Tabla 8 Ubicación del área de estudio

Información	
Departamento	Lima
Provincia Constitucional	Callao
Distrito	Bellavista Callao

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnica

La técnica que se utilizó en la presente investigación fue la de observación, debido a que busca percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación. (Zapata, 2006).

El cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) se realizó en una cámara de subirrigación que permitió mantener las muestras en condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

Los datos fueron recopilados en fichas de recolección de datos de acuerdo a los objetivos planteados.

4.5.2. Instrumentos de recolección de información

1. Fichas de recolección de datos (Anexo 2)

- Se realizaron fichas de muestreo para la recolección de datos durante la determinación del hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) para el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*). (Anexo 2.1.).
- Se realizaron fichas experimentales donde se recolectaron los resultados de medición de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) (Anexo 2.2.).

2. Validación de instrumentos

Los instrumentos se validaron de acuerdo a la metodología de juicio de expertos (Sampieri, 2014) donde se consultó con 2 especialistas en suelos y cultivos agrícolas para que generen una evaluación de los instrumentos propuestos en el proyecto. **(Anexo 3)**

4.6. Análisis y procesamiento de datos

El análisis y procesamiento de datos, se realizó mediante el Software Minitab 19. con el objetivo de evidenciar si las condiciones de operación influyen significativamente en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

Los parámetros que influyen en el equipo son: grado de hinchamiento (%), cantidad de hidrogel hidratado (gr), los cuales influenciaron en las características morfológicas de la lechuga (altura, diámetro y número de hojas).

4.7. Aspectos Éticos en investigación

La presente investigación titulada “Influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), Callao, es auténtica y confiable con respecto a la autoría de otros estudios, cumpliendo con el código de ética de investigación aprobado por RDU N°210-2017-CU y con la directiva N°004-2022-F, ambas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Estadística descriptiva para el grado de hinchamiento del hidrogel

De acuerdo a la **Tabla 9**, se muestran los resultados del grado de hinchamiento obtenidos en base a la preparación de la cantidad de hidrogel de 0.11 y 0.22 g y tiempo de retención de agua de 30, 90 y 120 min, donde se tiene 6 tratamientos en total.

Tabla 9 Medición del grado de hinchamiento.

Tratamientos	Cantidad de hidrogel (g)	Tiempo de toma de datos (min)	Grado de hinchamiento	% Humedad relativa
Tratamiento 1	0.11	30	515.9	83.07
	0.11	30	488.18	82.9
	0.11	30	527.45	84.06
Tratamiento 2	0.11	90	745.72	92.45
	0.11	90	718.72	87.76
	0.11	90	1094	91.62
Tratamiento 3	0.11	120	896	92.74
	0.11	120	1045	92.2
	0.11	120	1175.6	92.16
Tratamiento 4	0.22	30	312.56	77.85
	0.22	30	287.54	74.19
	0.22	30	658.13	86.8
Tratamiento 5	0.22	90	653.26	91.65
	0.22	90	517.22	83.79
	0.22	90	1224.31	92.44
Tratamiento 6	0.22	120	1086.3	92.35
	0.22	120	1196.6	92.28
	0.22	120	1472.36	93.6

En la **Tabla 10**, se muestra la estadística descriptiva de los tratamientos en medidas de medias, error estándar de media, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, valor mínimo, mediana y valor máximo del grado de hinchamiento.

Tabla 10 Estadística descriptiva para obtener el grado de hinchamiento.

Tratamientos	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef Var	Mínimo	Mediana	Máximo
Tratamiento 1	510.5	11.7	20.2	407.3	3.95	488.2	515.9	527.5
Tratamiento 2	853	121	209	43811	24.54	719	746	1094
Tratamiento 3	1038.9	80.8	139.9	19572.3	13.47	896.0	1045.0	1175.6
Tratamiento 4	419	120	207	42897	49.38	288	313	658
Tratamiento 5	798	217	375	140764	47.00	517	653	1224
Tratamiento 6	1252	115	199	39542	15.89	1086	1197	1472

En la **Figura 19**, se muestra que después del tratamiento 6 se llegó a un máximo grado de hinchamiento de 1252% en promedio.

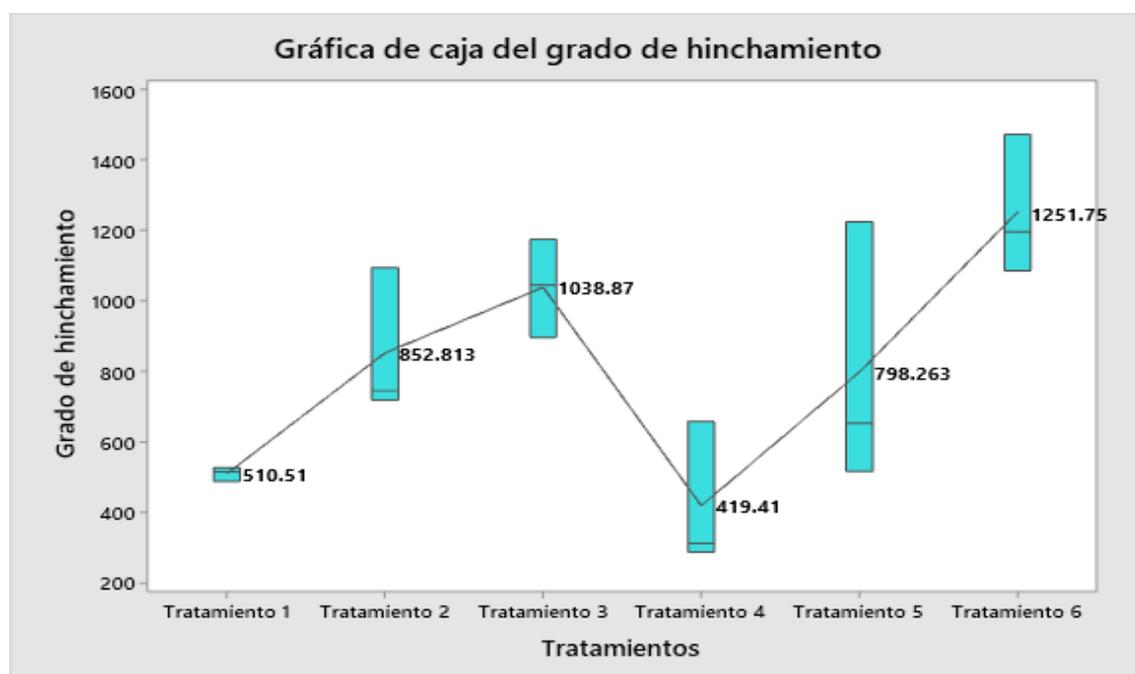


Figura 19 Grafica de caja de grado de hinchamiento vs tratamiento, los resultados obtenidos en software estadístico Minitab 19.

5.1.2. Estadística descriptiva para las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*)

De acuerdo a la **Tabla 11**, se muestran los resultados de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) en base a la altura de la lechuga, diámetro de la lechuga y número de hojas obtenidos por los 9 tratamientos aplicados de los factores cantidad de hidrogel de 2, 4 y 6 g y tiempo de toma de datos de 7, 14 y 21 días. Los resultados de los controles de forma general se reportaron menores que los resultados reportados con los tratamientos.

Tabla 11 Medición de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*).

Tratamientos	Cantidad de hidrogel (g)	Tiempo de toma de datos (días)	Altura de la lechuga (cm)	Diámetro de la lechuga (cm)	Número de hojas
Control	0	7	5.3	6.2	4
	0	14	6.8	8	5
	0	21	8.8	12.1	7
Tratamiento 1	2	7	5.5	6.4	4
	2	7	5.6	6.35	4
	2	7	5.6	6.3	4
Tratamiento 2	2	14	7	8.2	4
	2	14	7.3	8.19	4
	2	14	7.1	8.2	4
Tratamiento 3	2	21	9	12.3	5
	2	21	9.4	12.25	5
	2	21	9.3	12.3	5
Tratamiento 4	4	7	6.1	7.4	5
	4	7	6	7.3	5
	4	7	6.3	7.4	5
Tratamiento 5	4	14	7.8	9.1	6
	4	14	7.6	9.05	6
	4	14	8	9	5
Tratamiento 6	4	21	10.4	13.3	6
	4	21	10	13.2	6
	4	21	10.3	13.25	6
Tratamiento 7	6	7	6.7	9.2	5
	6	7	6.5	9.15	5
	6	7	6.8	9.3	4
Tratamiento 8	6	14	8	11.1	6
	6	14	7.9	11.05	5
	6	14	8.2	11.05	6
Tratamiento 9	6	21	11.5	15	6
	6	21	11.2	14.89	5
	6	21	11.7	14.95	6

En las **Tablas 12, 13 y 14** se muestra la estadística descriptiva de los tratamientos en medidas de medias, error estándar de media, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, valor mínimo, mediana y valor máximo del grado de hinchamiento.

Tabla 12 Estadística descriptiva para obtener la altura de la lechuga.

Tratamientos	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef Var	Mínimo	Mediana	Máximo
Tratamiento 1	5.5667	0.0333	0.0577	0.0033	1.04	5.5000	5.6000	5.6000
Tratamiento 2	7.1333	0.0882	0.1528	0.0233	2.14	7.0000	7.1000	7.3000
Tratamiento 3	9.233	0.120	0.208	0.043	2.25	9.000	9.300	9.400
Tratamiento 4	6.1333	0.0882	0.1528	0.0233	2.49	6.0000	6.1000	6.3000
Tratamiento 5	7.800	0.115	0.200	0.040	2.56	7.600	7.800	8.000
Tratamiento 6	10.233	0.120	0.208	0.043	2.03	10.000	10.300	10.400
Tratamiento 7	6.6667	0.0882	0.1528	0.0233	2.29	6.5000	6.7000	6.8000
Tratamiento 8	8.0333	0.0882	0.1528	0.0233	1.90	7.9000	8.0000	8.2000
Tratamiento 9	11.467	0.145	0.252	0.063	2.19	11.200	11.500	11.700

Tabla 13 Estadística descriptiva para obtener diámetro de lechuga.

Tratamientos	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef Var	Mínimo	Mediana	Máximo
Tratamiento 1	6.3500	0.0289	0.0500	0.0025	0.79	6.3000	6.3500	6.4000
Tratamiento 2	8.1967	0.00333	0.00577	0.00003	0.07	8.1900	8.2000	8.2000
Tratamiento 3	12.283	0.0167	0.0289	0.0008	0.24	12.250	12.300	12.300
Tratamiento 4	7.3667	0.0333	0.0577	0.0033	0.78	7.3000	7.4000	7.4000
Tratamiento 5	9.0500	0.0289	0.0500	0.0025	0.55	9.0000	9.0500	9.1000
Tratamiento 6	13.250	0.0289	0.0500	0.0025	0.38	13.200	13.250	13.300
Tratamiento 7	9.2167	0.0441	0.0764	0.0058	0.83	9.1500	9.2000	9.3000
Tratamiento 8	11.067	0.0167	0.0289	0.0008	0.26	11.050	11.050	11.100
Tratamiento 9	14.947	0.0318	0.0551	0.0030	0.37	14.890	14.950	15.000

Tabla 14 Estadística descriptiva para obtener el número de hojas.

Tratamientos	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef Var	Mínimo	Mediana	Máximo
Tratamiento 1	4.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	4.0000	4.0000	4.0000
Tratamiento 2	4.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	4.0000	4.0000	4.0000
Tratamiento 3	5.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	5.0000	5.0000	5.0000
Tratamiento 4	5.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	5.0000	5.0000	5.0000
Tratamiento 5	5.667	0.333	0.577	0.333	10.19	5.000	6.000	6.000
Tratamiento 6	6.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	6.0000	6.0000	6.0000
Tratamiento 7	4.667	0.333	0.577	0.333	12.37	4.000	5.000	5.000
Tratamiento 8	5.667	0.333	0.577	0.333	10.19	5.000	6.000	6.000
Tratamiento 9	5.667	0.333	0.577	0.333	10.19	5.000	6.000	6.000

En la **Figura 20**, se muestra que después del tratamiento 9 se llegó a una máxima altura de la lechuga de 11.467 cm en promedio.

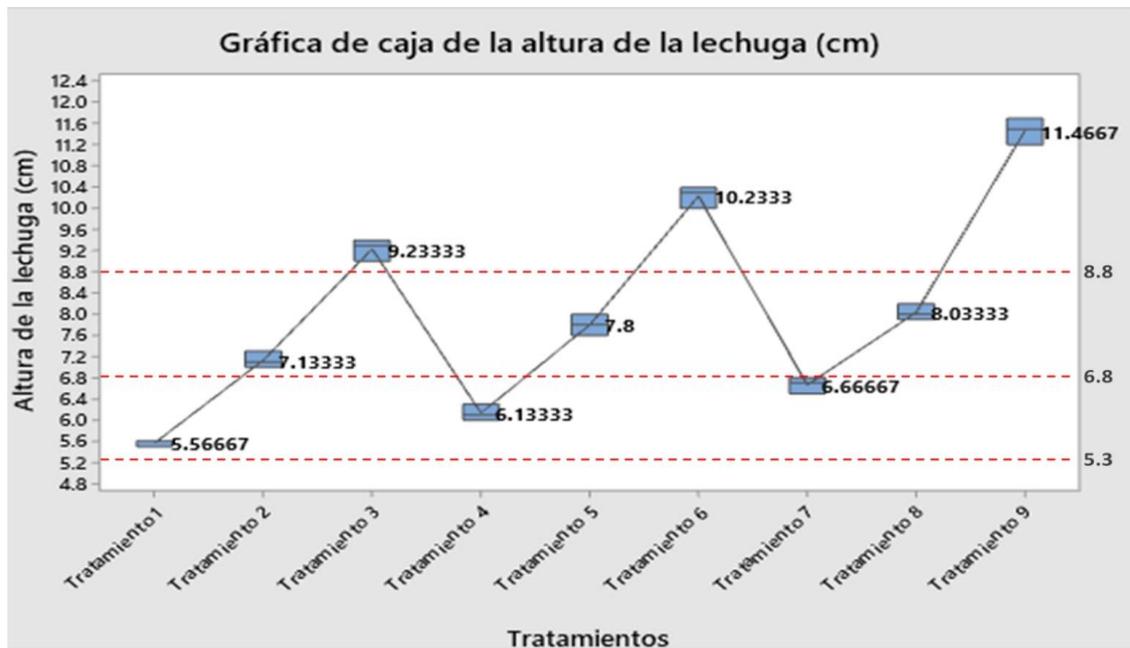


Figura 20 Gráfica de caja de la altura de la lechuga vs tratamientos, resultados obtenidos en software estadístico Minitab 19.

En la **Figura 21**, se muestra que después del tratamiento 9 se llegó a un máximo diámetro de la lechuga de 14.947 cm en promedio.

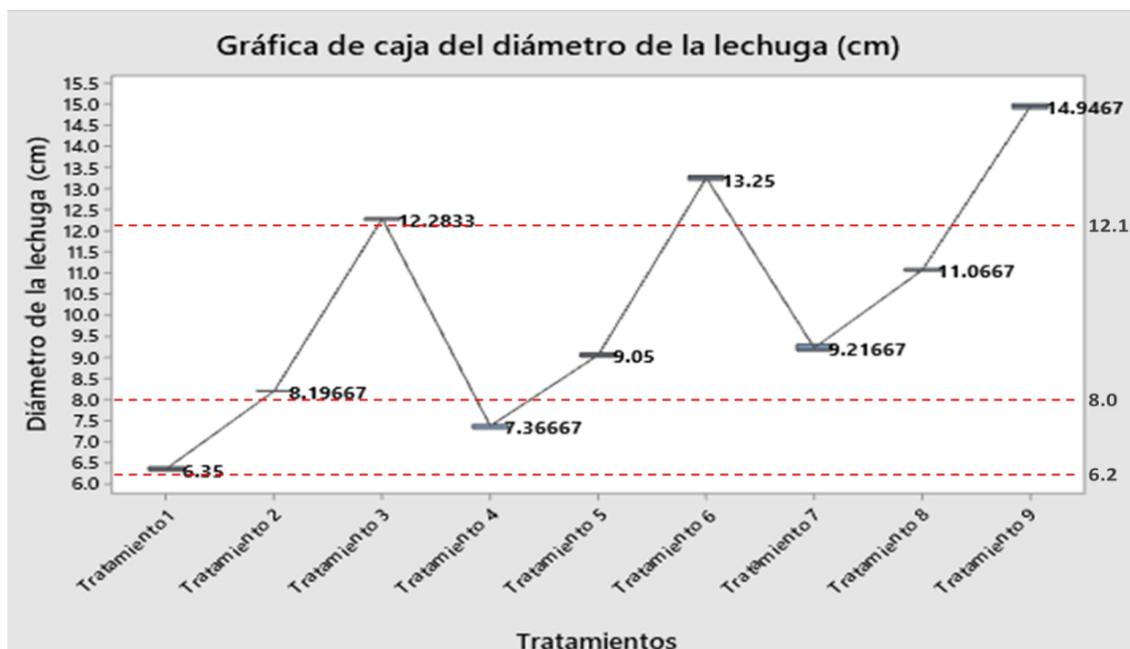


Figura 21 Gráfica de caja del diámetro de la lechuga vs tratamientos, resultados obtenidos en software Minitab 19.

En la **Figura 22**, se muestra que después del tratamiento 6 se llegó a un máximo números de hojas de 6 en promedio.

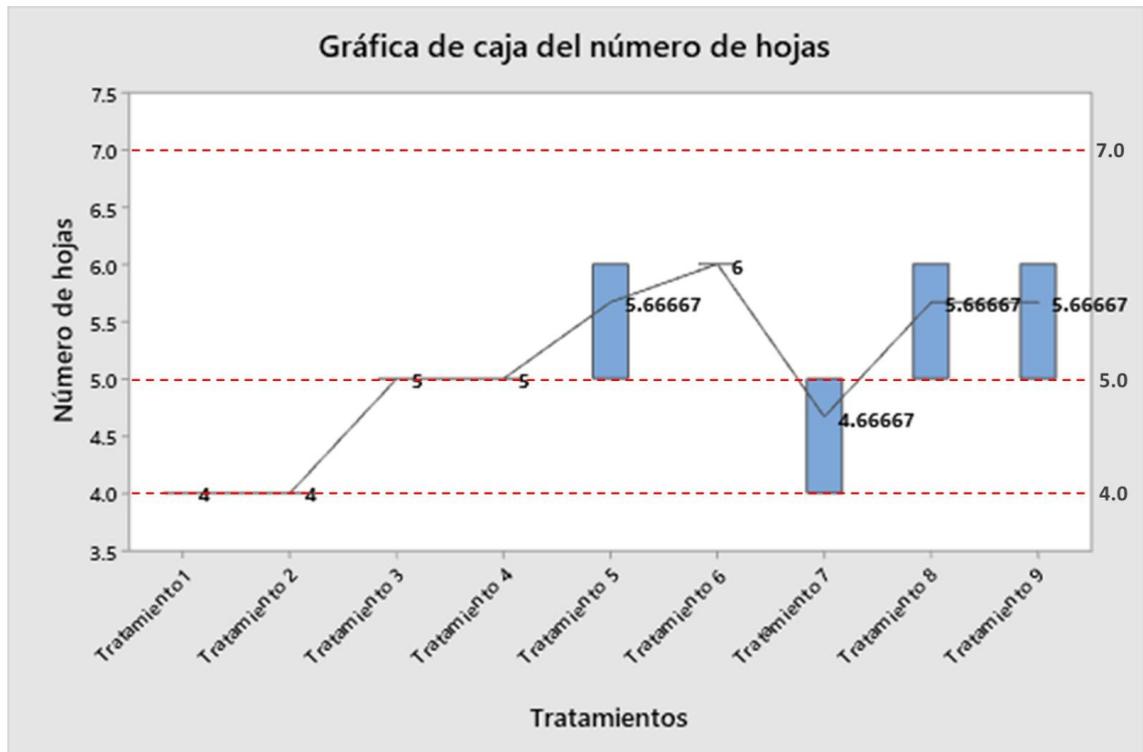


Figura 22 Gráfica de caja del número de hojas vs tratamientos, resultados obtenidos en software Minitab 19.

En las **figuras 20, 21 y 22**, se representa la diferencia de crecimiento de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*), con los controles.

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Prueba estadística inferencial del grado de hinchamiento.

a) Prueba estadística de normalidad de residuales de grado de hinchamiento.

Para una prueba estadística paramétrica se deben de analizar los residuos (e_{ij}) que son generados por la diferencia entre la respuesta observada (Y_{ij}) y la respuesta predicha (\hat{Y}_{ij}) por el modelo en cada tratamiento:

$$e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}$$

Los residuales deben cumplir si son normales, evaluando las hipótesis estadísticas de los residuales en base a la prueba de normalidad de Anderson Darling.

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal del grado de hinchamiento.

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal del grado de hinchamiento.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Figura 23**, para la condición de normalidad, se puede observar que a un intervalo de confianza del 95% los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada con un coeficiente de correlación (AD) = 0.364 y el valor $p = 0.400$ es mayor que el nivel de significancia de 0,05; por lo tanto, no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo se concluye que los datos siguen una distribución normal.

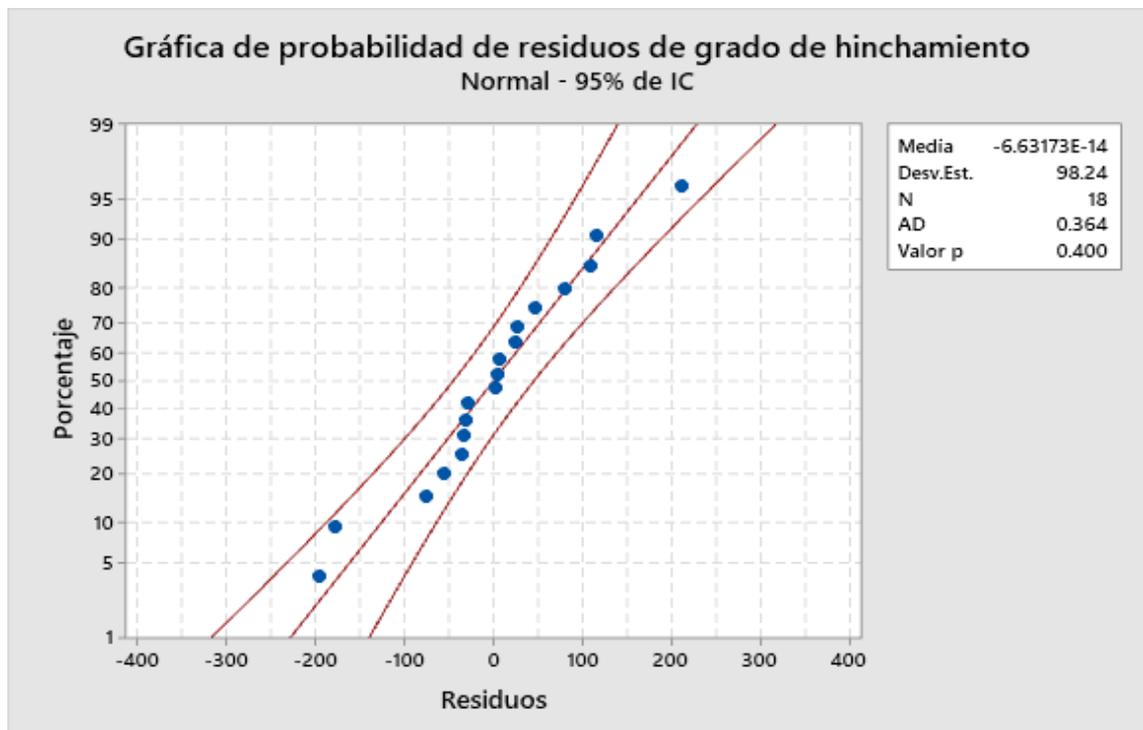


Figura 23 Gráfica de probabilidad normal de residuos del grado de hinchamiento, resultados obtenidos en software Minitab 19.

b) Prueba de hipótesis estadística para el grado de hinchamiento.

Ya que los valores medidos son normales se utilizará la prueba estadística de ANOVA.

Las hipótesis estadísticas son:

$H_0: \tau_1=\tau_2=\tau_3=\tau_4=\tau_5=\tau_6$, todas las medias (promedios) del grado de hinchamiento son iguales.

$H_1: \tau \neq 0$, por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Tabla 15**, para el análisis de varianza, el valor p del factor tiempo de retención es significativo en el grado de hinchamiento ya que es Valor $p < 0.05$ a diferencia de los gramos de hidrogel su influencia es no significativa lo que indica que a diferentes gramos de preparación se tendrá similar grado de hinchamiento del hidrogel.

Tabla 15 Análisis de varianza (ANOVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	1885094	269299	16.41	0.000
Bloques	2	409907	204954	12.49	0.002
Lineal	3	1392554	464185	28.29	0.000
Gramos de hidrogel (g)	1	2260	2260	0.14	0.718
Tiempo de retención (min)	2	1390294	695147	42.37	0.000
Interacciones de 2 términos	2	82633	41317	2.52	0.130
Gramos de hidrogel (g)*Tiempo de retención (min)	2	82633	41317	2.52	0.130
Error	10	164078	16408		
Total	17	2049172			

En la **Figura 24**, la dosis óptima de gramos es de 0.22 g y de tiempo de retención de 120 min, visualizando que a mayor tiempo se retiene mayor cantidad de agua que mejorará el desarrollo y crecimiento a la lechuga por poseer un mayor grado de hinchamiento.

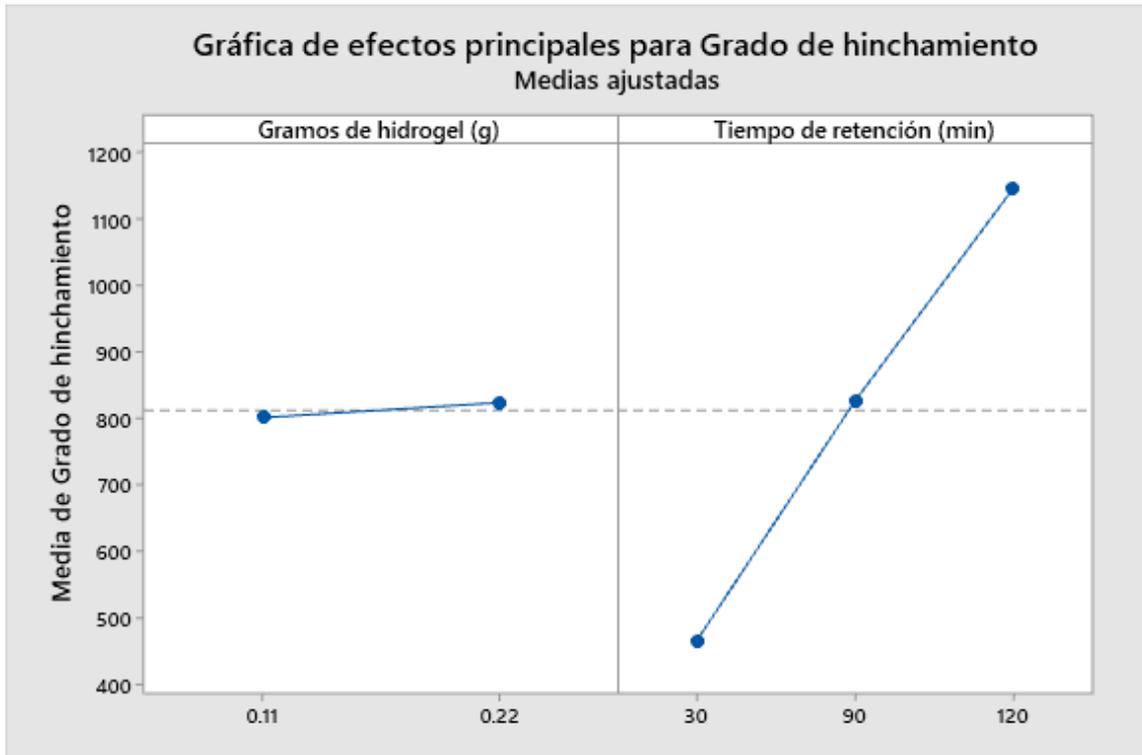


Figura 24 Gráfica de efectos principales para la altura de la lechuga.

5.2.2. Prueba estadística inferencial de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*)

a) Prueba estadística de normalidad de residuales de la altura de la lechuga.

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal de la altura de la lechuga.

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal de la altura de la lechuga.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Figura 25**, para la condición de normalidad, se puede observar que a un intervalo de confianza del 95%, los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada con un coeficiente de correlación (AD) = 0.268 y el valor $p = 0.657$ es mayor que el nivel de significancia de 0,05; por lo tanto, no

hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que, se concluye que los datos siguen una distribución normal.

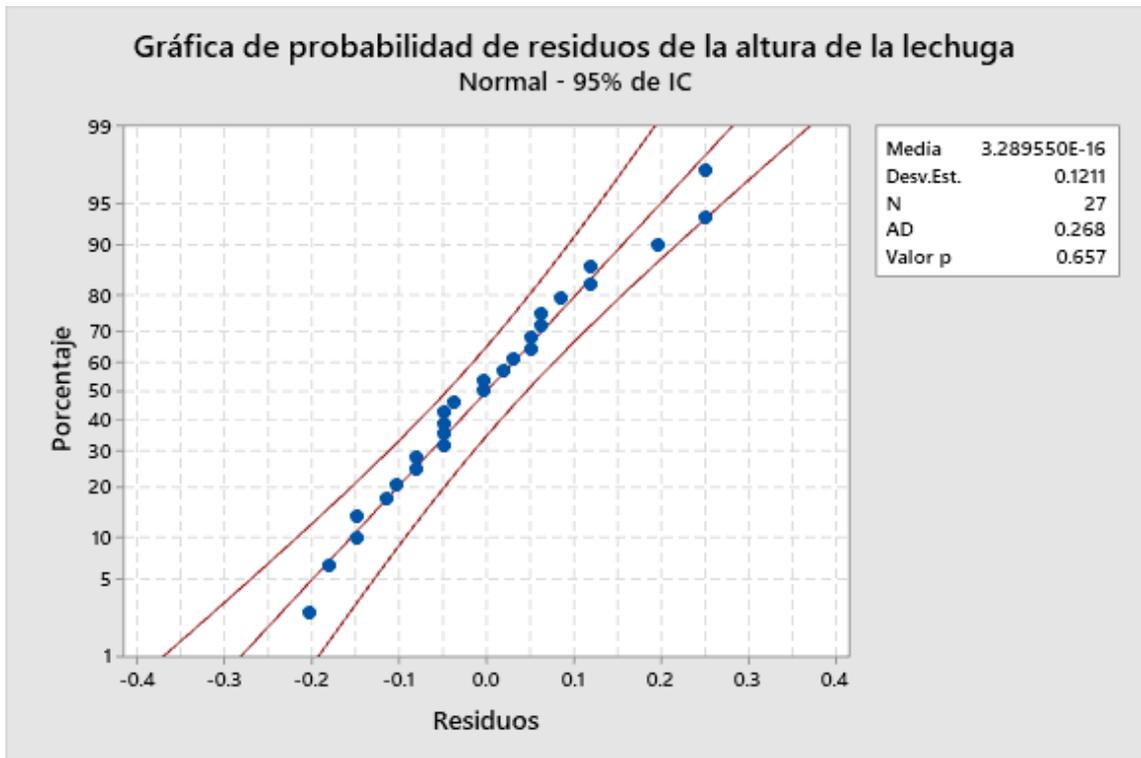


Figura 25 Gráfica de probabilidad normal de residuos de la altura de la lechuga.

b) Prueba estadística de normalidad de residuales del diámetro de la lechuga.

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal del diámetro de la lechuga.

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal del diámetro de la lechuga.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Figura 26**, para la condición de normalidad, se puede observar que a un intervalo de confianza del 95% los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada con un coeficiente de correlación (AD) = 0.336 y el valor $p = 0.482$ es mayor que el nivel de significancia de 0,05; por lo tanto, no

hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que, se concluye que los datos siguen una distribución normal.

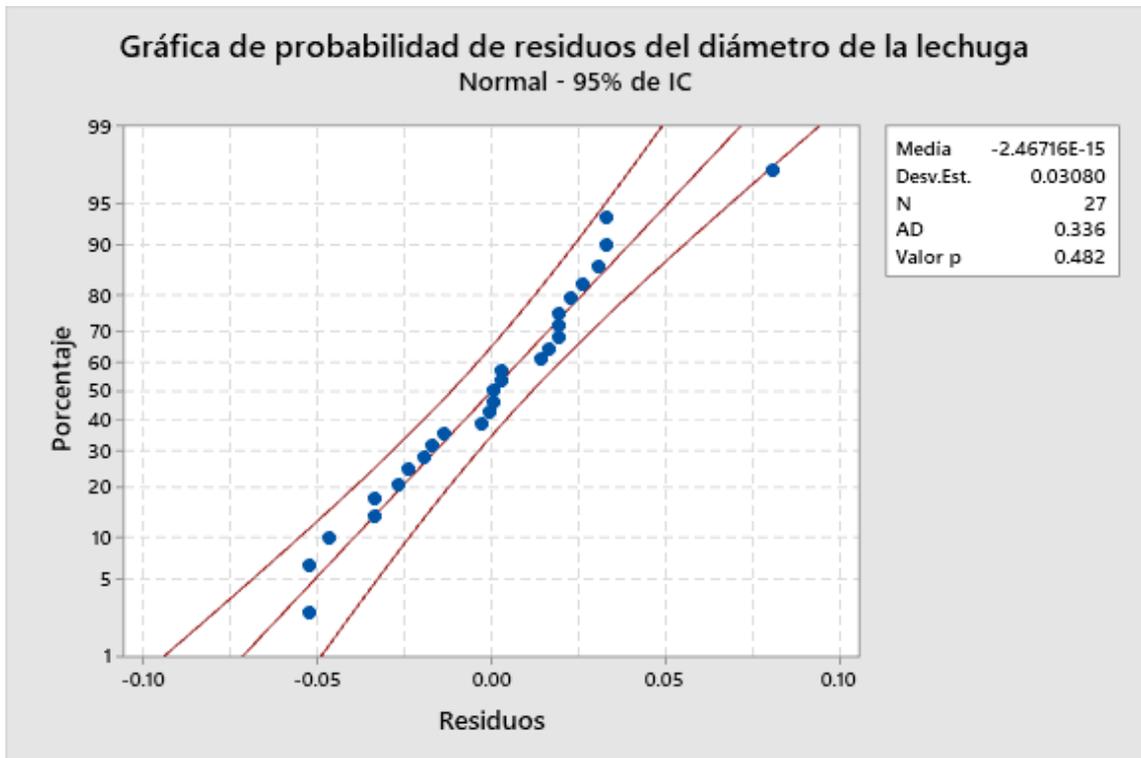


Figura 26 Gráfica de probabilidad normal de residuos del diámetro de la lechuga.

c) Prueba estadística de normalidad de residuales del número de hojas.

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal del número de hojas.

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal del número de hojas.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Figura 27**, para la condición de normalidad, se puede observar que a un intervalo de confianza del 95% los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada con un coeficiente de correlación (AD) = 1.528 y el valor $p = 0.0482$ es menor que el nivel de significancia de 0,05; por lo tanto, si

hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que, se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

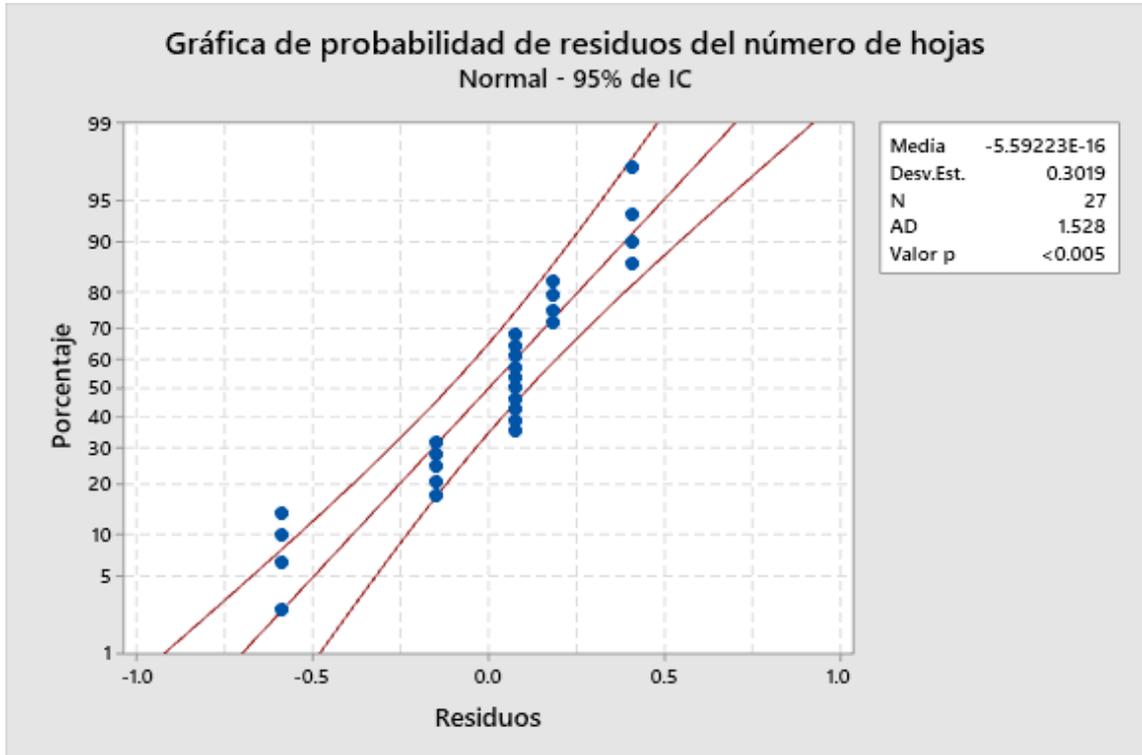


Figura 27 Gráfica de probabilidad normal de residuos del número de hojas.

d) Prueba de hipótesis estadística para la altura de la lechuga.

Ya que los valores medidos son normales se utilizará la prueba estadística de ANOVA.

Las hipótesis estadísticas son:

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8 = \tau_9$, todas las medias (promedios) de la altura de la lechuga son iguales.

H_1 : $\tau \neq 0$, por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Tabla 16**, en el análisis de varianza, el valor p del factor cantidad de hidrogel y tiempo de toma de datos hasta la interacción entre ellas son

significativos en ya que el valor $p < 0.05$, concluyendo que influye de manera significativa en la altura de la lechuga.

Tabla 16 Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	10	91.6748	9.1675	384.50	0.000
Bloques	2	0.1919	0.0959	4.02	0.038
Lineal	4	89.8193	22.4548	941.79	0.000
Cantidad de hidrogel (g)	2	8.9696	4.4848	188.10	0.000
Tiempo de toma de datos (días)	2	80.8496	40.4248	1695.49	0.000
Interacciones de 2 términos	4	1.6637	0.4159	17.44	0.000
Cantidad de hidrogel (g)*Tiempo de toma de datos (días)	4	1.6637	0.4159	17.44	0.000
Error	16	0.3815	0.0238		
Total	26	92.0563			

e) Prueba de hipótesis estadística para el diámetro de la lechuga.

Ya que los valores medidos son normales se utilizará la prueba estadística de ANOVA.

Las hipótesis estadísticas son:

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8 = \tau_9$, todas las medias (promedios) del diámetro de la lechuga son iguales.

$H_1: \tau \neq 0$, por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Tabla 17**, en el análisis de varianza, el valor p del factor cantidad de hidrogel y tiempo de toma de datos hasta la interacción entre ellas son significativos ya que el valor $p < 0.05$, concluyendo que influye de manera significativa en el diámetro de la lechuga.

Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de la lechuga.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	10	198.250	19.8250	12863.31	0.000
Bloques	2	0.018	0.0091	5.89	0.012
Lineal	4	198.138	49.5346	32140.19	0.000
Cantidad de hidrogel (g)	2	36.519	18.2596	11847.60	0.000
Tiempo de toma de datos (días)	2	161.619	80.8096	52432.79	0.000
Interacciones de 2 términos	4	0.093	0.0233	15.13	0.000
Cantidad de hidrogel (g)*Tiempo de toma de datos (días)	4	0.093	0.0233	15.13	0.000
Error	16	0.025	0.0015		
Total	26	198.274			

f) Prueba de hipótesis estadística para el número de hojas.

Ya que los valores medidos no son normales se utilizará la prueba estadística de Kruskal-Wallis.

Las hipótesis estadísticas son:

$H_0: \tau_1=\tau_2=\tau_3=\tau_4=\tau_5=\tau_6=\tau_7=\tau_8=\tau_9$, todas las medias (promedios) del número de hojas son iguales.

$H_1: \tau \neq 0$, por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la **Tabla 18**, en el análisis, el valor p del factor cantidad de hidrogel y tiempo de toma de datos son significativos ya que el valor $p < 0.05$, concluyendo que influye de manera significativa en el número de hojas de la lechuga.

Tabla 18 Análisis de Kruskal-Wallis para el número de hojas.

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	8	18.83	0.016
Ajustado para empates	8	21.41	0.006

g) Gráficas de Efectos Principales para la altura de la lechuga.

En la **Figura 28**, la dosis optima a un tiempo de toma de datos de 21 días de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) es de 6 g para obtener la máxima altura en promedio de la lechuga (*Lactuca sativa*).

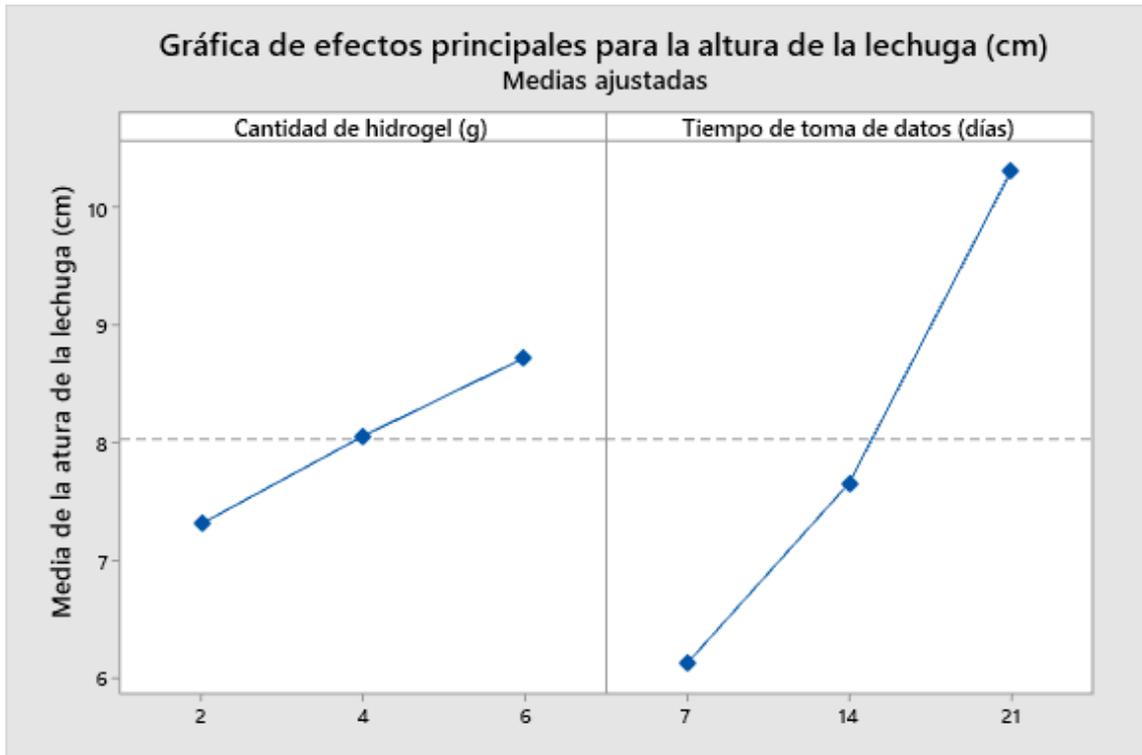


Figura 28 Gráficos de efectos principales para la altura de la lechuga

h) Gráficas de Efectos Principales para el diámetro de la lechuga.

En la **Figura 29**, la dosis optima a un tiempo de toma de datos de 21 días de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) es de 6 g para obtener el máximo promedio de diámetro de la lechuga (*Lactuca sativa*).

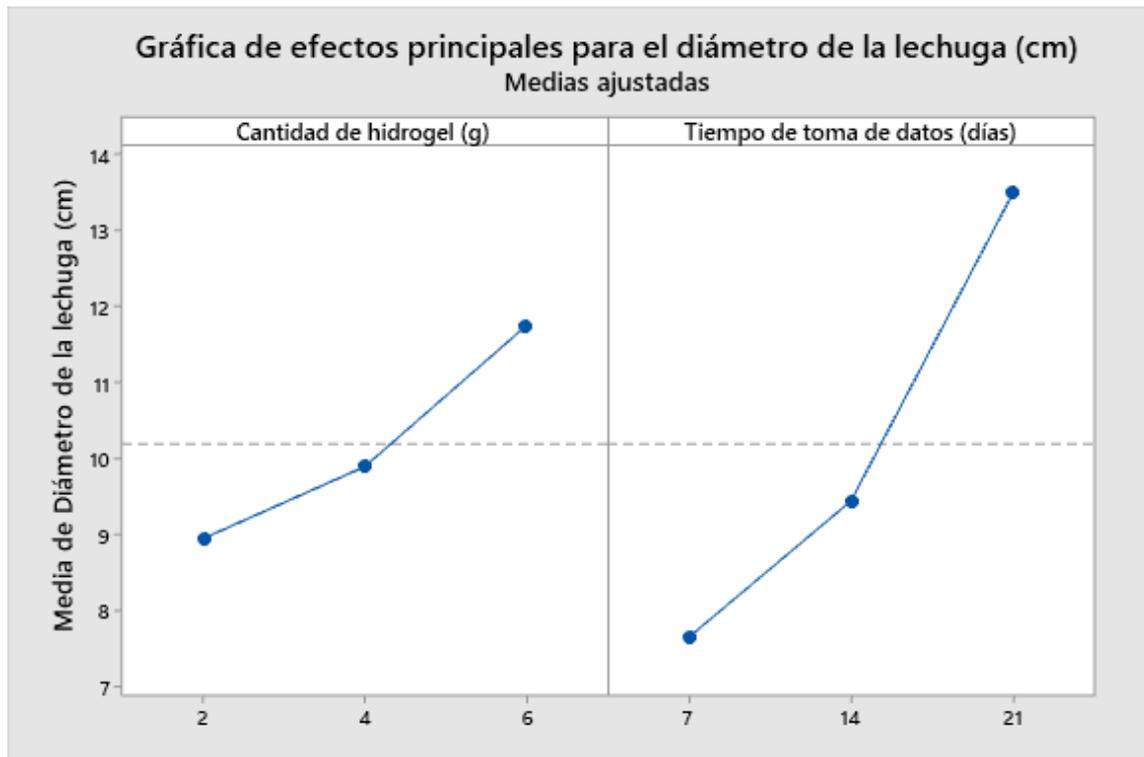


Figura 29 Gráfica de efectos principales para el diámetro de la lechuga.

Gráficas de Efectos Principales para el número de hojas.

En la **Figura 30**, la dosis óptima a un tiempo de toma de datos de 21 días de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) es de 4 a 6 g para obtener el número máximo de hojas de la lechuga (*Lactuca sativa*).

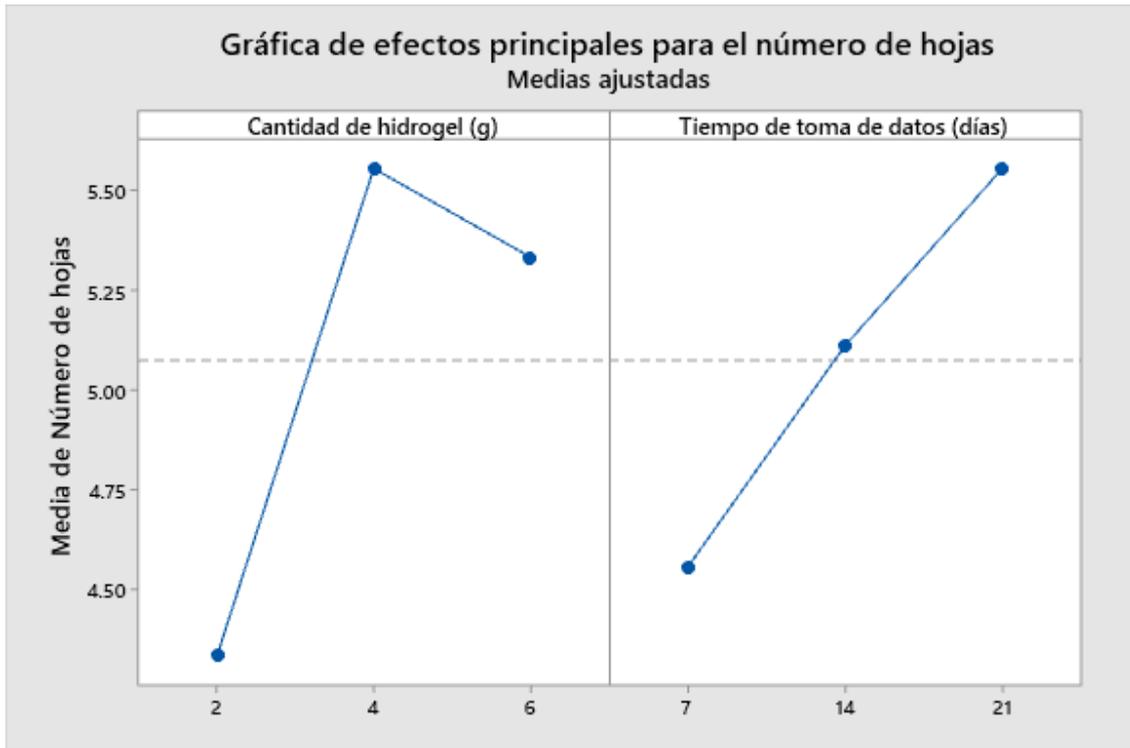


Figura 30 Gráfica de efectos principales para el número de hojas

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Contrastación y demostración de la Hipótesis General

H₁: La capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

H₀: La capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) no influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

Conclusión: De acuerdo a la contrastación de las hipótesis específicas se llega a la demostración de la hipótesis general, de acuerdo con las Figuras 28, 29 y 30, en un tiempo máximo de 21 días y una dosis óptima de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) de 6 g, la lechuga (*Lactuca sativa*) tiene una altura máxima, diámetro máximo y máximo número de hojas.

6.1.2. Contrastación y demostración de la Hipótesis Especifica 1

H₁: El grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

H₀: El grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) no influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

Conclusión: El grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), en la Figura 19, se muestra que después del tratamiento 6 (mayor cantidad de hidrogel natural de algas marinas de 0.22 g y mayor tiempo de retención de humedad 120 min) se llegó a un máximo grado de hinchamiento de 1252% en promedio por lo que de esta manera influye significativamente en el crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*), contrastando y demostrando la hipótesis planteada.

6.1.3. Contrastación y demostración de la Hipótesis Especifica 2

H₁: La aplicación de la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

H₀: La aplicación de la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) no influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), Callao.

Conclusión: Como los p-valores resultaron ser menores a $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la H_1 . Asimismo, en la Tabla 16, 17 y 18 el factor de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) influye de manera significativa en sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) y en la Figura 28, 29 y 30, se muestra que la dosis optima de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) es de 6 g para que la lechuga (*Lactuca sativa*) tenga una altura máxima, diámetro máximo y máximo número de hojas, contrastando y demostrando la hipótesis planteada.

6.1.4. Contrastación y demostración de la Hipótesis Especifica 3

H₁: La variación de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) serán favorables al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), Callao.

H₀: La variación de las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa*) no serán favorables al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), Callao.

Conclusión: en la Tabla 16, 17 y 18 el factor de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), los p-valores para la altura, diámetro y número de hojas al ser expuestos por la dosis del hidrogel, resultaron ser, 0.000, 0.000 y 0.006 respectivamente, es decir tiene un nivel de significancia menor a 0.05 lo cual indican que la a variación de las características morfológicas son significativas entre tratamientos aplicados, contrastando y demostrando la hipótesis planteada.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

El estudio realizado por (Alvis, y otros, 2019) se elaboró hidrogel natural a base de algas pardas (*Macrocystis pyrifera*) donde se extrajo alginato como hidroretenedor cuyo grado de hinchamiento máximo fue de 97.99 %, mientras que en la presente investigación se obtuvo 1252% como grado de hinchamiento máximo. ambos trabajos de investigación demuestran que los hidrogeles naturales tienen un alto grado de hinchamiento, Asimismo, el trabajo de investigación de Nonaquina, (2019) en la cual utilizó un hidrogel sintético a partir

de poliacrilamida y bismetilenacrilamida obtuvo un grado de hinchamiento máximo de 6800 %, esto demuestra que los hidrogeles naturales y sintéticos pueden tener un grado de hinchamiento de 1000 a 10000 %. (Milani, 2017) .

Respecto a la dosis óptima, en nuestro trabajo de investigación se determinó que para el tratamiento de 6 gr de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) se obtienen mejores resultados en cuanto a un mayor crecimiento y desarrollo de la lechuga (*Lactuca sativa*), de acuerdo a sus características morfológicas (altura, número de hojas y diámetro), sin embargo, al realizar el comparativo con la tesis de Pinkay, (2016), donde considera los tratamientos de 0, 2, 4 y 6 g de hidratante (cosecha lluvia) y su comportamiento de la lechuga (*Lactuca sativa*), al igual que nuestro trabajo de investigación, obtiene el promedio más alto en las variables en peso, altura de hoja, ancho de hoja y número de hojas para el tratamiento de 2g.

Respecto al número de hojas Pinkay, (2016) en su trabajo de investigación determina que para el tratamiento con 2 g de biohidrogel la lechuga (*Lactuca sativa*) en 60 días logra el promedio más alto con 11.17 hojas, esto difiere con nuestro trabajo de investigación, ya que para el tratamiento de 4 a 6 g de hidrogel natural en 21 días se logra el promedio más alto con 6 hojas.

Respecto a la altura de la lechuga (*Lactuca sativa*), se realizó el comparativo con los resultados de dos trabajos de investigación que consideraron la misma cantidad de hidrogel por tratamiento (0, 2, 4 y 6 gr). Pinkay, (2016) determina que para el tratamiento con 4 g de hidratante (Cosecha lluvia) en 60 días logra el promedio más alto con 12.92 cm, sin embargo en la tesis de Fasanando , (2009), el tratamiento de 4g de hidrogel de potasio obtiene el promedio más bajo de 18.7 cm a los 37 días, mientras que en nuestro trabajo de investigación, para el tratamiento con 6 g de hidrogel natural a partir de algas marinas (*Ulva lactuca*) en 21 días se logra una máxima altura promedio de 11.47 cm.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en la presente tesis, estando de acuerdo con el Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la UNAC, Resolución de Consejo Universitario N.º 260 2019-CU, donde se señala los principios éticos como norma de comportamiento conductual, por consiguiente, los tesistas somos responsables de los procesos y procedimientos de diseño, desarrollo de nuestra investigación.

VII. CONCLUSIONES

- Se logró cumplir con el objetivo general de la investigación determinando la influencia positiva de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), donde se utilizó la prueba de significancia mediante la interacción de la aplicación de hidrogel natural con la variación de las características morfológicas de la lechuga, resultando un $p < 0.05$, es decir; en un tiempo máximo de 21 días y una dosis óptima de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*) de 6g, la lechuga logra tener un máximo de altura, diámetro y número de hojas.
- Se determinó que a mayor cantidad de hidrogel natural de algas marinas de 0.22g y mayor tiempo de retención de humedad 120min se llegó a un máximo grado de hinchamiento, siendo 1252%, por lo tanto, nos permitió identificar que la captación de fluido que puede absorber el hidrogel natural en su interior es 1000 veces su peso inicial, siendo el grado de hinchamiento mayor a 90%, se contrastó la aplicación con el promedio de los tratamientos vs el control y se verificó que si influye sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*).
- Se determinó la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*), sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), obteniendo como resultado que el mayor crecimiento y desarrollo de la lechuga (*Lactuca sativa*), de acuerdo a sus características morfológicas (altura, diámetro y número de hojas) se obtiene al aplicar 6gr de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*).
- Se determinó la variación favorable de las características morfológicas de la lechuga las cuales fueron altura, diámetro y número de hojas, que al ser expuestos con las dosis de hidrogel natural a base de algas marinas (*Ulva lactuca*), dio como resultado un nivel de significancia menor a 0.05 siendo 0.00, 0.00 y 0.006 respectivamente. Demostrando que las características morfológicas son significativas entre los tratamientos aplicados.

VIII. RECOMENDACIONES

- Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos se recomienda utilizar hidrogeles naturales a base de algas marinas de manera general en cultivos de hortalizas cuyas especies tienen un ciclo de 3 a 4 meses después del sembrado, para ser cosechados. Por consiguiente, es importante evaluar la variación de las características morfológicas en mayores rangos de tiempo que los considerados en la presente investigación a fin de obtener crecimientos máximos.
- Para una óptima evaluación del hinchamiento de hidrogeles naturales, se recomienda que, al efectuar el tratamiento, los gramos de hidrogel a utilizar deben tener un mayor rango de diferencia entre las mismas, con la finalidad de que, al procesar los resultados tomados en los tratamientos, se obtengan valores alejados de la línea de distribución normal.
- Para futuras investigaciones, se recomienda utilizar dosis de hidrogeles naturales con mayores rangos de diferencia entre las mismas y para determinar la dosis óptima se recomienda evaluar si la aplicación de la cantidad de hidrogel natural de algas marinas es directamente proporcional al crecimiento y desarrollo de las características morfológicas de la planta.
- Antes de efectuar el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*), se debe determinar cuáles serán las características morfológicas principales a evaluar, debido a que, al ser expuestos con las dosis de hidrogel se obtenga resultados visibles y significativos de los cuales se puedan demostrar los cambios entre los tratamientos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, Lorgio, y otros. 2021.** *Efecto de polímeros algales sobre la productividad de uva de mesa bajo condiciones de riego deficitario.* Departamento de Biología, Universidad de La Serena. Coquimbo, Chile : s.n., 2021.
- Ald, dante C, GIL, patricia y JUSCAMAITA, juan. 2010.** *Estabilización de la “marea verde” causada por *Ulva lactuca* (Ulvophyceae, Chlorophyta) a través del ensilaje.* Universidad Agraria de la Molina. Lima, Perú : s.n., 2010. pág. 6.
- ALVIS, Yésica y CALDERON, Wilma. 2019.** *Elaboración de hidrogel como retenedor de agua a partir del alginato extraído de las algas pardas *Macrocystis Pyrifera* – 2019.* Lima. Perú : s.n., 2019. Tesis de investigación.
- ALVIS, Yésica y CALDERON, Wilma. 2019.** *Elaboración de hidrogel como retenedor de agua a partir del alginato extraído de las algas pardas *Macrocystis Pyrifera* – 2019.* Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2019.
- AMIN et al. 2022.** *El alga verde *Ulva lactuca*, una fuente potencial de péptidos bioactivos revelada por análisis in silico.* Universidad Marítima Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman, Mirpur. Bangladesh : s.n., 2022.
- ANA. 2020.** *Cuentas ambientales y económicas del agua en el Perú: Documento técnico 2018.* Lima. San Isidro, Lima : s.n., 2020. pág. 63, Documento técnico.
- . 2018.** *Uso eficiente del agua en la agricultura con fines de conservación.* Perú : s.n., 2018.
- ANA;. 2013.** *Agua, Seguridad Alimentaria y Agricultura.* Lima : s.n., 2013.
- ANDRADA, Horacio y DI BARBARO, Gabriela. 2018.** *Efecto de la aplicación de copolímeros sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.).* Catamarca, Argentina : Revista de ciencias agrícolas, 2018.
- ANTUNEZ et al. 2018.** *Déficit y exceso de riego en el cultivo de lechugas tipo escarola.* Valle del Maipo, Chile : s.n., 2018.
- ANTUNEZ, Alejandro. 2019.** MUNDOAGRO. [En línea] 24 de junio de 2019. <https://mundoagro.cl/investigadores-chilenos-buscan-mitigar-efectos-del-cambio-climatico-en-la-hortaliza-mas-consumida-del-mundo/>.
- APOLINAR, yolanda. 2010.** *SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE HIDROGELES DE SACAROSA.* Colombia : s.n., 2010.
- APUNTE DE EDAFOLOGÍA. 2019.** *POROSIDAD Y AIREACIÓN REAL Y APARENTE.* Argentina : s.n., 2019. pág. 9.
- AQUAFONDO. 2023.** AQUAFONDO. [En línea] 9 de junio de 2023. <https://aquafondo.org.pe/estres-hidrico-en-lima-que-es-y-por-que-es-importante-implementar-soluciones/#:~:text=El%20estr%C3%A9s%20h%C3%ADrico%20en%20Lima,el%20bienestar%20de%20la%20poblaci%C3%B3n..>
- ARIAS, Fidas. 2015.** *El proyecto de investigación.* s.l.: Saberes del conocimiento, 2015.
- AVILA, JOHANA. 2017.** *Diseño de un hidrogel de carragenina optimizado para el recubrimiento de fertilizantes NPK.* Bogotá, Colombia : s.n., 2017.
- AYARZA, Jorge Luis. 2015.** *Extracción y caracterización de alginato de sodio procedente del alga parda *Macrocystis* sp.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2015.
- BARCHINI. 2006.** 2006.

BEAUMONT et al, marco. 2021. *Hydrogel-Forming Algae Polysaccharides: From Seaweed to Biomedical Applications.* 2021.

BENITEZ, jose luis, LÁREZ, cristobal y ROJAS, blanca. 2015. *Cinética de absorción y transporte del agua en hidrogeles sintetizados a partir de acrilamida y anhídrido maleico.* Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. Caracas : s.n., 2015.

BENITEZ, josé luis, VELÁSQUEZ, cristóbal y ROJAS, blanca. 2015. *Cinética de absorción y transporte del agua en hidrogeles sintetizados a partir de acrilamida y anhídrido maleico.* Venezuela : s.n., 2015.

CAMACHO, briseida. 2008. *Metodología de la investigación científica.* 2008.

CAPCHA, liz. 2014. *Evaluación de la macroalga *Ulva lactuca* como aportante de nutrientes a un inóculo metanogenico en la produccción de biogás mediante digestión anaerobia de residuos orgánicos del comedor de la UNALM.* Lima, Perú : s.n., 2014.

CISNEROS , Ximena. 2022. *Diseño de un experimento para la obtención de un hidrogel con agar extraído de algas rojas de deriva de la playa Penacho del Indio, Veracruz.* Universidad Iberoamericana Puebla. Puebla México : s.n., 2022.

Cuenca, Quimberly. 2011. *Estudio de la influencia del ácido cítrico en la reacción de entrecruzamiento de poliacrilamida, parcialmente hidrolizada, con fenol-formaldehído.* Universidad Central de Venezuela . Caracas : s.n., 2011.

DEL CAMPO, martín. 2020. *Obtencipin de un polímeto biodegradable a partir del alginato de calcio extraído de la biomasa del Alga Parda.* Universidad de Guadalajara. Cuenca, Ecuador : s.n., 2020. pág. 100.

DÍAS, Alejandro. 2018. *Efecto de tres dosis de hidrogel (poliacrilamida) en la producción del cultivo papa (*solanum tuberosum*) unica en dos tipos de suelo.* Cusco, Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco. Andahuaylas, Apurimac : s.n., 2018. Tesis de investigación.

DRECKMANN, kurt , SENTÍES, Abel y Núñex, Maria Luisa. 2013. *Manual de prácticas de laboratorio Biología de Algas.* Univerisdad Autonoma Metropolitana. Iztapalapa : s.n., 2013.

EL PERUANO. 2022. *NORMAS LEGALES MINAGRI (DECRETO DE URGENCIA).* 2022.

ESPINOZA, adrian y HÉRNANDEZ, rosalba. 2021. *Potencial biotecnológico de la biomasa de *Ulva lactuca* L. para la producción agrícola sostenible.* Universidad de Guadalajara. Mexico : s.n., 2021.

ESTRADA et al, rodolfo. 2012. *Hidrogel Biopoliméricos Potencialmente Aplicados en la Agricultura.* Universidad Iberoamericana. 2012.

FAO. 2013. *Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria.* Roma : s.n., 2013.

FASANANDO , ruth. 2009. *Efecto residual de tres dosis de hidroabsorbente de potasio y tres frecuencias de Riego, en el cultivo de Lechuga en Lamas – San Martín.* Universidad Nacional de San Martin. San Martin : s.n., 2009.

FLORY, pablo. 1953. *Polymer Chemistry.* London : s.n., 1953. pág. 653. 0801401348.

GONZALES, obdulia. 2007. *Hidrogeles mejoradores de cultivos agricolas.* Saltillo, Coahuila, Mexico : s.n., 2007.

GUIRY, michael. 2023. *Base de algas.* Universidad Nacional de Irlanda. Galway : s.n., 2023. 145984.

INFOAGRO. 2000. 2000.

JACOBSEN et al, niels. 2016. *Sustainable seaweed from the North Sea; an exploration of the value chain.* 2016. pág. 94.

JAPON, josé. 2020. *La Lechuga.* Madrid : Ministerio de agricultura, 2020.

JAUNEAU et al. 2010. *Ulvan, a sulfated polysaccharide from green algae, activates plant immunity through the jasmonic acid signaling pathway.* Université de Toulouse. Francia : s.n., 2010.

KHAN et al, Wajahatullah. 2009. *Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development.* 2009.

KINZLER, f. 2002. *Encyclopedia of Polym.* s.l. : Sci. and Technol., 2002.

KITDGELL et al. 2019. *Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function.* School of Science, University of Waikato. Australia : s.n., 2019. pág. 20, Artículo científico.

LAHAYE, M. 1993. *Gelling properties of water-soluble polysaccharides from proliferating marine green seaweeds (Ulva spp.).* Francia : s.n., 1993.

LAKSHMI et al. 2020. *A Short Review on the Valorization of Green Seaweeds and Ulvan: FEEDSTOCK for Chemicals and Biomaterials.* Institute (CSMCRI). Iraq, India : s.n., 2020.

LIN, chien - chi. 2006. *Hydrogels in controlled release formulations: network design and mathematical modeling.* EE UU : s.n., 2006. 17081649.

LIÑAM, Romero Anabel. 2023. *Uso de hidrogel en frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. canario centenario bajo riego por goteo en condiciones de la Molina.* Cusco, Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco. Lima, Perú : s.n., 2023. Tesis de investigación.

LOJA, christian oswaldo. 2020. *Obtención de un polímero biodegradable a partir del alginato de calcio extraído de la biomasa del alga parda (Sargassum Ecuadoreanum).* Universidad Politécnica salesiana sede cuenca. 2020. pág. 100.

MA et al. 2015. *Advances in cellulose-based superabsorbent hydrogels.* Universidad de Ciencia y Tecnología de Shaanxi. China : s.n., 2015.

MARTINEZ, maria teresa. 2016. *Desarrollo y aplicaciones de hidrogeles para la administración y liberación modificada de fármacos.* Universidad de Valencia. Valencia, España : s.n., 2016. pág. 350. 7598961.

MESÉN, francisco. 1998. *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación.* Turriabá, Costa Rica : s.n., 1998.

MEXOPOLIMEROS. 2005. *Biopolimeros.* 2005.

MILANI, Priscila. 2017. *Polímeros y sus aplicaciones en la agricultura.* Sao Paulo : s.n., 2017.

MILANI, Priscila, y otros. 2017. *Polimeros y sus aplicaciones en la agricultura.* Universidad Federal de San Carlos. Sao Pablo : s.n., 2017.

MILTON, rf. 1964. *Algas marinas líquidas como fertilizante, Actas del 4º Simposio Internacional de Algas Marinas.* Londres, Thee Macmillan : s.n., 1964.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MIDAGRI. *Acciones para incentivar el uso más eficiente del agua.*

MOGOSANU, george y MIHAI, alexandru. 2014. *Natural and synthetic polymers for wounds and burns dressing.* s.l. : Int J Pharm, 2014. 24368109.

- MONTESANO, francesco. 2015.** *Biodegradable Superabsorbent Hydrogel Increases Water Retention Properties of Growing Media and Plant Growth.* Universidad de Bari Aldo Moro. Italia : s.n., 2015. pág. 8.
- MONTOYA, natalia y PIZANO, kely. 2016.** *Polímeros como mejoradores de suelos erosionados.* Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia. Medellín : s.n., 2016. pág. 97.
- MORAND, p y BRIAND, x. 1996.** *Botanica Marina.* 1996. págs. 491-516. Vol. 39.
- MUNDO ACUICOLA. 2016.** *hidrogeles algales para optimizar suelos cultivables.* Coquimbo : s.n., 2016.
- MURILLO. 2008.** *La investigación científica.* 2008.
- NISSEN, juan y SAN MARTÍN, karina. 2004.** *Uso de poliacrilamidas y el riego en el manejo hídrico de lechugas (Lactuca sativa L.).* Valdivia. Chile : s.n., 2004.
- NONAQUINA, karen. 2019.** *Síntesis de hidrogeles con derivado de quitosana y caracterización de sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas.* Pontificie Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2019.
- **2019.** *Síntesis de hidrogeles con derivado de quitosana y caracterización de sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas.* Pontificie Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2019.
- PEPPAS, nikolaos. 2019.** *Hydrogels in Medicine and pharmacy.* Indiana : CRC Press, 2019. 9780367249236.
- PINKAY, genaro. 2016.** *Comportamiento de tres dosis de Hidratantes en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.), en Huerto Organopónico en.* Guayaquil : s.n., 2016.
- QUINTERO, jose. 2020.** *La Lechuga, Hojas Divulgatorias.* Madrid : s.n., 2020.
- RAHMAN et al. 2018.** *Cellulose-based hydrogel materials: chemistry, properties and their prospective applications.* Universidad de Chitagong. Bangladesh : s.n., 2018. 153174.
- RAMIREZ et al. 2016.** *Materiales polimeros de tipo hidrogeles: revisión sobre su caracterización mediante ftir, dsc, meb y met.* Universidad de Oriente . Caracas : s.n., 2016.
- RAMIREZ, Arnaldo, y otros. 2016.** *Materiales polimeros de tipo hidrogeles: revisión sobre su caracterización mediante ftir, dsc, meb y met.* Universidad de Oriente, Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas. Caracas, Venezuela : SCIELO, 2016.
- RASYD, abdullah. 2017.** *Evaluation of Nutritional Composition of The Dried Seaweed Ulva lactuca from Pameungpeuk Waters, Indonesia.* Indonesia : s.n., 2017. PMC5584828..
- RIVERA, juan francisco. 2020.** *Evaluación del comportamiento del cultivo de lechuga (lactuca sativa l.) Y eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio en la granja experimental la pradera, imbabura.* Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador : s.n., 2020.
- ROBIC, audrey. 2009.** *Ultraestructura de Ulvan: un polisacarido de algas verdes.* Francia : s.n., 2009. 19353644.
- ROJAS, Carmen. 2022.** *Síntesis y caracterización de hidrogeles superabsorbentes a base de Celulosa, alcohol polivinílico (PVA) y ácido acrílico (AA) con potencial aplicación para la agricultura.* Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú : s.n., 2022. Tesis de investigación.

- SALINAS, cristian. 2013.** *INTRODUCCIÓN DE CINCO VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) EN EL BARRIO SANTA FE DE LA PARROQUIA ATAHUALPA EN EL CANTÓN AMBATO.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO . Ambato : s.n., 2013.
- SAMPIERI, Hernandez. 2014.** *Metodología de la investigación.* México : Mc Graw, 2014.
- SANTIDER et al. 2014.** *Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals.* [ed.] Nueva York Springer Nueva York. Quebec : s.n., 2014. pág. 504.
- SHARMA et al. 2014.** *Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae.* 2014.
- SUQUILANDA, Manuel. 1995.** *Producción orgánica de cultivos andinos.* Colombia : s.n., 1995.
- YANGQIN et al. 2016.** *Effects of chitin nano-whiskers on the antibacterial and physicochemical properties of maize starch films.* School of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural, University, Qingdao. China : s.n., 2016.
- YOSHIMURA et al, toshio. 2005.** *Synthesis and characterization of novel biodegradable superabsorbent hydrogels based on chitin and succinic anhydride.* Japón : s.n., 2005. pág. 326.
- ZAPATA, johana. 2006.** *Capítulo II Metodología de la Investigación.* 2006.
- ZUÑIGA, jorge. 2009.** *El Programa Subsectorial de Irrigaciones.* Ministerio de Agricultura. Lima : s.n., 2009.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO.						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
¿Cuál será la influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), sobre el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao?	Determinar la influencia de la capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>) sobre el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao.	La capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>) influye sobre el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao.	Variable independiente (X): Capacidad absorbente del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>).	Hinchamiento	pH	
					Gramos de hidrogel	
					Tiempo de retención de humedad	
				Dosis óptima	Cantidad de hidrogel	Tipo: La presente investigación es de tipo aplicada
					Tiempo de toma de datos	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica				
¿Cuál será el grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao?	Determinar el grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao.	El grado de hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), influye sobre el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao.			Altura de la lechuga	Diseño: El diseño de la investigación es experimental Método: El método de la presente investigación es deductivo
¿Cuál será la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>) para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao?	Determinar la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao.	La aplicación de la dosis óptima del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>) influye sobre el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Callao.	Variable dependiente (Y): Cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	Características morfológicas	Diámetro de la lechuga	
¿Cuál será la variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), Callao?	Determinar la variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), Callao.	La variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) serán favorables al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), Callao.			Número de hojas	

Anexo 2.2. Ficha experimental N° 2

		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
DATOS GENERALES				
TITULO		INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO		
TEMA OCDE		1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE		
FACULTAD		INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
AUTOR		ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377 JOSELIN PATRICIA CRUZ AREVALO/ 0009-0002-0636-6276/ DNI: 70271252		
ASESOR		MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08663264		
Objetivo específico 3:		Determinar la variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), Callao.		
Dimensión 1		características morfológicas		
Fecha				
Tiempo de recojo de datos (días)	cantidad de muestra (gr)	Altura de la lechuga (cm)	Diámetro de la lechuga (cm)	Número de hojas de la lechuga
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS		
CIP:		CIP:		
GRADO: Especialista 1		GRADO: Especialista 2		

Anexo 3. Instrumentos validados

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Gerente General de la empresa Higiene, seguridad, salud ocupacional y Medio ambiente S.A.C. (HIGSSOMA)
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista de Gestión Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para medir el grado de hinchamiento.
- 1.5. Autor del instrumento: Bachilleres: Lagos Quintana, Astrid Melani y Cruz Arevalo, Joselin Patricia.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICACIONES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valor las variables de la hipótesis												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos												X	
8. COHERENCIA	Existe una organización lógica												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95



DNI: 43160719

N° CIP: 152700

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- a. Apellido y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz
- b. Cargo e institución donde labora: Sub Directora de la Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la DRA Ayacucho.
- c. Especialidad o línea de investigación: Especialista en Medio Ambiente y Recursos Naturales
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para toma de datos de las características morfológicas de la lechuga
- e. Autor del instrumento: Bachilleres: Lagos Quintana, Astrid y Cruz Arevalo, Joselin Patricia.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

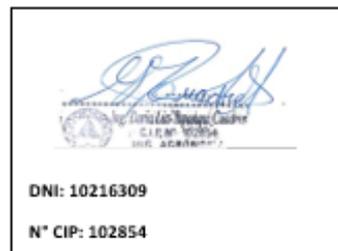
CRITERIOS	INDICACIONES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													X
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
13. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													X
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
15. SUFICIENCIA	Toma en cuenta aspectos metodológicos esenciales													X
16. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valor las variables de la hipótesis													X
17. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos													X
18. COHERENCIA	Existe una organización lógica													X
19. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis												X	
20. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

SI

95





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS GENERALES

TITULO	INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO		
TEMA OCDE	1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE		
FACULTAD	INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
AUTOR	ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377 JOSELIN PATRICIA CRUZ AREVALO/ 0009-0002-0636-6276/ DNI: 70271252		
ASESOR	MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08663264		
Objetivo específico 1:	Determinar el hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)		
Dimensión 1	Hinchamiento		
Fecha	27 de mayo 2023		
N° de Tratamiento	Volúmen de agua (ml)		10 ml
	Tiempo (min)		30 minutos
	Peso seco (masa del hidrogel) (gr)	Peso húmedo (hidrogel mas agua) (gr)	Hinchamiento (%)
	Tratamiento 1	0.11	0.6774
Tratamiento 1	0.11	0.6470	488.18
Tratamiento 1	0.11	0.6902	527.45
Tratamiento 4	0.22	0.9076	312.56
Tratamiento 4	0.22	0.9526	287.54
Tratamiento 4	0.22	1.6674	658.13
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS	
Apellidos y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús		Apellidos y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz	
CIP: 152700		CIP: 102854	
GRADO: Colegiado		GRADO: Colegiada	
Especialista 1		Especialista 2	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS GENERALES

TITULO	INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO		
TEMA OCDE	1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE		
FACULTAD	INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
AUTOR	ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377 JOSELIN PATRICIA CRUZ AREVALO/ 0009-0002-0636-6276/ DNI: 70271252		
ASESOR	MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08663264		
Objetivo específico 1:	Determinar el hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)		
Dimensión 1	Hinchamiento		
Fecha	27 de mayo 2023		
N° de Tratamiento	Volúmen de agua (ml)	10 mL	
	Tiempo (min)	90'	
	Peso seco (masa del hidrogel) (gr)	Peso húmedo (hidrogel mas agua) (gr)	Hinchamiento (%)
	trat. 2	0.11	0.9303
trat. 2	0.11	0.9006	718.72
trat. 2	0.11	1.3134	10.94
trat. 5	0.22	1.6572	653.26
trat. 5	0.22	1.3574	517.26
trat. 5	0.22	2.9135	1224.31
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS	
Apellidos y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús		Apellidos y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz	
CIP: 152700		CIP:102854	
GRADO: Colegiado		GRADO: Colegiada	
Especialista 1		Especialista 2	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS GENERALES

TITULO	INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO		
TEMA OCDE	1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE		
FACULTAD	INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
AUTOR	ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377 JOSELIN PATRICIA CRUZ AREVALO/ 0009-0002-0636-6276/ DNI: 70271252		
ASESOR	MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08663264		
Objetivo específico 1:	Determinar el hinchamiento del hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), para el cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)		
Dimensión 1	Hinchamiento		
Fecha	27 de mayo 2023		
N° de Tratamiento	Volúmen de agua (ml)		10 ml
	Tiempo (min)		120'
	Peso seco (masa del hidrogel) (gr)	Peso húmedo (hidrogel mas agua) (gr)	Hinchamiento (%)
trat. 3	0.11	1.0956	89.6
trat. 3	0.11	1.2595	10.45
trat. 3	0.11	1.4032	1175.6
trat. 6	0.22	2.6092	1086.3
trat. 6	0.22	2.8523	1196.6
trat. 6	0.22	3.4592	1472.36
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS	
			
Apellidos y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús		Apellidos y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz	
CIP: 152700		CIP: 102854	
GRADO: Colegiado		GRADO: Colegiada	
Especialista 1		Especialista 2	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS GENERALES

TITULO	INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO			
TEMA OCDE	1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE			
FACULTAD	INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES			
AUTOR	ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377			
ASESOR	MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08			
Objetivo específico 3:	Determinar la variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>) , Callao.			
Dimensión 1	77 de características morfológicas			
Fecha	17 de junio 2023			
Tiempo de recojo de datos (días)	cantidad de muestra (gr)	Altura de la lechuga (cm)	Diámetro de la lechuga (cm)	Número de hojas de la lechuga
7 días	2	5.5	6.4	4
	2	5.6	6.35	4
	2	5.6	6.3	4
	4	6.1	7.4	5
	4	6	7.3	5
	4	6.3	7.4	5
	6	6.7	9.2	5
	6	6.5	9.15	5
6	6.9	9.3	4	
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS		
				
Apellidos y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús		Apellidos y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz		
CIP: 152700		CIP: 102854		
GRADO: Colegiado		GRADO: Colegiada		
Especialista 1		Especialista 2		



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS GENERALES

TITULO	INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO			
TEMA OCDE	1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE			
FACULTAD	INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES			
AUTOR	ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377			
ASESOR	MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08			
Objetivo específico 3:	Determinar la variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), Callao.			
Dimensión 1	características morfológicas			
Fecha	24 de junio 2023			
Tiempo de recojo de datos (días)	cantidad de muestra (gr)	Altura de la lechuga (cm)	Diámetro de la lechuga (cm)	Número de hojas de la lechuga
14 días	2	7	8.1	4
	2	7.3	8.19	4
	2	7.1	8.2	4
	4	7.8	9.1	6
	4	7.6	9.05	6
	4	8	9	5
	6	8	11.1	6
	6	7.9	11.05	5
6	8.2	11.05	6	
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS		
				
Apellidos y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús		Apellidos y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz		
CIP: 152700		CIP: 102854		
GRADO: Colegiado		GRADO: Colegiada		
Especialista 1		Especialista 2		



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS GENERALES

TITULO	INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ABSORBENTE DEL HIDROGEL NATURAL DE ALGAS MARINAS (<i>Ulva lactuca</i>) SOBRE EL CULTIVO DE LA LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>), CALLAO			
TEMA OCDE	1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE			
FACULTAD	INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES			
AUTOR	ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA/ 0009-0007-3307-0952/ DNI: 73774377			
ASESOR	MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ / 0000-0003-2767-4825/ DNI: 08			
Objetivo específico 3:	Determinar la variación de las características morfológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) al aplicar el hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>), Callao.			
Dimensión 1	características morfológicas			
Fecha	8 de julio 2022			
Tiempo de recojo de datos (días)	cantidad de muestra (gr)	Altura de la lechuga (cm)	Diámetro de la lechuga (cm)	Número de hojas de la lechuga
21 días	2	9	12.3	5
	2	9.4	12.25	5
	2	9.3	12.3	5
	4	10.4	13.3	6
	4	10	13.2	6
	4	10.3	13.25	6
	6	11.5	15	6
	6	11.2	14.69	5
	6	11.7	14.95	6
NOMBRE Y APELLIDOS		NOMBRE Y APELLIDOS		
				
Apellidos y Nombres: Guitierrez Huamanlazo, Ronald Jesús		Apellidos y Nombres: Yupanqui Cuadros, Daría Liz		
CIP: 152700		CIP: 102854		
GRADO: Colegiado		GRADO: Colegiada		
Especialista 1		Especialista 2		

Anexo 4. Procedimiento de elaboración de hidrogel natural de algas marinas (*Ulva lactuca*)

Etapa 1: Acondicionamiento	
	
<p>Figura N° 1 Recolección de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>)</p>	<p>Figura N° 2 Lavado de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>)</p>
	
<p>Figura N° 3 Secado de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>) a 105°C por 3 h.</p>	

Etapa 2: Pretratamiento



Figura N° 4 Molienda de las algas secas



Figura N° 5 Tamizado de algas secas

Etapa 3: Tratamiento 1



Figura N° 6 Pesado de 10g de polvo de algas.



Figura N° 7 Mezclado de algas secas con 125ml de agua destilada.



Figura N° 8 Acidificación con 1ml de HCl a 1M, llevando la mezcla a pH=5



Figura N° 9 Calentamiento de la mezcla a 50°C, 2h



Figura N° 10 Enfriamiento a T° Ambiente

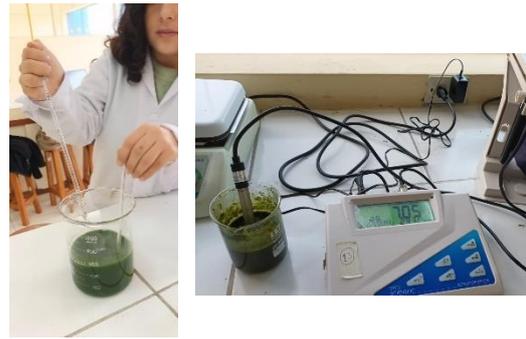


Figura N° 11 Alcalinización con 1ml de NaOH a 1M, llevando la mezcla a pH=7.

Etapas 4: Tratamiento 2



Figura N° 12 1era Filtración de la mezcla con malla gruesa N° 8



Figura N° 13 Centrifugación de la mezcla a 30min. 2500rpm.



Figura N° 14 2da filtración del extracto obtenido con papel Whatman N° 40.



Figura N° 15 Obtención de 53ml de extracto y aplicación de etanol al 95%.



Figura N° 16 Precipitado 1 día a T° Ambiente y formación del polímero ulvano.

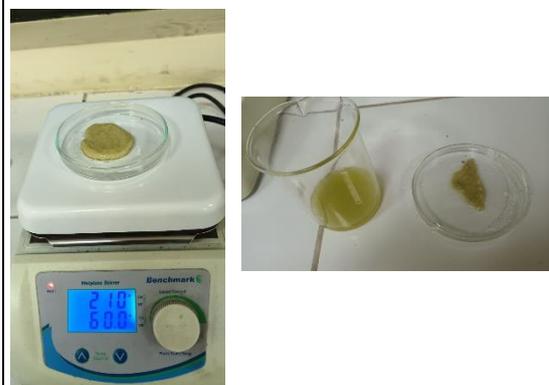


Figura N° 17 Extracción de polímero ulvano y secado a 60°C por 3h.

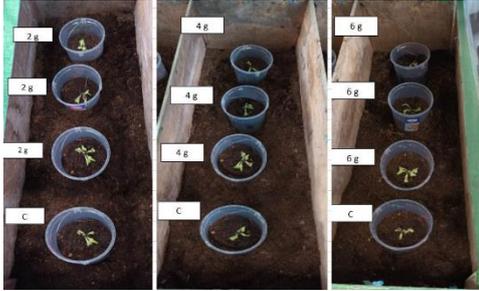


Figura N° 18 Obtención de 0.97g de polímero ulvano seco.



Figura N° 19 Hidratación de polímero ulvano con 10ml de agua destilada y obtención de hidrogel natural.

Anexo N° 5 Procedimiento de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)

	
<p>Figura N° 1 Adecuación de la cámara de subirrigación</p>	<p>Figura N° 2 Cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)</p>
	
<p>Figura N° 3 15 días de Germinación de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).</p>	<p>Figura N° 4 Trasplante de lechugas germinadas a la cámara de subirrigación y aplicación de hidrogel natural de algas marinas (<i>Ulva lactuca</i>).</p>
	
<p>Figura N° 5 Medición de la variación de las características morfológicas: altura, diámetro y número de hojas de las lechugas (<i>Lactuca sativa</i>), en los días 7, 14 y 21.</p>	

Anexo N° 6 Informe de ensayo N° 0901-23-LABICER



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO N° 0901 – 23 – LABICER

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : ASTRID MELANI LAGOS QUINTANA / JOSELIN PATRICIA CRUZ ARÉVALO
 - 1.2 D.N.I./R.U.C. : 73774377 / 70271252
 - 1.3 DIRECCIÓN : --
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 24 / 07 / 2023
 - 2.2 FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 02 / 08 / 2023
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 04 / 08 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1 TIPO DE MUESTRA : PRODUCTO NATURAL
 - 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE HIDROGEL NATURAL A BASE DE ALGAS MARINAS
 - 4.3 OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.5 °C; Humedad relativa: 64%
- 7. EQUIPO UTILIZADO**

Espectrofotómetro Infrarrojo de Transformadas de Fourier - Reflectancia total atenuada (FTIR-ATR). PERKIN ELMER, FRONTIER.
- 8. PROCEDIMIENTO**
 - 8.1. **TRATAMIENTO DE MUESTRA**

Se recibió 01 muestra de Hidrogel natural a base de algas marinas. Se tomó la muestra y se fraccionó en una pequeña parte, luego se colocó en la zona de lectura del equipo para proceder con el análisis.
 - 8.2. **CONDICIONES ESPECTROFOTOMÉTRICAS**

TABLA N°1. Condiciones de Operación	
Equipo	FTIR. PERKIN ELMER, FRONTIER
Cantidad de barridos	3
Resolución	4
Detector	MIR TGS
Fuente	MIR
Divisor de haz	OptKBr
Velocidad de barrido	0.2
Número de onda de IR-Laser	15798.00
Rango de barrido predeterminado (cm ⁻¹)	4000-400
Tipo de accesorio	Universal-ATR
Combinación cristal UATR	Diamante/KRS-5



9. RESULTADOS

9.1. ANÁLISIS DE ESPECTROFOTOMETRÍA INFRARROJA FTIR-ATR

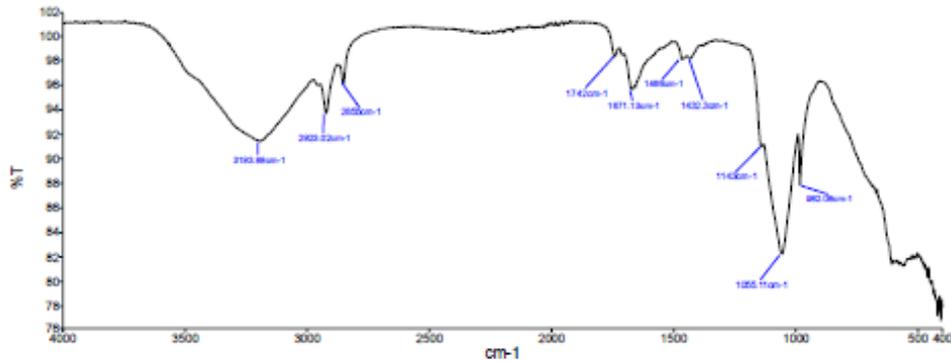


Figura N°1. Espectro infrarrojo de la muestra analizada

Tabla N°1. Tabla de frecuencias de absorción del espectro infrarrojo de la muestra

N°	Frecuencias de absorción del espectro (cm ⁻¹)
1	3193.88
2	2923.02
3	2855.00
4	1742.00
5	1671.13
6	1466.00
7	1432.30
8	1143.00
9	1055.11
10	982.08

10. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Bach. Natalia Quispe G.
Analista
LABICER -UNI




M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.2 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

ANEXO



FIGURA N°1. Muestra de Hidrogel natural a base de algas marinas.



FIGURA N°2. Espectrofotómetro Infrarrojo de Transformadas de Fourier - Reflectancia total atenuada (FTIR-ATR). PERKIN ELMER, FRONTIER.

