

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“APLICACIÓN FOLIAR DE MICROALGAS EN EL RENDIMIENTO  
Y CALIDAD DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) var. Unica”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**GOTTLIEB JÜRGEN ERLBACH SÁNCHEZ**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## APLICACIÓN FOLIAR DE MICROALGAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. UNICA

### ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Internet Source	1%
3	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://www.scielo.sa.cr">www.scielo.sa.cr</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://www.unjbg.edu.pe">www.unjbg.edu.pe</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://www.uab.cat">www.uab.cat</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Internet Source	1%
9	<a href="http://www.scielo.cl">www.scielo.cl</a> Internet Source	1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“APLICACIÓN FOLIAR DE MICROALGAS EN EL RENDIMIENTO  
Y CALIDAD DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) var. Unica”**

**Gottlieb Jürgen Erlenbach Sánchez**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

**Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto  
PRESIDENTE**

---

**Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
ASESOR**

---

**Ing. Mg. Sc. Pedro Gutiérrez Vilchez  
MIEMBRO**

---

**Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza  
MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

*A mi mama Carolina y mi abuela Martha María  
que dieron todo por mí en estos 29 años*

*Lo logramos,  
esto es para ustedes*

*Al amor de Lucero Lozada Huamán,  
no lo hubiera logrado sin ti*

## **Agradecimientos**

*Al profesor Andrés Casas por la oportunidad y confianza de realizar este trabajo de investigación.*

*Al profesor Tobaru por el apoyo durante el proyecto.*

*Al profesor Sady García por el apoyo de información.*

*Al señor Carlos del laboratorio de Postcosecha, por ayudarme durante mi experimento en laboratorio y en otras ocasiones durante mi formación universitaria.*

*Le estoy muy agradecido al Señor Antonio Cayturo por el apoyo en campo junto al señor Luis que me ayudo en campo.*

*A mis amigos que me acompañaron a lo largo de la realización de mi experimento: Lucero, Erick, Lizet, Anthony, Boris, Roger, Carlos, Melissa y Yahaira.*

# ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Aspectos generales del cultivo de papa .....	4
2.1.1 Origen y distribución .....	4
2.1.2 Taxonomía .....	5
2.1.3 Características Botánicas .....	5
2.1.4 Fisiología de la Tuberización .....	6
2.1.5 Requerimientos Edafoclimáticos .....	7
2.2 Características de la Variedad de estudio “UNICA” .....	8
2.3 Importancia Nutricional .....	8
2.4 Producción Mundial .....	9
2.5 Producción Nacional .....	10
2.6 Parámetros para la evaluación de papa .....	11
2.7 Aspectos de las Algas Marinas .....	12
2.7.1 Definición .....	12
2.7.2 Principales microalgas .....	13
2.7.3 Usos de las microalgas .....	13
2.8. Acción fisiológica de los bioestimulantes .....	20
III. METODOLOGÍA .....	22
3.1 Ubicación .....	22
3.2 Clima .....	23
3.3 Suelo .....	24
3.4 Herramientas .....	26
3.5 Equipos .....	26
3.6 Extracto de microalgas .....	27
3.7 Metodología .....	27
3.7.1 Instalación del experimento .....	27
3.7.2 Área Experimental .....	28
3.7.3 Tratamientos .....	29
3.8 Diseño experimental .....	29
3.9 Modelo estadístico .....	30
3.10 Parámetros evaluados .....	30

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1 Peso de tubérculos .....	33
4.2 Número de tubérculos total .....	34
4.3 Tamaño de tubérculos .....	35
4.4 Rendimiento .....	36
4.5 Materia Seca .....	38
4.6 Contenido foliar de NPK .....	39
V. CONCLUSIONES .....	40
VI. RECOMENDACIONES .....	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
VIII. ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido nutricional y mineral del tubérculo de papa .....	9
Tabla 2 Producción, rendimiento, superficie sembrada y superficie cosechada del cultivo de papa a nivel nacional entre los años 2016 - 2020 .....	11
Tabla 3 Concentraciones nutrimentales foliares del cultivo de papa .....	11
Tabla 4 Temperatura, Humedad relativa, Precipitación y Presión en el periodo junio 2019 – octubre 2019. La Molina, Lima .....	23
Tabla 5 Análisis de caracterización del suelo .....	25
Tabla 6 Composición químico – físico de Phycoterra .....	27
Tabla 7 Medidas del área experimental .....	28
Tabla 8 Descripción de los tratamientos .....	29
Tabla 9 Clasificación en calibres de tubérculo .....	31
Tabla 10 Categorías de niveles de materia seca (%) .....	32
Tabla 11 Efecto de la aplicación de Phycoterra en el peso de tubérculos promedio por planta del cultivo de papa var. “UNICA” (Solanum tuberosum L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	33
Tabla 12 Efecto de la aplicación de Phycoterra en el número de tubérculos por planta total y comercial del cultivo de papa var. “UNICA” (Solanum tuberosum L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	34
Tabla 13 Efecto de la aplicación de Phycoterra en el porcentaje por tamaños de tubérculos por planta en el cultivo de papa var. “UNICA” (Solanum tuberosum L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	35
Tabla 14 Efecto de la aplicación de Phycoterra en el rendimiento del cultivo de papa var. “UNICA” (Solanum tuberosum L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	37
Tabla 15 Efecto de la aplicación de Phycoterra en el porcentaje de materia seca (%) en hojas, tallos y tubérculos del cultivo de papa var. “UNICA” (Solanum tuberosum L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	38
Tabla 16 Efecto de la aplicación de Phycoterra en el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en hojas del cultivo de papa var. “UNICA” (Solanum tuberosum L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de la papa entre los años 2016 y 2020 .....	10
Figura 2. “Campo Agrícola Experimental” ubicado en Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú). Sombreado amarillo es la zona aproximada referencial del experimento .....	22
Figura 3 Variación de temperatura en el periodo Junio - octubre del 2019 .....	23
Figura 4. Variación de la humedad relativa en el periodo Junio - octubre del 2019 .....	24
Figura 5. Distribución de tratamientos en campo (Croquis) .....	28
Figura 6. Efecto de la aplicación de Phycoterra en el número de tubérculos por planta total y comercial (Und) del cultivo papa var. “UNICA” ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	35
Figura 7. Efecto de la aplicación de Phycoterra en el porcentaje por tamaños de tubérculos por planta (%) en el cultivo de papa var. “UNICA” ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	36
Figura 8. Efecto de la aplicación de Phycoterra en el rendimiento (ton/ha) del cultivo papa var. “UNICA” ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en condiciones de La Molina. 2019 .....	37

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza de peso de tubérculos (Kg. /planta) .....	50
Anexo 2: Análisis de varianza de número de tubérculos total .....	51
Anexo 3: Análisis de varianza de número de tubérculos comercial .....	51
Anexo 4: Análisis de varianza del Rendimiento .....	52
Anexo 5: Análisis de materia seca en hojas .....	52
Anexo 6: Análisis de varianza de materia seca en tallos .....	53
Anexo 7: Análisis de varianza de materia seca en tubérculos .....	53
Anexo 8: Análisis de varianza del contenido de Fosforo .....	54
Anexo 9: Análisis de varianza del contenido de Potasio .....	54
Anexo 10: Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno .....	55
Anexo 11: Datos recopilados de temperatura, humedad relativa, precipitación y presión en el periodo junio 2019 - octubre 2019 de la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt .....	56
Anexo 12: Siembra y medición de parcelas .....	60
Anexo 13: Marcado de parcelas .....	60
Anexo 14: Obteniendo muestras de suelo .....	61
Anexo 15: Fertilización de las parcelas .....	61
Anexo 16: Primeros riegos de Julio .....	62
Anexo 17: Aplicación de microalgas agosto 2018 .....	62
Anexo 18: Preparación del producto para la aplicación .....	63
Anexo 19: Aplicación de Phycoterra .....	63
Anexo 20: Primera aplicación de microalgas .....	64
Anexo 21: Muestreo de plantas antes de cosecha .....	64
Anexo 22: Clasificación de tubérculos de papa .....	65
Anexo 23: Clasificación de tubérculos de papa .....	65
Anexo 24: Cosecha de plantas de papa .....	66
Anexo 25: Medición de peso de tubérculos para rendimiento .....	66
Anexo 26: Molienda de material vegetal de papa .....	67
Anexo 27: Secado muestras de hojas, tallos y tubérculos .....	67
Anexo 28: Medición del peso de materia seca de hojas .....	68
Anexo 29: Phycoterra usado para el experimento .....	68
Anexo 30: Especificaciones del contenido químico de Phycoterra .....	69

Anexo 31: Análisis de suelos .....	70
Anexo 32: Costos de principales actividades realizadas para el experimento .....	71
Anexo 33: Cronograma de principales actividades realizadas para el experimento .....	72
Anexo 34: Uso de Phycoterra por aplicación y gasto de agua cuando la dosis es 2 L/ha ..	73
Anexo 35: Uso de Phycoterra por aplicación y gasto de agua cuando la dosis es 4 L/ha ..	73
Anexo 36: Uso de Phycoterra por aplicación y gasto de agua cuando la dosis es 6 L/ha ..	74

## RESUMEN

El experimento de aplicación de microalgas se realizó en el “Campo Agrícola experimental”, en instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, Perú. con coordenadas geográficas de 12°4'57.10"S latitud, 76°57'0.99"O de longitud a una altitud de 234 m.s.n.m., presentando como objetivo principal la determinación de los efectos de tres diferentes dosis de microalgas aplicados foliarmente en rendimiento y calidad de tubérculos de papa variedad “Unica” en condiciones de la La Molina entre los meses de junio a octubre del 2019. Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Sometiendo los datos bajo un análisis de Varianza para contrastar la hipótesis nula de que las medias de distintas poblaciones coinciden y se realizará la prueba de medias de Tukey al 5%, usando como software para análisis estadístico al programa “InfoStat”. Se obtuvieron diferencias estadísticas en el peso de tubérculos, rendimiento y con el contenido de nitrógeno foliar. Se evidencio que hubo un efecto en la cantidad de tubérculos por planta. Aunque no se encontró influencia significativa sobre el contenido de materia seca en hojas, tallos y tubérculos, ni en el tamaño de los tubérculos, se puede apreciar que los tratamientos aplicados con microalgas, mostraron menos del 13 % de tubérculos no comerciales comparados con los tratamientos T4 y testigo, los cuales obtuvieron 18.18 % y 31.6 % de tubérculos no comerciales.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum*; microalga; rendimiento; calidad

## ABSTRACT

The experiment of microalgae application was carried out in the "Experimental Agricultural Field", in the facilities of the National Agrarian University La Molina in Lima, Peru, with geographical coordinates of 12°4'57.10 "S latitude, 76°57'0.99 "W longitude at an altitude of 234 m.a.s.l., The main objective was to determine the effects of three different doses of foliar applied microalgae on yield and quality of potato tubers variety "Unica" under conditions of La Molina between June and October 2019. A Completely Randomized Block Design was used with five treatments and four replicates. The data were subjected to an analysis of variance to test the null hypothesis that the means of different populations coincide and the Tukey test of means at 5%, using "InfoStat" software for statistical analysis. Statistical differences were obtained for tuber weight, yield and foliar nitrogen content. There was an effect on the number of tubers per plant. Although no significant influence was found on the dry matter content in leaves, stems and tubers, nor on tuber size, it can be seen that the treatments applied with microalgae showed less than 13 % of non-commercial tubers compared to the T4 and control treatments, which obtained 18.18 % and 31.6 % of non-commercial tubers.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*; microalgae; yield; quality

## I. INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial, se acerca cada vez más a una mayor demanda de alimentos y al aumento de los impactos ambientales. Indicando así, que necesitamos una transformación de los sistemas alimentarios hacia sistemas más equitativos, inclusivos, sostenibles y resistentes. Lo cual impulsa y exige a la producción agrícola a enfoques más novedosos y sostenibles para satisfacer la mayor cantidad de biomasa vegetal requerida para la alimentación humana, animal y la producción de energía. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) (2020), menciona que este incremento de la alimentación humana requiere un 38 % de la superficie total del planeta con consumo del 70 % del agua dulce disponible y genera un 30 % del efecto invernadero total.

FAO (2022) nos muestra una opción, la cual es obtener alimentos y otros recursos del océano, que es un área mucho mayor que la tierra. El océano es rico en flora y fauna diversificada, y ambos son fuentes de proteínas, vitaminas, minerales, fitohormonas y compuestos bioactivos. Varios miles de especies de algas marinas habitan dominando la vegetación del fondo marino de todos océanos del mundo. Informes han demostrado que las algas marinas son un eficiente sumidero de CO<sub>2</sub>.

Las microalgas poseen un papel importante en nuestros ecosistemas y el planeta. Estos organismos unicelulares forman la base de nuestro sistema alimenticio y producen la mitad del oxígeno de la atmósfera. Algunas microalgas son una fuente de alimento ideal para el microbioma del suelo, ya que nutren a las bacterias y hongos que se encargan de la descomposición de la materia orgánica del suelo. Esto hace que las microalgas sean una forma natural y sostenible de mejorar la salud de los suelos y obtener mayores rendimientos de los cultivos (Phycoterra, 2022).

Las microalgas están atrayendo el interés de las industrias agroquímicas y los agricultores, debido a sus propiedades bioestimulantes y biofertilizantes. Estos podrían usarse en la producción de cultivos para aumentar la sostenibilidad agrícola. Los productos a base de microalgas contienen microorganismos vivos o derivados de estos que pueden mejorar las propiedades químicas y biológicas del suelo, estimular el crecimiento de las plantas, tolerancia inducida al estrés abiótico y restaurar la fertilidad del suelo (Ronga *et al.*, 2019). La ventaja final de usar biofertilizantes de microalgas es que son amigables con el medio ambiente, a diferencia de los fertilizantes químicos. El uso constante de enormes cantidades de fertilizantes químicos representa una seria amenaza para el sistema ecológico por su toxicidad garantizando la reducción en el nivel de contaminación (Dineshkumar *et al.*, 2020). Es por ello, que los biofertilizantes de microalgas son fuente alternativa potencial y mejor contra los fertilizantes químicos.

La papa es el cultivo más representativo del Perú y es la base de la alimentación de la zona andina peruana, donde los agricultores cultivan una gran diversidad de variedades de este tubérculo. Contando con más 4000 variedades de papas nativas, además de tener 151 especies de papa silvestres. Su importancia mundial ha alcanzado la cifra de 1.4 mil millones de personas consuman papa regularmente, con un consumo diario de 50 kg. al año, y la producción total mundial del cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas métricas (Centro Internacional de la Papa, 2022).

Dongyu (2022), reporta que las papas son el tercer cultivo alimentario más importante del mundo y son consumidas regularmente por miles de millones de personas. También generan ingresos para los pequeños productores, ofrecen una fuente baja en grasas y alta en fibra de carbohidratos saludables ricos en antioxidantes y nutrientes. Además de generar menos emisiones de gases de efecto invernadero que otros cultivos importantes.

En el Perú existen un gran número de variedades con un amplio rango de características y se les reconoce como “el patrimonio más grande de nuestra cultura agraria” (Egusquiza, 2014). La creación de variedades modernas es una actividad dinámica para poder atender las necesidades de los productores y consumidores. Obteniendo capacidades productivas a diferencia de las variedades nativas. Una de estas, La variedad “UNICA”, la cual es la cuarta más sembrada en el Perú.

La variedad UNICA tiene su principal uso para el consumo en fresco, pero también posee características atribuibles para el procesamiento de cortes en tiras (CIP, 2002, citado por

Gutiérrez, 2007) Además de producir tubérculos en tres meses, tener alta productividad, ser resistente al tizón tardío y a los virus. En el Perú se usa comúnmente como papa especial para la fritura. Gutiérrez (2007), describe que tiene un 58% de rendimiento en procesamiento para tiras mayores de 8 cm.

La presente investigación pretende evaluar la eficiencia de la utilización de un producto a base de microalgas, como alternativa al uso constante de fertilizantes. Contribuyendo con las investigaciones acerca de la eficiencia de estos bioelementos sobre cultivos de importancia con el siguiente objetivo:

- Determinar los efectos de tres diferentes dosis de microalgas aplicados foliarmente en rendimiento y calidad de tubérculos de papa variedad Unica.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales del cultivo de papa

#### 2.1.1 Origen y distribución

Su origen según J. G. Hawkes, (1978) citado por Chávez (2019), sostiene que la región situada entre el Cusco y el Lago Titicaca sería el centro de origen genético inicial de la papa cultivada, porque en esta región altoandina existe un gran número de especies silvestres, variedades nativas, asimismo se habría identificado que la variabilidad genética en estas zonas es excepcionalmente alta.

La papa se habría originado bajo condiciones de este ecosistema altoandino, hace 10,000 a 15,000 años, a partir de dos especies diploides silvestres de papa, *Solanum canasense* y *Solanum mullidissectum*. En el valle altoandino de Vilcanota y sus valles afluentes, cerca de 20 especies de papas silvestres de *Solanum tuberosum*, son morfológica y filogenéticamente afines a las papas cultivadas, más que en ningún otro ecosistema andino sudamericano (Chávez, 2019). Otras investigaciones han evidenciado tubérculos aún más antiguos, que se encontraron junto a restos humanos en la cueva “tres ventanas” con una antigüedad de 7,000 años (Egúsqüiza, 2014).

En el Perú la papa se siembra en 19 de las 25 regiones, por la presencia de temperaturas bajas y la disponibilidad de agua en el periodo de crecimiento, como factores principales. De esta manera, la papa se siembra a lo largo de toda la sierra del país. Desde la sierra de Piura, Cajamarca y Amazonas en el norte, hasta el Altiplano de Puno y la sierra de Tacna, en el sur (Egúsqüiza, 2014).

### 2.1.2 Taxonomía

Según el Sistema de información taxonómica ITIS, (2019) presenta la siguiente categoría taxonómica:

**Reino:** Plantae

**División:** Traqueofita

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanáceas

**Género:** *Solanum* L.

**Especie:** *Solanum tuberosum* L.

### 2.1.3 Características Botánicas

Las plantas de papa son plantas herbáceas y Egúsquiza (2014), describe las siguientes partes principales:

- a. **El brote:** este es un tallo que se origina de la yema principal del ojo del tubérculo. Esté en condiciones de oscuridad y humedad del suelo al sembrar los tubérculos brotados acelera su crecimiento, que al salir a la superficie se diferencian en tallo aéreo. La cantidad de brotes en cada tubérculo dependerá de su tamaño, de la variedad a la que pertenece, y las condiciones de almacén.
- b. **El tallo:** La planta de papa está conformado por tallos aéreos que sostienen a las hojas compuestas y a las flores. Y a los tallos subterráneos conformados por estolones y tubérculos.
- c. **La raíz:** Esta estructura se encarga de la absorción de agua y nutrientes del suelo, siendo las raíces de las capas superficiales las responsables de la mayor absorción de agua. Esta se origina de los mudos de los tallos subterráneos.
- d. **La hoja:** Es la estructura que se encarga de la fotosíntesis, es decir, capta y transforma la energía lumínica proveniente del sol en azúcares y almidón. La hoja de

papa es compuesta y presenta un número variados de foliolos, característica propia de la variedad.

- e. **La flor:** Es la estructura aérea que cumple la función de reproducción sexual. La flor de la papa es hermafrodita, completa y perfecta. Esta posee el pedicelo dividido en dos partes por un codo denominado articulación de pedicelo o codo de absición. Según la variedad la corola puede presentar colores como blanco, rojo, rosado, rojo morados, lila, violetas, que a su vez pueden presentar diferentes intensidades. Esta flor se presenta en grupos conformando una inflorescencia de tipo Cima.
- f. **El estolón:** Es el tallo que se origina en la yema del tallo subterráneo. El extremo del estolón tiene forma de gancho. Este es un tallo especializado en el transporte de nutrientes producido en la hoja para luego almacenarlo en el tubérculo. Su número y longitud depende de la variedad, del número de tallos subterráneos y las condiciones que crece la planta.
- g. **El tubérculo:** Es un tallo subterráneo altamente especializado en el almacenamiento de sustancias de reserva de alto valor nutricional. Posee entrenudos fuertemente comprimidos por la expansión lateral de la porción sub apical del estolón. Se presenta de variadas formas, las más comunes son redondas, ovales y oblongas.

#### 2.1.4 Fisiología de la Tuberización

“La formación de tubérculos o tuberización es el proceso más interesante del que es capaz la planta de papa.” (Egúsquiza, 2014). Esta ocurre en 2 etapas consecutivas:

**Inducción:** O también llamada inicio, la cual ocurre cuando los azúcares se almacenan bajo la forma de almidón, las células se multiplican a lo largo del tejido extremo del estolón o “gancho” deteniendo estos su crecimiento. Otro cambio que sucede es la diferenciación de las células de la epidermis del extremo del estolón hacia otro tipo de células que constituirán una cubierta llamada peridermis.

**Tuberización:** O también llamado llenado, es la etapa de crecimiento del tubérculo, donde las células se multiplican radialmente, ensanchando el extremo del estolón y el tubérculo se expande por acumulación de agua y sólidos. Esta etapa de crecimiento o expansión lateral de tubérculos se detiene hasta la madurez del follaje.

La planta debe de presentar varias condiciones para que se inicie y se efectúe de manera adecuada. Entre ellas, haber desarrollado una gran cantidad de follaje, suficiente para producir excedentes de azúcares. La planta necesita el estímulo de temperaturas frías, por lo que las condiciones de temperaturas ideales son los comprendidos entre los 10 a 20°C, cuando aún la respiración es baja. Con respecto al agua la planta no debe sufrir de limitaciones o déficit de agua. Es importante que la planta ya no tenga abastecimiento de nitrógeno en el suelo, ya que la planta podría prolongar su crecimiento y retrasar así el inicio de la tuberización.

### **2.1.5 Requerimientos Edafoclimáticos**

**Temperatura:** En general Egusquiza (2014), explica que la producción de papa para que pueda ser adecuada, debe ser en frío. Se indica que las temperaturas promedio sean menores de 20°C durante 2 meses.

**Suelo:** Las plantas se desarrollan adecuadamente en suelos de textura moderadamente gruesa (franco arenoso) y media (franco, franco limoso); profundos, bien drenados y de buena estructura que permitan asegurar un buen crecimiento de raíces y estolones. La pendiente no deber exceder el 8 %. Rango óptimo de pH es de 5,5 a 6,5. Contenido de materia orgánica en el suelo debe ser mayor a 4% (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

**Agua:** La precipitación pluvial óptima requerida por la planta es alrededor de 400 mm a 1,200 mm. La cantidad y repartición de las lluvias, durante y después de la floración determinan el número, pero y cantidad de materia seca en los tubérculos desarrollados (MINAGRI, 2019).

**Luminosidad:** La papa es una planta de día corto. Por consiguiente, el brillo solar requerido por las plantas se encuentra alrededor de 10 a 12 horas de sol por día (MINAGRI, 2019). La luminosidad también influye en la producción y distribución de carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando es alta. La máxima asimilación ocurre a los 60,000 lux. (MINAGRI, 2015).

## **2.2 Características de la Variedad de estudio “UNICA”**

Esta variedad es herbácea con hábito de crecimiento erecto, los tallos son gruesos de color verde oscuro, alcanzando una longitud entre 0.9 a 1.2 metros. Las hojas son compuestas y se distribuyen en espiral sobre el tallo. La forma de la hoja es disectada, con cinco pares de folíolos laterales. Tiene floración moderada entrada la temporada de primavera en Costa, escasa floración en el invierno en Costa y ausencia de floración en condiciones de Sierra (mayor a 2,000 msnm); las flores son violetas y no forman bayas en épocas con bajas temperaturas. Los estolones son alargados en el invierno o bajo condiciones de Sierra; ligeramente cortos y pegados al tallo en la primavera (Gutiérrez *et al.*, 2007). Produce tubérculos de tamaño uniforme, de forma oblonga o alargados, color rojo claro, ojos superficiales y de pulpa blanca marfil, brotes rojo violáceos. Esta variedad posee estolones cortos a diferencia de otras. Esta variedad es Resistentes a los virus PVX, PVY y PLRV, se le ha observado moderado resistencia al “nematodo del nudo” (Egúsquiza, 2014).

Esta variedad posee un potencial de 50 tn/ha para producir en el invierno en zonas de costa peruana. En la primavera y en la época seca en zonas de trópico bajo, se reduce el rendimiento. Comercialmente se pueden lograr rendimientos promedios de hasta 40 tn/ha (Gutiérrez *et al.*, 2007).

## **2.3 Importancia Nutricional**

Según Burgos (2019), La papa es una fuente importante de antioxidantes, carbohidratos, almidón, proteínas de calidad, B6 y potasio. Todas las papas contienen niveles significativos de vitamina C y ácido clorogénico, importante para regular las grasas corporales. Además, por sus altos niveles de vitamina C, favorecen la absorción de las concentraciones relativamente bajas de hierro y zinc (Tabla 1).

Las papas de pulpa amarilla son ricas en luteína y zeaxantina, asociadas a la prevención de enfermedades, y las papas de pulpa morada y roja son ricas en antocianinas. Estas últimas, ayudan aminorar el estrés oxidativo y el balance del estado antioxidante en el período de tensión muscular en el cuerpo humano, mejorando el rendimiento del ejercicio. Mostrando efectos sobre el flujo sanguíneo, las vías metabólicas y la fatiga muscular periférica.

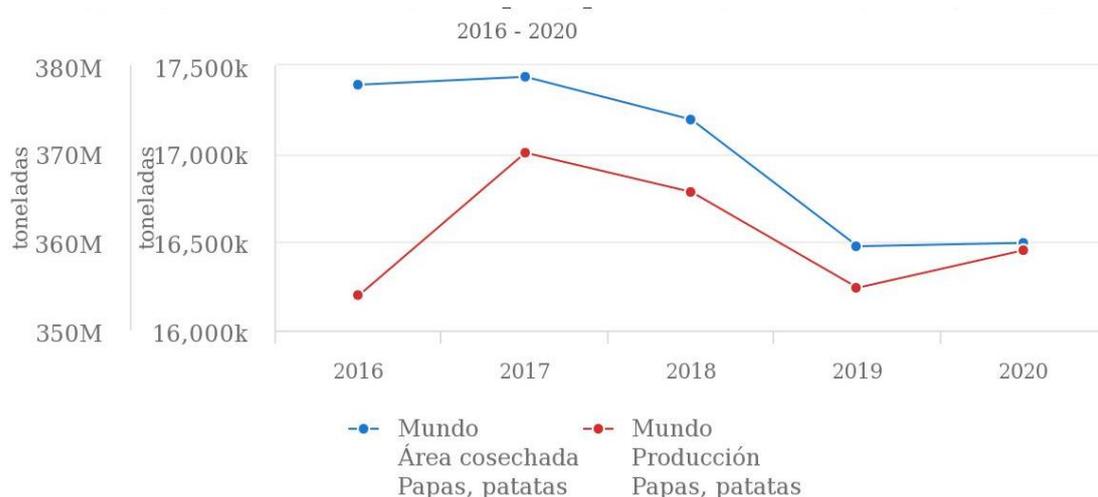
Tabla 1: Contenido nutricional y mineral del tubérculo de papa

<b>Componente</b>	<b>Cantidad Promedio</b>
Energía	164 kcal
Carbohidratos totales	17,8 g
Proteínas	2 - 2,62 g
Lípidos	0,36 - 0,67 g
Fibra dietética	11,7 - 19,7 g
Potasio	407 - 530 mg
Fosforo	46 - 80 mg
Magnesio	20 - 33 mg
Hierro	0,26 - ,052 mg
Zinc	0,17 - 0,52 mg
Calcio	5 - 11 mg
Manganeso	0,121 - 0,2 mg
Vitamina C	7,4 - 19,8 mg
Vitamina B6	0,13 - 0,177 mg

Fuente: *USDA, 2022*

## 2.4 Producción Mundial

El cultivo de la papa, cuyos orígenes genéticos se encuentran en América del Sur, se cultivan en más de 20 millones de hectáreas en 150 países, con una producción global total de 359 millones de toneladas en 2020 (Fig. 1). El director de la FAO, Dongyu (2022), indica que al mejorar los rendimientos y aprovechando al máximo las áreas de cultivo de papas en todo el mundo la producción puede incrementarse a 500 millones de toneladas en 2025 y 750 millones de toneladas en 2030, duplicando la producción total de este cultivo alimentario en los próximos 10 años.



Source: FAOSTAT (nov. 17, 2022)

**Figura 1.** Producción mundial de la papa entre los años 2016 y 2020  
**Fuente:** FAOSTAT (2022)

## 2.5 Producción Nacional

La papa ocupa un lugar importante en la economía agrícola del Perú, siendo el segundo cultivo de mayor importancia a nivel nacional, teniendo durante el 2019 un nivel de participación del 10.7% en el valor bruto de producción del subsector agrícola, superado sólo por el arroz con el 11.5% (Tabla 2). Su importancia radica en que la papa es la principal fuente de ingresos de más de 710,000 familias afincadas principalmente en las zonas andinas de nuestro país, considerando además al resto de actores participantes en la cadena de comercialización (MINAGRI, 2020).

En el 2018, según datos de la FAO, de los 21 países de Latinoamérica, Perú se encuentra en la posición 16 con respecto a los niveles de rendimiento de papa, estando a nivel de volúmenes de producción en el tercer lugar después de Estados Unidos y Canadá (MINAGRI, 2020).

Tabla 2: Producción, rendimiento, superficie sembrada y superficie cosechada del cultivo de papa a nivel nacional entre los años 2016 - 2020

<b>Año</b>	<b>Producción (tn)</b>	<b>Rendimiento (Kg/ha)</b>	<b>Superficie Sembrada (ha)</b>	<b>Superficie Cosechada (ha)</b>
2016	5,389,231	16,273	339,166	331,177
2017	4,776,294	15,388	319,712	310,400
2018	5,121,110	15,850	334,384	323,092
2019	5,389,231	16,273	339,166	331,177
2020	5,467,041	-	-	331,895

Fuente: (SIEA, 2021; FAO,2022)

## 2.6 Parámetros para la evaluación de papa

Los análisis foliares son una herramienta útil en el diagnóstico del estado nutrimental de un cultivo, ya que permiten detectar deficiencias de nutrientes mediante la comparación con valores establecidos en la literatura (niveles críticos) o mediante la comparación con plantaciones modelo que presenten un desarrollo adecuado (Tabla 3).

Los niveles críticos para interpretar los análisis foliares son dependientes de muchas condiciones, por ejemplo, el clima, el estado fenológico de la plantación, la disponibilidad de otros nutrientes, el tejido muestreado y otros factores que pueden definir esa concentración crítica necesaria para que la planta exprese su máximo potencial en una condición dada (Fallas y Berstsh, 2014).

Los análisis de tejido vegetal (pecíolo o hoja entera) tomados durante la temporada de desarrollo proporciona un informe más exacto sobre el estado nutricional y la probabilidad de desórdenes nutricionales o carencias (Yara, 2022).

Tabla 3: Concentraciones nutrimentales foliares del cultivo de papa

<b>Contenido</b>	<b>N %</b>	<b>P %</b>	<b>K %</b>
Promedio	6,3	0,3	5,31
Max	7,98	0,82	8,39
min	0,99	0,11	1,15

Fuente: *Fallas y Berstsh, 2014*

## **2.7 Aspectos de las Algas Marinas**

### **2.7.1 Definición**

Las algas son organismos fotosintéticos que crecen en una gran variedad de hábitats, principalmente en ambientes acuáticos, capaces de convertir energía lumínica y una fuente de carbono, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en un conjunto de material orgánico o “biomasa” (Tebbani *et al.*, 2020). Sin embargo, está ampliamente aceptado que las algas utilizan un espectro complejo de estrategias nutricionales, combinando fotoautotrofia y heterotrofia, lo que se conoce como mixotrofia. Las algas no poseen raíces, tallos, hojas, ni tejidos vasculares bien definidos, aunque muchas algas tienen apariencia a las plantas y algunas de ellas muestran especialización y diferenciación de sus células vegetativas, no forman embriones, sus estructuras reproductivas consisten en células que son todas potencialmente fértiles y carecen de células estériles que las cubran o protejan (Barsanti & Gualtieri, 2014).

Las algas pueden ser acuáticas o subaéreas, cuando están expuestas a la atmósfera en lugar de estar sumergidas en el agua. Las algas acuáticas se encuentran en casi cualquier lugar, desde manantiales de agua dulce hasta lagos salados, incluso sobre el hielo y en los océanos. Estos que cubren el 71 % de la superficie terrestre contienen más de 5,000 especies de microalgas que conforman parte del fitoplancton, formando la base de la cadena alimenticia marina y produce aproximadamente el 50 % del oxígeno respirable (Barsanti & Gualtieri, 2014).

Aun no hay un sistema de clasificación fácilmente definible y aceptable para las algas, ya que su taxonomía está bajo constante y rápida revisión de evidencia genética y ultraestructural. Sin embargo, por su tamaño según Ibáñez y Herrero (2017), se pueden clasificar en dos categorías, macroalgas y microalgas. En las macroalgas, existen tres grupos principales, Rhodophyta, Phaeophyta y Chlorophyta, conocidos comúnmente como algas rojas, algas pardas o marrones y algas verdes respectivamente. Con respecto a las microalgas, se encuentran las diatomeas, los dinoflagelados y las cianobacterias. Siendo estos unicelulares, filamentosos, con o sin flagelos, midiendo con tamaños variables de 0,2-2,0 μm. Además, también se presentan en conglomerados formando colonias (Barsanti & Gualtieri, 2014).

### 2.7.2 Principales microalgas

En estos microorganismos aún no se han explorado completamente y los productos comerciales a base de microalgas se utilizan actualmente principalmente como suplementos nutricionales. En la actualidad, sólo unas pocas especies de microalgas son explotadas, siendo las especies dominantes de microalgas disponibles comercialmente son: *Isócrisis spp.*, *Chaetoceros spp.*, *Chlorella spp.*, *Artrospira spp.*, y *Dunaliella spp.* (Priyadarshani & Rath, 2012). Siendo entre estos *Artrospira spp.* y *Chlorella spp.* las microalgas más cultivadas y usadas comercialmente (Ronga *et al.*, 2019).

### 2.7.3 Usos de las microalgas

Las microalgas poseen mucho potencial para muchas aplicaciones en diversos campos como en la industria farmacéutica, en el procesamiento de alimentos, medio ambientales y energías renovables:

#### **Sector Farmacéutico**

Las microalgas son una fuente interesante de moléculas bioactivas y toxinas que pueden utilizarse en el desarrollo y producción de nuevos fármacos para el tratamiento de enfermedades cancerosas. Polisacáridos extraídos de las microalgas permiten la síntesis de agentes antioxidantes, anticoagulantes, antivirales y antitumorales (Tebbani *et al.*, 2020). Investigaciones como en la selección de 10 cepas de Chlorophyta de tres géneros (*Desmococcus*, *Chlorella* y *Scenedesmus*) para purificar y analizar mediante ensayos anticancerígenos MIC antimicrobianos. Demostraron una alta incidencia de actividad antibacteriana contra bacterias Gram-positivas (9 de 10 especies) y Gram-negativas (7 de 10 especies). Los extractos también fueron efectivos contra algunas líneas de células tumorales (Ördög *et al.*, 2004).

Se conoce los efectos beneficiosos de los extractos de algas verdes, rojas y pardas para bajar el colesterol. También se han obtenido resultados positivos para estabilizar la presión sanguínea y su uso de actividad antibiótica y antiviral (Boraso *et al.*, 2003).

## **Sector Energético**

La búsqueda de energías limpias y combustibles no fósiles tiene una gran importancia, es cierto que la producción de biodiésel y bioetanol de primera generación, obtenidos a partir de monocultivos de aceite de palma, caña de azúcar, maíz, etc., no han llegado a cubrir las expectativas del consumo. Esto se debe fundamentalmente a que los cultivos para fines energéticos compite con los mismos cultivos para su empleo en alimentación, agregando a la gran necesidad de agua dulce para el riego. Entonces para generar energías limpias a partir de hidrocarburos extraídos de organismos como las microalgas, llamado también biodiésel de tercera generación, tiene varias ventajas. En primer lugar, el rendimiento en la producción de los lípidos que se emplearían para la obtención de biodiésel es similar a los cultivos terrestres, pero las algas ocupan entre un 4 % a 7 % de la superficie que se destinaría a los cultivos terrestres, no requieren agua dulce para su mantenimiento, basta con agua del mar, lo que las hace viables incluso en zonas desérticas o con problemas de aridez. Además, no son un alimento de primera necesidad, por lo que se evita el problema ético de crear monocultivos dedicados a generar combustible en lugar de a producir alimentos (Ibáñez y Herrero, 2017).

Para la producción de biometano, especies como *Gracilaria sp.* y *Macrocystis sp.* son excelentes organismos productores. Aunque, la disponibilidad de nutrientes y los altos costos de producción limitan su uso (Tebani *et al.*, 2020).

## **En el ámbito medioambiental**

Las principales aplicaciones ambientales de las microalgas son el tratamiento de aguas residuales y el consumo de CO<sub>2</sub> como método de reducción de este gas de efecto invernadero.

Las microalgas tienen una gran capacidad para absorber dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por ello las investigaciones son para estudio de diversas especies de microalgas consuman la mayor cantidad de este gas y a la vez puedan producir biomasa para distintos usos como la obtención de alimentos, biocombustibles y productos para la agricultura (Ibáñez y Herrero, 2017).

Las algas para el tratamiento de aguas residuales han demostrado que se pueden usar de manera eficaz gracias a su capacidad de utilizar como nutrientes aquellas sustancias que aparecen disueltas en este tipo de aguas, como el dióxido de carbono, el nitrógeno y el fósforo, que actúan como contaminantes de las mismas (Ibáñez y Herrero, 2017). También son capaces de fijar metales pesados, convirtiéndolos en los principales organismos para el tratamiento de aguas municipales e industriales (Tebbani *et al.*, 2020).

## **Sector Agricultura**

Como fertilizantes foliares, esta es una alternativa para su utilización de forma de extractos de algas como fertilizantes foliares, es decir como extractos con que se rocían las plantas. Estos extractos se comercializan ya sea en forma líquida o como polvos para diluir (Boraso *et al.*, 2003).

Estos productos tienen propiedades que mejoran el aprovechamiento de los minerales; también se han agregado a las semillas para mejorar su germinación y crecimiento en las primeras etapas (Boraso *et al.*, 2003).

Los productos derivados de microalgas tienen propiedades multifuncionales en la agricultura, facilitando la absorción de nutrientes, mejorando el rendimiento de los cultivos, el estado fisiológico, la tolerancia al estrés abiótico (Renuka *et al.*, 2018) y biótico, además de una mejora en la calidad de los productos cosechados. Por lo tanto, se sugiere aplicar extractos de algas especialmente cuando se presente condiciones estresantes que afecta el rendimiento del cultivo (Battacharyya *et al.*, 2015).

Los extractos de algas ofrecen beneficios adicionales, como agentes de biocontrol de patógenos (Renuka *et al.*, 2018, Alvarez *et al.*, 2021) con acción bioestimulante de actividad enzimática para la defensa de la planta, como transportadores, agentes quelatantes, etc. que conducen a una mayor inmunidad frente a los patógenos (Gupta *et al.*, 2013).

Como enmienda al suelo, las algas usadas como fertilizantes tienen algunas propiedades particulares positivas como la liberación lenta del nitrógeno en comparación a los fertilizantes provenientes de granjas, estas son ricas en micronutrientes y no traen semillas de malezas (Boraso *et al.*, 2003). Además, las microalgas permiten la adhesión de partículas

y el almacenamiento de agua en el suelo, así como la fijación del nitrógeno (Tebhani *et al.*, 2020).

Pueden solucionar problemas de erosión de suelos, debido a fuerzas físicas como el agua, el viento y las actividades agrícolas, afectando la fertilidad y la productividad del suelo agrícola. Debido a esto, los estudios demuestran que muchas especies de algas verdes y cianobacterias producen y excretan exopolisacáridos (EPS), que consisten en proteínas, ácidos nucleicos y lípidos en el entorno circundante. Estos EPS poseen propiedades adhesivas que ayudan a la agregación de partículas del suelo, facilitando la prevención de la erosión del suelo, el mantenimiento de la estructura adecuada del suelo. Además de tener un papel en la contribución al carbono orgánico del suelo para el crecimiento y desarrollo del microbioma benéfico, lo que conduce a la formación de biopelículas útiles en la rizosfera (Xiao & Zheng, 2016).

Los biofertilizantes a base de microalgas son de bajos costos de insumos y aumentan las ganancias de rendimiento de los agricultores al tiempo que mejoran y rejuvenecen la calidad del suelo en poco tiempo. Ayudan firmemente a aumentar el rendimiento del cultivo en un 10 - 25 % (Behera *et al.*, 2019).

## **Sector de Alimentos**

Las microalgas son una verdadera fuente de nutrientes. Se usan para la alimentación humana y animal. Estas se utilizan para producir colorantes en la industria alimentaria. Los polisacáridos de las microalgas se utilizan como agentes gelificantes o espesantes. El glicerol (molécula con función de osmorregulación de microalgas) se utiliza como edulcorante en el procesamiento de alimentos (Tebhani *et al.*, 2020).

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega-3 (omega-3 LCPUFA) EPA y DHA, se consideran actualmente de importancia nutricional debido a los numerosos efectos positivos para la nutrición humana como animal, siendo principalmente el aceite de pescado en el caso de los humanos y la harina y el aceite de pescado en el caso de los animales. Sin embargo, estas fuentes, no son abundantes. La harina y el aceite de pescado son productos que han comenzado a disminuir su disponibilidad principalmente debido a la sobreexplotación del recurso pesquero, lo que actualmente produce un alto costo de estos productos. Además de que, las algas presentan este omega-3 en forma de triglicérido y

fosfolípidos de alta biodisponibilidad, en forma limpia, eficiente y renovable. Estas características transforman a las microalgas en una modalidad de suplementación nutricional para la alimentación tanto humana como animal altamente costo/eficiente. Concluyendo así que el uso de microalgas como fuente de omega - 3 LCPUFA para la nutrición humana y animal, principalmente por su composición de EPA y/o DHA y buen rendimiento extractivo (Valenzuela *et al.*, 2015).

### **Ventajas de las microalgas**

Las microalgas son recursos potenciales para la agricultura. A diferencia de los fertilizantes químicos convencionales, las microalgas son un aporte de carbono orgánico cuando se aplican al suelo (Renuka *et al.*, 2018). Estas enmiendas al suelo con microalgas, aumentan ampliamente la biomasa microbiana del suelo, por lo tanto, benefician los procesos de ciclo de nutrientes, mineralización de la materia orgánica y liberación de nutrientes (Rice *et al.*, 1997). Mejorando su estructura y la fertilidad, lo que a su vez mejora el ciclo de nutrientes del suelo y los parámetros microbiológicos (Alvarez *et al.*, 2021).

Dwelle y Hurley (1984) evidenciaron que el extracto de algas marinas tuvo un efecto máximo en el rendimiento de papa cuando se aplicaba dentro de las 2 semanas posteriores al inicio de la tuberización. Otros estudios realizados en papa por Haider *et al.* (2012), demostraron que el extracto de algas marinas aplicado en dos etapas de crecimiento (30 y 60 días después de la siembra) es útil para obtener mayor crecimiento, mayores rendimientos y tubérculo de calidad. Mejorando también el aumento significativo de las concentraciones de NPK, sólidos solubles totales, proteínas y materia seca en los tubérculos de papa.

La aplicación foliar de extractos de algas pareció ser más eficaz si se aplicaba por la mañana cuando los estomas de las hojas estaban abiertos. La eficacia de los extractos de algas marinas también depende de la etapa de crecimiento de la planta (Battacharyya *et al.*, 2015).

El extracto de *Chlorella vulgaris* puede considerarse un bioestimulante, ya que aumento en rendimiento en plantas de lechuga. influyendo positivamente en el crecimiento de las plántulas, al incrementar los pesos fresco y seco, clorofilas, carotenoides y contenido proteico. A nivel de raíces, el extracto incrementó el contenido de materia seca y proteínas (Bella *et al.*, 2021).

Otro de los beneficios del uso de biofertilizantes de microalgas es que son amigables con el medio ambiente, a diferencia de los fertilizantes químicos que son tóxicos para el medio ambiente (Dineshkumar *et al.*, 2020).

### **Generar tolerancia al estrés abiótico**

La aplicación de extractos de algas tiene efectos beneficiosos sobre el crecimiento y la adaptación al estrés. Pero estos extractos tienen propiedades que van más allá de la nutrición básica, los cuales mejoran el crecimiento y la tolerancia al estrés en plantas de soja, especialmente en el tratamiento de agua de riego con una ETc del 75 %. Sary *et al.* (2020), probó que la capacidad de 4 ml/L de algas bajo estrés hídrico es una estrategia eficaz para mejorar la productividad. La EUA, eficiencia de utilización del agua aumentó, con el aumento del estrés hídrico, lo que significa que la aplicación foliar de algas condujo a un aumento en la eficiencia de la planta para producir un mayor rendimiento con menos agua.

Además, también identifiqué el aumento de tamaño significativo bajo ETc al 100 % entre el grupo de control y las plantas tratadas con extracto de algas con diferentes concentraciones. Siendo la concentración de 4 ml/l. significativamente mayor. Además de que aumento el número de vainas por planta, influido con un estrés de ETc del 75 % de agua de riego (Sary *et al.*, 2020).

El-Baky *et al.*, (2010), sugirió que la aplicación de extractos de microalgas a plantas de trigo, sometidas a estrés hídrico mediante el riego de agua de mar, podrían ser útiles para mejorar la tolerancia a la salinidad. El extracto acuoso de microalgas *Espirulina spp.* y *Chlorella spp.* mejoró la tolerancia de la planta de trigo a la salinidad, además de mejorar la capacidad antioxidante y el contenido de proteínas de los granos producidos al tratar las plantas con extractos de microalgas. De igual forma Wadas & Dziugiel (2020), en aplicaciones foliares de extractos de algas sobre plantas de papa, aumentaron el área de asimilación, mejorando así la tolerancia al estrés abiótico y aumentaron el rendimiento de tubérculos comerciales

## Control de patógenos

Los biofertilizantes de algas ofrecen beneficios adicionales, como el biocontrol de patógenos de plantas produciendo fitohormonas y otros compuestos bioactivos (Alvarez *et al.*, 2021). Kulik (1995), informa que las macroalgas y microalgas son candidatas adecuadas para su explotación como agentes de control contra bacterias y hongos patógenos. Ya que, estos producen un gran número de productos de efecto antibacterianos y antifúngicos. Identificándolos como organismos potenciales para el biocontrol de patógenos y plagas.

Investigaciones con la microalga *Chlorella fusca* en el control del moho gris causado por *Botrytis squamosa*, Se investigaron cuatro granjas de cebollino chino orgánico, con tratamientos de 0,4 % de *Chlorella fusca* con intervalos de dos semanas por aspersión foliar y riego al suelo. Como resultado, en las hojas de las cebolletas chinas no tratadas se formaron pequeñas lesiones blancas, pero las lesiones de las cebolletas chinas tratadas con 0,4 % de microalga tenían menos lesiones. La aparición de la enfermedad del moho gris en el cebollino chino tratado con *Chlorella* se redujo significativamente en más del 24,2 % a diferencia de los no tratados. Mostrando su gran potencial como biofertilizantes en la agricultura orgánica (Kim *et al.*, 2018). De igual manera *Chlorella fusca* en suspensión como pesticida foliar, ha sido efectivo contra la antracnosis ocasionada por *Colletotrichum orbiculare* en hojas de pepino (Lee *et al.*, 2016).

Los polisacáridos de microalgas (PS) pueden ser un agente bioelicitador eficaz que puede proteger eficazmente a las plantas contra el estrés biótico. En el estudio obtenido de microalgas y cianobacterias sobre la bioquímica y marcadores metabólicos vinculados a vías de defensa en plantas de tomate. Las plantas tratadas con PS de microalgas exhibieron mayor acumulación de C16:0 y C18:0, VLCFAs y VLCAs que son metabolitos ligados al fortalecimiento de la cutícula por síntesis de cera para inhibir la penetración de toxinas de patógenos. Estos metabolitos también están involucrados en la síntesis de complejos de esfingolípidos, la unidad basal de la bicapa lipídica de la membrana. mejoraron la acumulación de ácidos grasos C16:3, C18:2 y C18:3 liberados de los lípidos de membrana como precursores de la biosíntesis de oxilipinas que son moléculas señalizadoras de defensa de las plantas. Finalmente, los PS también indujeron la acumulación de derivados de sitosterol y estigmasterol, los cuales tienen un papel clave en la regulación del flujo de nutrientes al apoplasto, lo que hace que las plantas de tomate sean resistentes a los patógenos (Rachidi *et al.*, 2021).

La pérdida de rendimiento de la producción agrícola debido a la presencia de plagas ha sido tratada a lo largo de los años con plaguicidas sintéticos, pero el uso de estas sustancias afecta negativamente al medio ambiente y presenta riesgos para la salud de los consumidores y los animales (Costa *et al.*, 2019).

### **Eliminación de pesticidas en el área agrícola.**

Matamoros y Rodríguez (2016), investigaron el efecto de las microalgas en remoción de pesticidas, usando el agua de escorrentía agrícola de canales de drenaje agrícola. Inoculando microalgas, las cuales sus principales poblaciones estaban formadas por *Chlorella sp.* y *Escenadesmo sp.* Se compararon reactores discontinuos en presencia de microalgas con reactores de control sin microalgas para averiguar la relevancia para eliminar pesticidas de agua de escorrentía agrícola, dando resultados de un incremento de eficiencia de remoción de plaguicidas en los reactores discontinuos después de 10 días de incubación como sigue: lindano (21 contra 72%), alacloro (14 contra 74%), clorpirifos (15 contra 50%), endosulfán (91 contra 99%) y malatión (88 contra 97%). Por lo tanto, la tecnología de microalgas se postula como una alternativa para eliminar pesticidas de la escorrentía agrícola.

### **2.8. Acción fisiológica de los bioestimulantes**

Los extractos de microalgas contienen fitohormonas, enzimas y vitaminas que pueden mejorar la asimilación de nutrientes y la translocación de solutos, lo que conduce a aumentos significativos en el rendimiento de los cultivos (Ronga *et al.*, 2019). La aplicación de extracto de *Chlorella vulgaris* aumentaron la biomasa fresca y seca de los brotes de trigo, además de aumentar el nivel de nutrientes absorbidos en raíces (Shaaban, 2001). Las auxinas y citoquininas están presentes en las microalgas y detectando comportamientos hormonales similares en muchas especies analizadas tanto microalgas y macroalgas (Stirk, et al., 2013).

Los extractos de macroalgas y microalgas al tener propiedades bioestimulantes y biofertilizantes, al ser aplicadas de forma foliar, los aminoácidos ingresan por la cutícula, llegan a los haces conductores y se distribuyen por toda la planta, principalmente en las zonas meristemáticas, volviéndose y formando parte de las sustancias enzimáticas metabólica intracelular. Permite además la formación y el bloqueo RNA mensajero, como parte de la

regulación enzimática de la actividad genética, ya que las enzimas son proteínas formadas por aminoácidos que por efectos alostéricos producen inhibición y activación por producto final, en este caso por los L-aminoácidos, quienes pasan al citoplasma, gracias a la Glutamil-transferasa. Las enzimas que dirigen las síntesis de productos finales, se regulan a nivel de reacciones de catálisis o de síntesis. Aquí, estos aminoácidos van a actuar, cuando los sistemas metabólicos de la planta se encuentran reprimidos por factores exógenos como el clima, podas, trasplantes, tipo de suelos, etc. (De Robertis, 1986).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación

El experimento se llevó a cabo en instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina que se ubica en el distrito de La Molina, departamento de Lima, en el “Campo Agrícola experimental”. Ubicado en las coordenadas geográficas de 12°4'57.10"S latitud, 76°57'0.99"O de longitud y una altitud de 234 m.s.n.m. Dando inicio con la siembra el 24 de junio (Fig. 2).



*Figura 2.* “Campo Agrícola Experimental” ubicado en Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú). Sombreado amarillo es la zona aproximada referencial del experimento

**Fuente:** Google Earth pro

### 3.2 Clima

Se recopilaron los datos meteorológicos obtenidos de la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt, ubicada en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Tabla 4). Durante el experimento se registraron temperaturas promedio que oscilaron de 16.1°C a 16.71°C (Tabla 4). La humedad relativa registrada vario desde los 80.48% a 85.35%, de los meses de octubre y Julio respectivamente. Estas temperaturas nos muestran que están dentro de los valores óptimos-normales para la variedad del cultivo (Fig. 3 y 4).

Tabla 4: Temperatura, Humedad relativa, Precipitación y Presión en el periodo junio 2019 – octubre 2019. La Molina, Lima

Mes	Temperatura			Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Presión (mb)
	Promedio	máxima	mínima			
Junio	16,10	19,59	14,07	83,50	0,17	985,45
Julio	15,30	18,11	13,89	85,35	0,17	986,28
Agosto	14,87	18,56	12,70	83,87	0,14	986,48
Septiembre	16,04	20,32	13,91	81,85	0,19	986,63
Octubre	16,71	21,70	13,36	80,48	0,06	985,82

Fuente: Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt

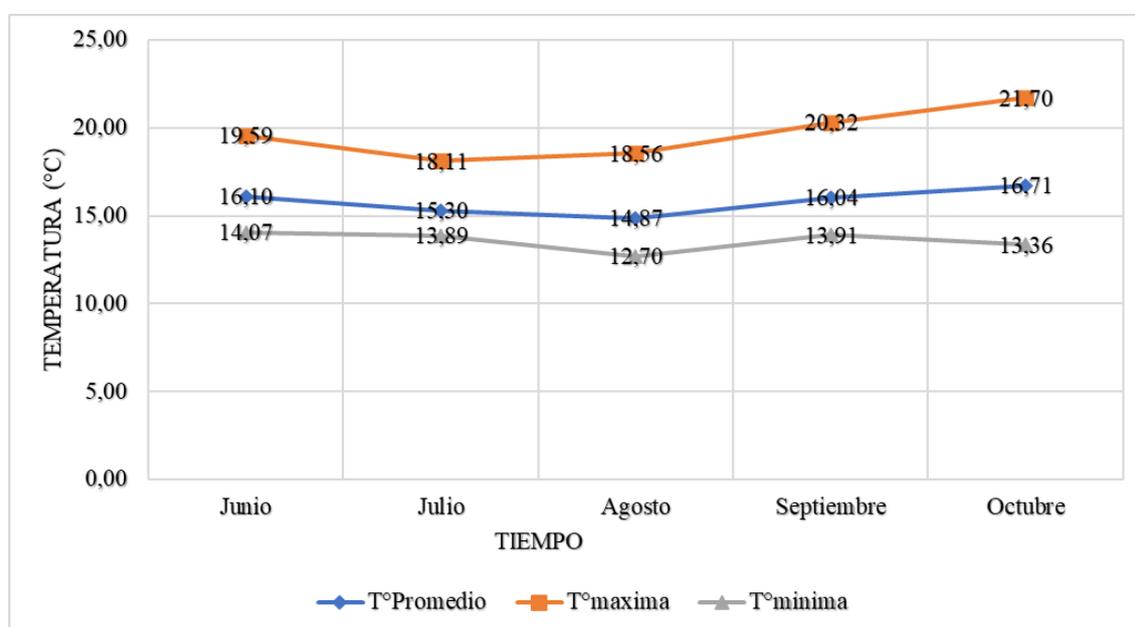


Figura 3. Variación de temperatura en el periodo Junio - octubre del 2019

Fuente: Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt, La Molina

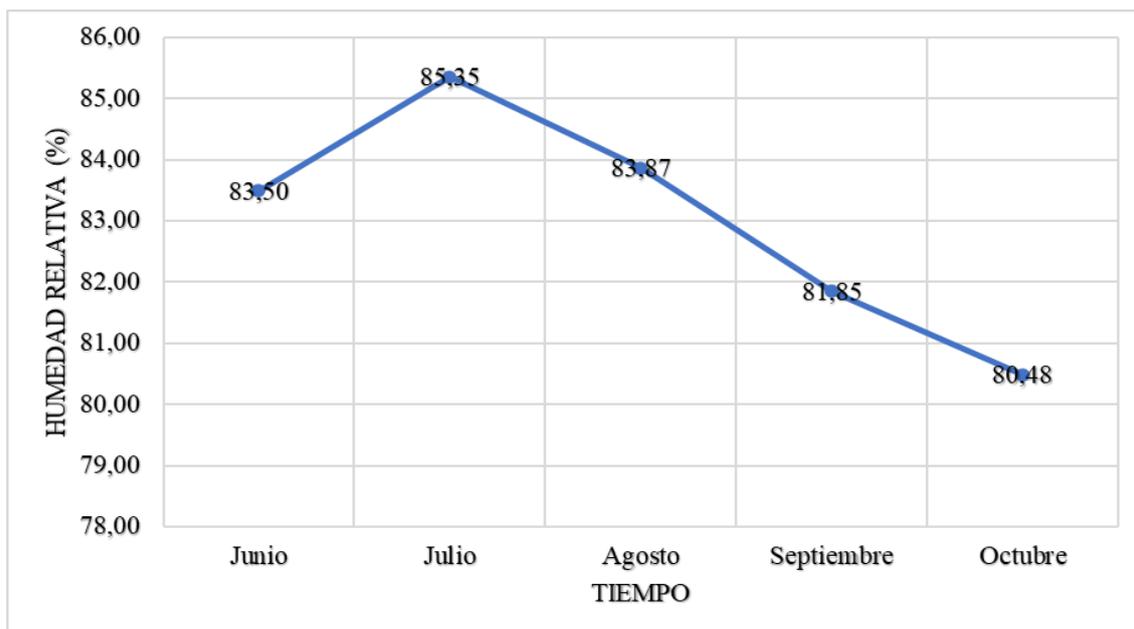


Figura 4. Variación de la humedad relativa en el periodo Junio - octubre del 2019

Fuente: Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt, La Molina

### 3.3 Suelo

La muestra de suelos se analizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Realizando el muestreo del área experimental, demostrando que el suelo tiene una composición textural franco arenosa, el cual tiene como característica tener retención de humedad y un buen drenaje. Presento un pH 7.5, es decir que es un suelo ligeramente alcalino (Tabla 5). La conductividad eléctrica (CEe) fue de 1.25 dS/m, que indica que es un suelo muy ligeramente salino. Posee un porcentaje de Carbonato de calcio de 3.2% indicando que es un suelo calcáreo medio. El contenido de materia orgánica fue de 1.59% indicando que es bajo en M.O. En tanto con el contenido de fósforo y potasio en el suelo es alto, siendo 37.9 ppm y 302 ppm respectivamente. El valor de la CIC fue de 11.2 meq/100g correspondiendo a un rango bajo.

Análisis físico - químico del suelo Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes (Universidad Nacional Agraria La Molina).

Tabla 5: Análisis de caracterización del suelo

Análisis físico - químico del suelo (Universidad Nacional Agraria La Molina)																		
pH (1:1)	CE (1:1) dS/m	CaCO3 %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC meq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases
						Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca	Mg	K	Na	Al + H			
7,5	1,25	3,2	1,59	37,9	302	59	22	19	Fr. A.	11,2	8,38	1,68	0,66	0,48	0	11,2	11,2	100

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 2019

### **3.4 Herramientas**

- Baldes
- Block de notas
- Bolsas de papel
- Costales
- Estacas
- Jabas
- Jeringas
- Lampa
- Lápices y lapiceros
- Pabilo
- Pico
- Semilla agronómica de papa var. “UNICA”
- Vaso precipitado
- Vasos
- Vernier
- Wincha

### **3.5 Equipos**

- Balanza analítica
- Bascula
- Cámara fotográfica
- Carretilla
- Computadora
- Estufa
- Laboratorio de fertilidad de suelos (equipos para determinar contenido de Nitrógeno)
- Mochila de aplicación de 20 L.
- Molino eléctrico

### 3.6 Extracto de microalgas

El Phycoterra es un producto en suspensión líquida de microalgas producidas en estanques al aire libre con un contenido en sólidos del 10 % (Tabla 6). Este provee materia orgánica al suelo y su comunidad microbiana. Mejora el rendimiento y la calidad de los cultivos al proporcionar los beneficios de las microalgas al microbioma del suelo. Restaurando la calidad natural del microbioma del suelo y ayuda a equilibrar el ecosistema general del suelo. Se aplica de variadas formas en el campo y diferentes momentos en el cultivo (Phycoterra, 2019).

Tabla 6: Composición químico – físico de Phycoterra

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Nitrógeno Total	$\geq 0.30$ %
Fosforo	$\geq 0.30$ %
Potasio	$\geq 0.10$ %
Calcio	0.01 – 0.10 %
Hierro	10 – 100 ppm
Magnesio	0.0075 – 0.035 %
Manganeso	1.0 – 10 ppm
Zinc	1.0 – 10 ppm
Cloruro	40 – 250 ppm
Sodio	0.01 – 0.1 %
Azufre	0.01 – 0.1 %
Boro	0.2 – 2.0 ppm
<b>Propiedades Físicas</b>	
Carbono Orgánico Total	$\geq 4.0$ %
Materia Orgánica	$\geq 9.0$ %
C:N	7:1

Fuente: *Phycoterra, 2020*

### 3.7 Metodología

#### 3.7.1 Instalación del experimento

El terreno del “Campo Agrícola experimental” fue preparado con labores de arado, gradeo, nivelado y finalmente surcado. Se procedió a la marcación del campo empleando cal para separar los bloques y tratamientos. Se sembraron las semillas vegetativas el 24 de junio.

El riego fue por gravedad, siendo la frecuencia de forma semanal con una duración de dos horas.

### 3.7.2 Área Experimental

Se realizaron cinco tratamientos en cuatro bloques distribuidos al azar, en parcelas de 20 m<sup>2</sup> para el experimento (Tabla 7). Con un total de 20 parcelas, donde cada una con 4 líneas de plantas, separadas de los bloques, en calles de 1 metro delimitadas con cal (Fig. 5).

Tabla 7: Medidas del área experimental

<b>Bloques</b>	
Numero de bloques	4
Largo de bloques	25 m
Ancho de bloque	5 m
Área de bloque	100 m <sup>2</sup>
<b>Unidad experimental (parcelas)</b>	
Numero de parcelas / bloques	5
Número total	20
Largo de parcela	5 m
Ancho de parcela	4 m
Área de parcela	20 m <sup>2</sup>
<b>Área del experimento</b>	
Área total experimental	400 m <sup>2</sup>

### Distribución de tratamientos en el campo experimental

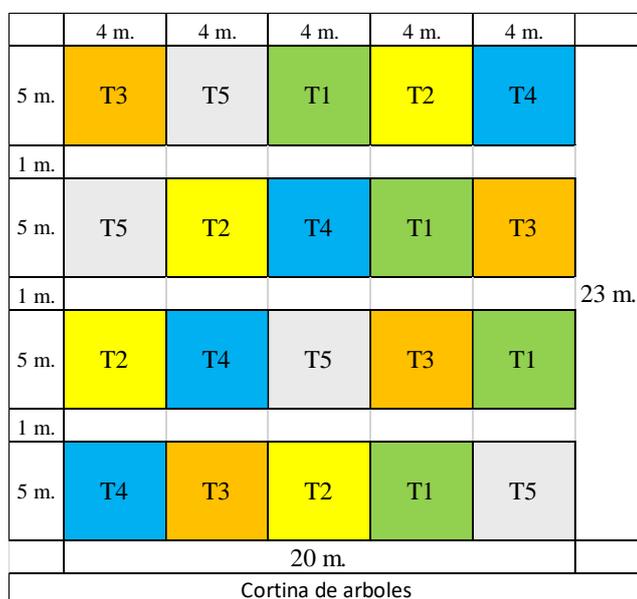


Figura 5. Distribución de tratamientos en campo (Croquis)

### 3.7.3 Tratamientos

Se evaluaron cinco tratamientos, de los cuales tres, tuvieron tratamientos con aplicación foliar a base de extracto de algas marinas con fertilización al suelo. Otro con fertilización al suelo y sin aplicación foliar, otro sin aplicación foliar y sin fertilización al suelo (Tabla 8). Las aplicaciones foliares se dieron a inicios de la cuarta semana desde la siembra. La primera aplicación de Phycoterra para todos los tratamientos se realizó 30 días después de la siembra (DDS), la segunda 37 DDS, la tercera 55 DDS y la cuarta a los 76 DDS (Tabla 8). Con respecto al gasto de agua, por motivos prácticos, el agua utilizada por momento de aplicación de primera a cuarta fue 1.0, 1.0, 3.0 y 4.0 litros respectivamente. Para mayor información en relación a los volúmenes de agua empleados en las aplicaciones estos se muestran en los anexos 34, 35 y 36.

Tabla 8.: Descripción de los tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis Phycoterra</b>
<b>T1</b>	2 L/ha
<b>T2</b>	4 L/ha
<b>T3</b>	6 L/ha
<b>T4</b>	0 L/ha
<b>T5</b>	Sin fertilización y sin Phycoterra

### 3.8 Diseño experimental

El diseño estadístico que se empleó en el experimento es de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (bloques). Usaremos el Análisis de Varianza para contrastar la hipótesis nula de que las medias de distintas poblaciones coinciden y se realizará la prueba de medias de Tukey al 5%.

Para el análisis de variancia y la prueba de comparación de medias, se utilizó el programa estadístico InfoStat.

### 3.9 Modelo estadístico

Del modelo matemático:  $Y_{ijk} = U + T_i + B_j + E_{ij}$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4$  y 5. Niveles de microalgas.

$j = 1, 2, 3$  y 4. Bloque.

$Y_{ijk}$  = Valor observado al finalizar experimento de la unidad experimental que recibió el  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

$U$  = Es el efecto de la media general y corresponde al promedio de toda la respuesta en la población.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de algas marinas.

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental de la unidad experimental que recibió el  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

### 3.10 Parámetros evaluados

#### Previo a la cosecha

Antes de la cosecha se extrajo una planta al azar de cada surco lateral de la unidad experimental para determinar número de tubérculos y peso fresco de la parte aérea (hojas, tallos y tubérculos).

**Peso de tubérculos:** Se evaluó el peso total de tubérculos de las plantas tomadas al azar de los surcos laterales de la unidad experimental de cada tratamiento. Para ellos se utilizó una balanza digital.

**Tamaño de tubérculos:** Se usó la clasificación comercial de tubérculos para agrupar en cinco categorías o calibres (extra, primera, segunda, tercera y descarte) por planta (Tabla 9).

Tabla 9: Clasificación en calibres de tubérculo

<b>Categoría Diámetro longitudinal (cm.)</b>	
Extra	> 9.0
Primera	7.5 - 9.0
Segunda	6.0 - 7.5
Tercera	4.5 - 6.0
“chancho” o “descarte”	< 4.5

Fuente: *Sifuentes 2012*

**Número de tubérculos:** Se contabilizó el número de tubérculos de cada categoría (extra, primera, segunda, tercera y descarte) previa clasificación por tamaño, por planta.

### **En cosecha**

Para las evaluaciones del rendimiento total y calidad, se cosecharán las plantas de los dos surcos centrales de cada unidad experimental:

**Rendimiento:** En la cosecha realizada el día 19 de octubre del 2019, se contabilizó y pesó los tubérculos de cada unidad experimental.

**Materia Seca:** De las plantas escogidas previas a la cosecha, se pesaron 200 g. de tallos, hojas y tubérculos (trozado) en fresco. Luego en bolsas de papel se llevaron a estufa a una temperatura de 70 °C por 72 horas para determinar su peso en seco (g). Los datos recolectados se clasificaron de acuerdo a la escala de la Tabla 10. Para obtener el porcentaje de materia seca se empleó la siguiente fórmula:

$$Materia\ Seca = \frac{Peso\ seco}{Peso\ fresco} \times 100\%$$

Tabla 10: Categorías de niveles de materia seca (%)

<b>Nivel</b>	<b>Materia Seca</b>
Bajo	14 - 18
Medio	19 - 23
Alto	24 - 27
Muy alto	> 27

**Fuente:** *Mendoza y Mosquera, 2011*

**Análisis foliar:** Se tomaron las muestras de hojas secas, para ser llevadas a molienda de cada unidad experimental y ser llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se llevó a cabo la preparación y posterior entrega de muestras para determinar la concentración de P y K.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Peso de tubérculos

En la Tabla 11 nos muestra el peso total de tubérculos promedio por planta obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados en el presente ensayo. Los valores oscilaron entre 1.00 kg/planta y 2.36 kg/planta. El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento con aplicación de Phycoterra a 6 L/Ha, en cuanto al menor rendimiento fue el testigo, el cual no tenía fertilización al suelo ni aplicación de Phycoterra de forma foliar. La prueba de comparación de medias de Tukey al 5 %, muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con respecto al testigo.

Tabla 11: Efecto de la aplicación de Phycoterra en el peso de tubérculos promedio por planta del cultivo de papa var. "UNICA" (*Solanum tuberosum L.*) en condiciones de La Molina. 2019

<b>Tratamiento</b>	<b>TOTAL (kg. /planta)</b>
Phycoterra 2 L/ha	2.18 a*
Phycoterra 4 L/ha	2.28 a
Phycoterra 6 L/ha	2.36 a
Phycoterra 0 L/ha	1.57 ab
Testigo	1.00 b
Promedio	1.88
C.V. (%)	33,11
ANVA	s.

\*.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

C.V.: Coeficiente de Variación

## 4.2 Número de tubérculos total

La evaluación del número de tubérculos totales y comerciales se realizó el 09 de octubre del 2019. Los tratamientos T1, T2 y T3 deberían haber sido favorecido de manera significativa para influir en la cantidad de tubérculos de papa var. “UNICA” producidos, ya que el producto empleado de Phycoterra en esta investigación podría nutrir y estimular en mayor valor la tuberización.

En la Tabla 12 nos indica que el número de tubérculos obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados en el presente ensayo. Los valores oscilaron entre 7.50 a 8.50 tubérculos por planta (Fig. 6). El mayor valor de número de tubérculos totales y comerciales, lo obtuvo el tratamiento 3 de Phycoterra a 6 L/ha y el menor valor pertenece al testigo. Sin embargo, el análisis estadístico por la prueba de Tukey, muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Ancajima (2016), también coincide que la aplicación de bioestimulantes de forma foliar, al cultivo de papa, no mostro resultados con diferencias significativas para la variable de número de tubérculos. Así como también la investigación en aplicaciones foliares de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) en el cultivo de papa con fuentes de materia orgánica, de Palacios (2015), que no obtuvo diferencias significativas para la variable de número de tubérculos para ninguno de sus tratamientos.

Tabla 12: Efecto de la aplicación de Phycoterra en el número de tubérculos por planta total y comercial del cultivo de papa var. “UNICA” (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

<b>Tratamiento</b>	<b>TOTAL</b>	<b>COMERCIAL</b>
Phycoterra 2 L/ha	7,75 a	6,75 a*
Phycoterra 4 L/ha	7,88 a	7,63 a
Phycoterra 6 L/ha	8,50 a	7,63 a
Phycoterra 0 L/ha	8,25 a	6,75 a
Testigo	7,50 a	5,13 a
Promedio	7,98	6,78
C.V. (%)	22,05	24,36
ANVA	n.s.	n.s.

\*: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

n.s.: no significativo

C.V.: Coeficiente de Variación

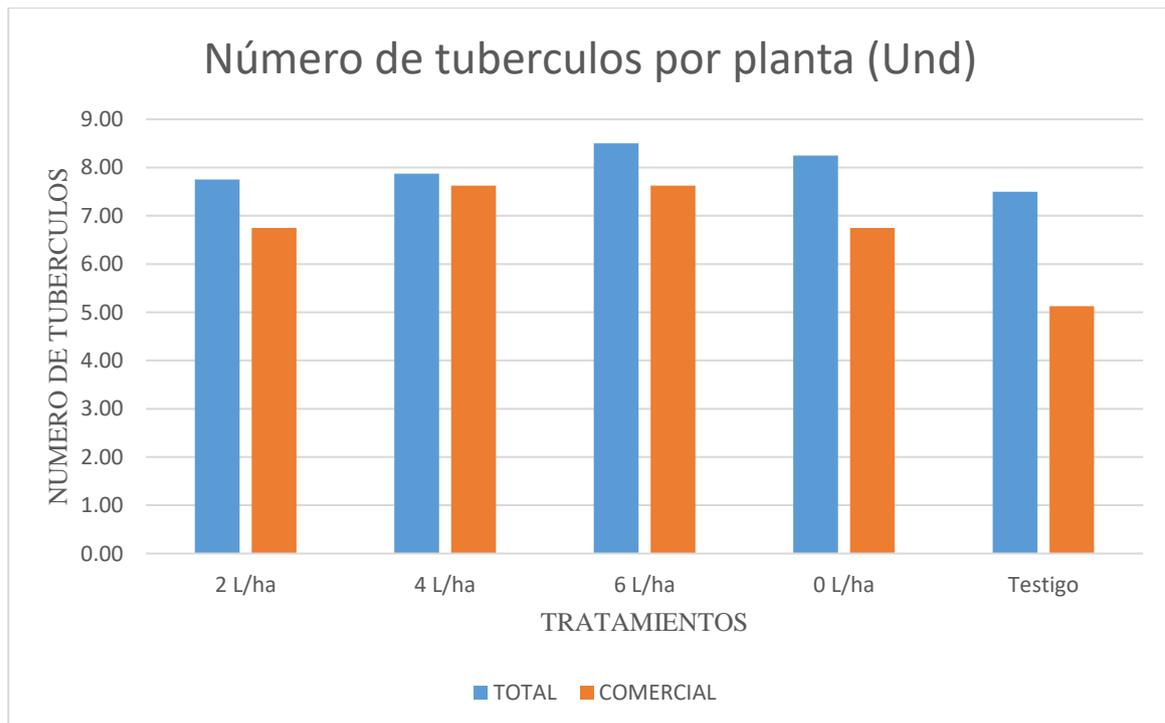


Figura 6. Efecto de la aplicación de Phycoterra en el número de tubérculos por planta total y comercial (Und) del cultivo papa var. "UNICA" (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

#### 4.3 Tamaño de tubérculos

En la tabla 13, se muestra la cantidad porcentual obtenida del número tubérculos por planta, clasificada en sus respectivas categorías según la tabla 9. Las plantas aplicadas con phycoterra obtuvieron una reducción de tubérculos de categoría tercera y descarte, que a diferencia de los tratamientos T4 y el testigo, tienen mayor cantidad de tubérculo de tercera, con 9.09 % a 16.35% y tubérculo de descarte oscilo entre 18.18 % y 29.09 % (Fig. 7).

Tabla 13: Efecto de la aplicación de Phycoterra en el porcentaje por tamaños de tubérculos por planta en el cultivo de papa var. "UNICA" (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

Tratamiento	Extra	Primera	Segunda	Tercera	Descarte
<b>Phycoterra 2 L/Ha</b>	29,03 %	30,65 %	24,19 %	3,23 %	12,90 %
<b>Phycoterra 4 L/Ha</b>	20,63 %	38,10 %	30,16 %	7,94 %	3,17 %
<b>Phycoterra 6 L/Ha</b>	13,24 %	44,12 %	27,94 %	4,41 %	10,29 %
<b>Phycoterra 0 L/Ha</b>	9,09 %	43,94 %	19,70 %	9,09 %	18,18 %
<b>T5: Testigo</b>	14,55 %	23,64 %	16,36 %	16,36 %	29,09 %

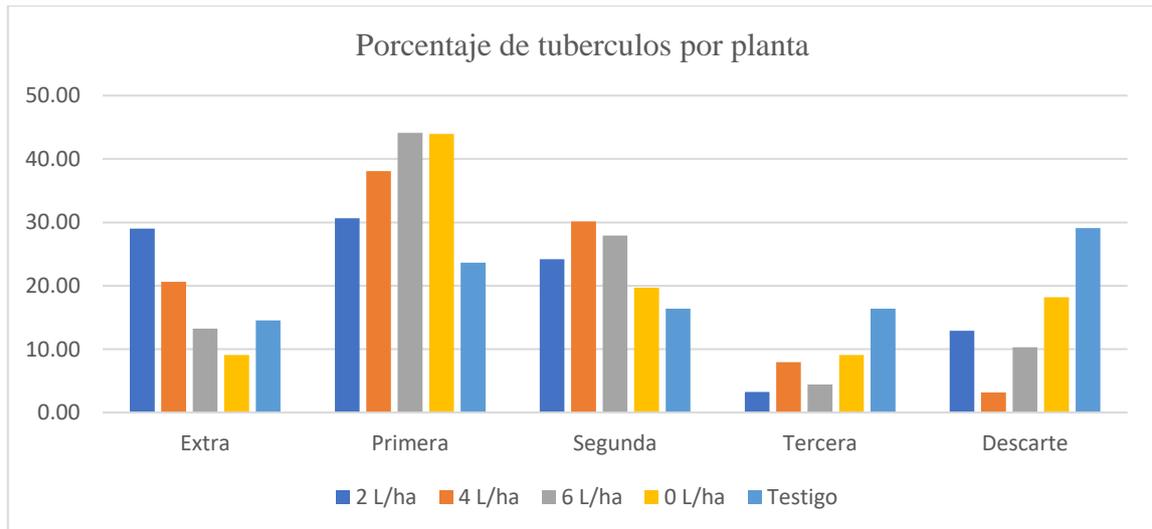


Figura 7. Efecto de la aplicación de Phycoterra en el porcentaje por tamaños de tubérculos por planta (%) en el cultivo de papa var. “UNICA” (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

#### 4.4 Rendimiento

En la Tabla 14 nos indica que los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados en el presente ensayo. Los valores oscilaron entre 17.88 y 27.15 tn/ha. El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento con aplicación de Phycoterra a 6 L/ha, en cuanto al menor rendimiento fue el testigo, el cual no tenía fertilización al suelo ni aplicación de Phycoterra de forma foliar (Fig. 8). El análisis estadístico por la prueba de Tukey, muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

El estudio del impacto de la aplicación foliar de extracto de algas en el crecimiento, rendimiento y calidad de la papa en diferentes tiempos después de la siembra (Haider et al., 2012), mostro que con la aplicación foliar de algas marinas aumento el rendimiento con valor máximo de 24 tn/ha y mínimo de 19.5 tn/ha. Demostrando que en un intervalo de entre 30 a 60 DDS mejoro el rendimiento.

A diferencia de Layten (2015), que evaluó la aplicación de diferentes fuentes de extractos de algas marinas en el cultivo de alcachofa, obteniendo diferencias no significativas en los valores de rendimiento entre sus tratamientos, pero si una tendencia a incrementar el rendimiento por parte del producto evaluado Agrostemin con 21,41 tn/ha.

También en la investigación de Moreno (2017), no obtuvo diferencias significativas a nivel de rendimiento en el cultivo de ají escabeche, pero si evidencio el incremento del rendimiento del producto Agrostemin con 29.26 tn/ha.

Tabla 14: Efecto de la aplicación de Phycoterra en el rendimiento del cultivo de papa var. "UNICA" (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

Tratamiento	Rendimiento (Tn/ha)
Phycoterra 2 L/ha	24,96 ab*
Phycoterra 4 L/ha	25,69 ab
Phycoterra 6 L/ha	27,15 a
Phycoterra 0 L/ha	23,80 b
Testigo	17,88 c
Promedio	25,40
ANVA	s.
C.V. (%)	5,53

\*: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

s.: significativo

C.V.: Coeficiente de Variación

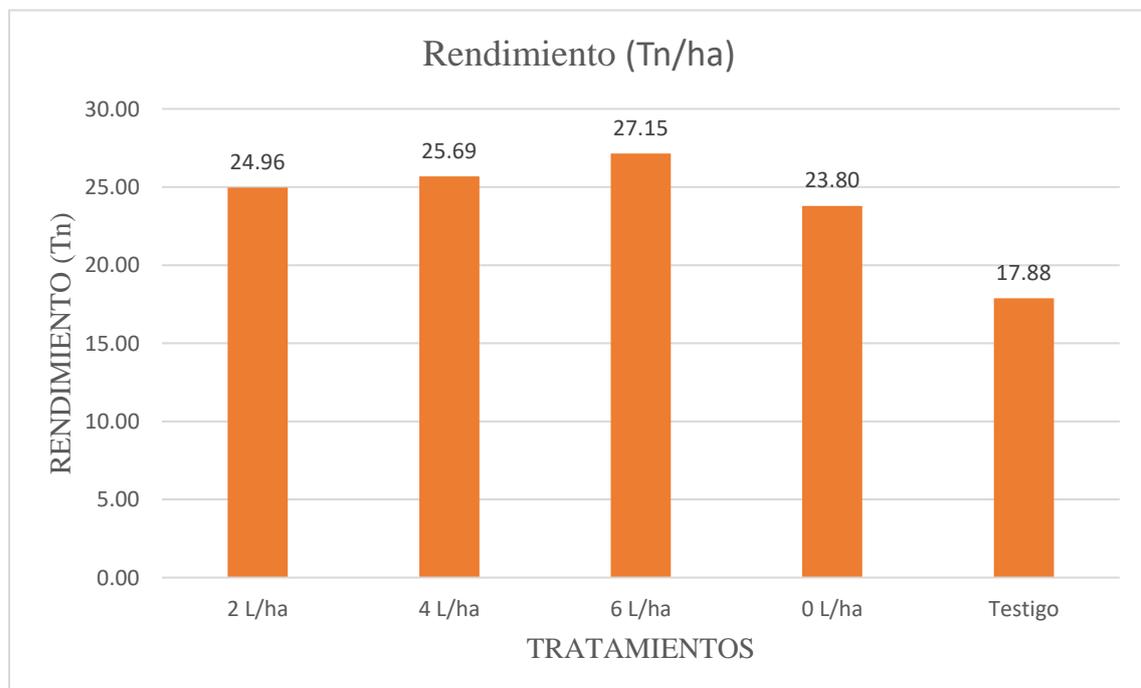


Figura 8. Efecto de la aplicación de Phycoterra en el rendimiento (ton/ha) del cultivo papa var. "UNICA" (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

#### 4.5 Materia Seca

Los datos de la tabla 15 nos muestran los contenidos de materia seca de las hojas, tallos y tubérculos de papa variedad “UNICA” obtenidas en plantas muestreadas a los 108 DDS. Los cuales indican que no hay diferencias significativas en esta variable.

Tabla 15: Efecto de la aplicación de Phycoterra en el porcentaje de materia seca (%) en hojas, tallos y tubérculos del cultivo de papa var. “UNICA” (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

Tratamientos	Porcentaje de Materia seca (%)		
	Hojas	Tallo	Tubérculo
Phycoterra 2 L/ha	6,02 a	5,19 a	19,24 a*
Phycoterra 4 L/ha	7,43 a	5,23 a	18,30 a
Phycoterra 6 L/ha	6,65 a	4,96 a	20,59 a
Phycoterra 0 L/ha	6,75 a	5,13 a	20,63 a
Testigo	7,38 a	5,44 a	19,98 a
Promedio	6,85	5,19	19,75
ANVA	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	13,38	8,93	9,59

\*: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

n.s.: no significativo

C.V.: Coeficiente de Variación

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas tanto para hojas, tallos y tubérculos. Los resultados obtenidos en porcentaje de materia seca en hojas, variaron entre 6.02 % y 7.43 %, siendo el menor el tratamiento de dosis 2 L/ha y el mayor el tratamiento de 4 L/ha. Con respecto a materia seca de tallos, los resultados oscilaron entre 4.96 % y 5.44 %, siendo el menor valor perteneciente al tratamiento 6 L/ha y el mayor al testigo. En tanto al porcentaje de materia seca en tubérculo variaron entre 18.30 % y 20.59 % encontrados en los tratamientos de 4 L/ha y 6 L/ha respectivamente.

En la investigación de Palacios (2015), aplicando de forma foliar tratamientos con productos similares a base de extractos de algas marinas *Ascophyllum nodosum* L., confirmo que no encontró diferencias significativas frente al testigo en el cultivo de papa var. “Unica”.

Otras investigaciones confirman que la aplicación de productos similares a base de extractos de algas marinas no presenta valores con diferencias significativas en el porcentaje de materia seca en órganos de partes aéreas de otras plantas. Alvarado (2021), concluyó que los extractos de algas marinas no influyeron significativamente en el contenido de materia seca

de las hojas, tallo e inflorescencia de coliflor en comparación con la aplicación de compost. Moreno (2017), también obtuvo resultados de influencia nula en el porcentaje de materia de seca en los tratamientos de aplicación foliar, bajo diferentes productos a base de alga marinas en el cultivo de ají escabeche. Layten (2015), que no obtuvo diferencias significativas influyen en el porcentaje de materia seca en alcachofa.

Sin embargo, Noe (2020), informó que, si tuvo diferencias significativas en el porcentaje de materia seca tanto en hojas e inflorescencia en el cultivo de brócoli, lo cual evidencia que si hay influencia en el factor de materia seca por parte de productos a base de algas marinas. Los mejores resultados que obtuvo, corresponden a FX Algae y al QSI KBA2 para hojas e inflorescencia respectivamente.

#### 4.6 Contenido foliar de NPK

En la Tabla 16 se muestran los resultados obtenidos de laboratorio, los cuales indican que el contenido de Nitrógeno en las hojas osciló entre 0.53 % a 0.83 % siendo el mayor valor correspondiente al tratamiento 2 de 4 L/ha y el menor al tratamiento con solo fertilización al suelo y sin Phycoterra. Según el análisis estadístico realizado por la prueba de Tukey al 5 %, solo el contenido de nitrógeno en las hojas presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 16: Efecto de la aplicación de Phycoterra en el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en hojas del cultivo de papa var. "UNICA" (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de La Molina. 2019

Tratamientos	Contenido de nutrientes (%)		
	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
Phycoterra 2 L/ha	0,71 ab	0,12 a	3,74 a*
Phycoterra 4 L/ha	0,83 a	0,19 a	3,61 a
Phycoterra 6 L/ha	0,62 ab	0,09 a	3,58 a
Phycoterra 0 L/ha	0,53 b	0,12 a	3,25 a
Testigo	0,56 b	0,10 a	2,93 a
Promedio	0,65	0,12	3,42
ANVA	s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	21,42	73,62	12,72

\*.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

n.s.: no significativo

s.: significativo

C.V.: Coeficiente de Variación

El valor del nitrógeno es más bajo de lo normal, siendo lo más probable, por la translocación de foto asimilados ya que, las muestras fueron tomadas previo a la cosecha (senescencia de las hojas), siendo estos datos muy cercanos a la investigación de parámetros biométricos al momento de la cosecha en papa de Vilcahuamán (2019). Además de alguna característica propia de la variedad en interacción con las condiciones de la costa y otros.

En cuanto al contenido de Fósforo, este varió entre 0.09 % y 0.19 %, correspondientes a los tratamientos con aplicación de 6 L/ha y 4 L/ha respectivamente. Por último, el contenido de Potasio en las hojas oscilo entre 2.93% y 3.74% que corresponden a los tratamientos del testigo y 2 L/ha respectivamente. Alvarado (2021), determino que los porcentajes de fosforo y potasio no obtuvieron diferencias significativas en el análisis foliar en el cultivo de coliflor.

El incremento de nitrógeno coincide con la aplicación de extracto de algas a intervalos de 30 a 60 DDS, aumentando los niveles nitrógeno en el análisis foliar en el cultivo de papa (Haider *et al.*, 2012),

El estudio muestra que *Chlorella vulgaris* y *Spirulina platensis*, mostraron efectos positivos prolíficos muy amplios sobre los parámetros de crecimiento en el cultivo de gramo verde. Aumentando contenidos de nitrógeno, fosforo, además de otros microelementos. En este trabajo, se informa el aumento de aminoácidos como argina, valina, lucina, lisina, fenilalanina, triptófano, histidina, etc. Por la aplicación de foliar de *Chlorella vulgaris* (Dineshkumar *et al.*, 2020).

## V. CONCLUSIONES

- La aplicación foliar de Phycoterra, extracto de microalgas, influyó con efecto significativo en el rendimiento del cultivo de la papa. Siendo el tratamiento T3 (6 L/ha) con fertilización al suelo, el de mejor rendimiento del experimento comparado al testigo y al T4 (Solo fertilización al suelo sin Phycoterra).
- El efecto obtenido en las plantas aplicadas por microalgas, muestra que la cantidad de tubérculos de menor tamaño, se fue reduciendo, mientras que los tratamientos carentes de Phycoterra tenían mayor cantidad de tubérculos de categoría tercera y descarte.
- La aplicación foliar de extracto de Phycoterra, no tuvo influencia significativa sobre el contenido de materia seca en hojas, tallos y tubérculos.
- La aplicación foliar de extracto de microalgas no influyó en el contenido de Fosforo y Potasio. Sin embargo, tuvo diferencias significativas en el contenido Nitrógeno, siendo el T2 (4 L/ha) el de mayor contenido.
- La aplicación de microalgas influyo significativamente en el peso de los tubérculos por planta de los tratamientos aplicados con phycoterra comparados con el tratamiento testigo.
- La aplicación de microalgas no influyo de forma significativa en el tamaño de los tubérculos por planta. Sin embargo, es notable apreciar que los tratamientos aplicados con Phycoterra, mostraron menos del 13 % de tubérculos no comerciales comparados con los tratamientos T4 y testigo, los cuales obtuvieron 18.18 % y 31.60 % de tubérculos no comerciales respectivamente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir investigando el Phycoterra y otros productos a base de microalgas en diferentes etapas fisiológicas del cultivo de la papa y otras variedades.
- Seguir probando otros productos a base de microalgas de diferentes especies, para poder estudiar las diferentes respuestas de las plantas de papa. No solo rendimiento, si no también mayor área foliar, crecimiento, etc.
- Se recomienda seguir investigando productos a base de microalgas en diferentes localidades, pisos altitudinales y probar diferentes dosis en el cultivo de papa.
- Se recomienda hacer seguimiento del contenido de nitrógeno foliar en cada etapa fenológica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, B. (2021). Extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) cv. NEVADA (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4976/alvarado-delgado-bruno-sebastian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarez, A. L., Weyers, S. L., Goemann, H. M., Peyton, B. M., & Gardner, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, 54 doi:10.1016/j.algal.2021.102200
- Ancajima, L. (2016). Extracto de "Aplicación de bioestimulantes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones del valle de Cañete" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1995/F01-A5523-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2014). *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16544>
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.012
- Behera, B., Acharya, A., Gargey, I. A., Aly, N., & P, B. (2019). Bioprocess engineering principles of microalgal cultivation for sustainable biofuel production. *Bioresource Technology Reports*, 5, 297-316. doi:10.1016/j.biteb.2018.08.001
- Bella, E. L., Baglieri, A., Rovetto, E. I., Stevanato, P., & Puglisi, I. (2021). Foliar spray application of chlorella vulgaris extract: Effect on the growth of lettuce seedlings. *Agronomy*, 11(2) doi:10.3390/agronomy11020308

- Boraso, A. L., Rico, A. E., Perales, S., Pérez, L., & Zalazar, H. (2003). *Algas Marinas de la Patagonia: Una guía ilustrada* (1era ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires [Argentina]: Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Recuperado de [https://catalogo.unpaz.edu.ar/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=10031](https://catalogo.unpaz.edu.ar/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=10031)
- Burgos, G., & de Hann, S. (2019). *Potencial nutricional de la papa*. Lima - Perú. Centro Internacional de la Papa. <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/2019/08/CIP-PANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>
- Chávez, R. (2019). Sobre el Origen, Evolución y Diversidad Genética de la Papa Cultivada y la Silvestre. *Ciencia & Desarrollo*, (12), 129–139. <https://doi.org/10.33326/26176033.2008.12.266>
- Costa, J. A. V., Freitas, B. C. B., Cruz, C. G., Silveira, J., & Morais, M. G. (2019). Potential of microalgae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(5), 366-375. doi:10.1080/03601234.2019.1571366
- Centro Internacional de la papa. (2022). CIP. Datos y Cifras de la papa. <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/#:~:text=Hay%20m%C3%A1s%20de%204%2C000%20variedades,151%20e%20species%20de%20papa%20silvestre.>
- Challen, S., & Hemingway, J. (1965). Growth of higher plants in response to feeding with seaweed extracts”, Proc. 5th Indonesia Seaweed Symposium
- DE ROBERTIS, E., (1986). *Biología celular* (11ª ed.). Buenos Aires - Editorial El Ateneo.
- Dineshkumar, R., Duraimurugan, M., Sharmiladevi, N., Lakshmi, LP, Rasheeq, AA, Arumugam, A. y Sampathkumar, P. (2020). Microalgal liquid biofertilizer and biostimulant effect on green gram (*Vigna radiata* L) an experimental cultivation, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00857-0>
- Dongyu, QU. (2022). *Doubling global potato production in 10 years is possible*. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO: <https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/en>

- Dwelle, R. B., & Hurley, P. J. (1984). The effects of foliar application of cytokinins on potato yields in southeastern Idaho. *American Potato Journal*, 61(5), 293-299. doi:10.1007/BF02854141
- Egúsquiza, R. 2014. La papa en el Perú. 2da Edición. Oficina Académica de Extensión y Extensión de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 200 p.
- El-Baky, H. H. A., El-Baz, F. K., & Baroty, G. S. (2010). Enhancing antioxidant availability in wheat grains from plants grown under seawater stress in response to microalgae extract treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 299-303. doi:10.1002/jsfa.3815
- Fallas, R & Bertsch, F. (2014). Análisis del estado nutrimental del cultivo de la papa en Costa Rica con base en información existente. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 38(1): 199-206. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4860021>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2022). Faostat. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *FAO*. Retrieved from <https://www.fao.org/sustainability/news/detail/es/c/1279267/>
- Google Earth Pro. [Mapa de la Universidad Nacional Agraria La Molina – Campo experimental online]. Recuperado de [https://earth.google.com/web/@-12.08320987,-76.94999513,233.80418569a,524.82456699d,35y,0h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=es-419](https://earth.google.com/web/@-12.08320987,-76.94999513,233.80418569a,524.82456699d,35y,0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419). Consultado el 21 de febrero de 2022.
- Grupta, V., Ratha, S. K., Sood, A., Chaudhary, V., & Prasanna, R. (2013). New insights into the biodiversity and applications of cyanobacteria (blue-green algae)-prospects and challenges. *Algal Research*, 2(2), 79-97. doi:10.1016/j.algal.2013.01.006
- Gutiérrez-Rosales, R. O., Espinoza-Trelles, J. A., & Bonierbale, M. (2007). UNICA: variedad peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 41-50. [https://www.researchgate.net/publication/292432087\\_UNICA\\_variedad\\_Peruana\\_para\\_mercado\\_fresco\\_y\\_papa\\_frita\\_con\\_tolerancia\\_y\\_resistencia\\_para\\_condiciones\\_climaticas\\_adversas](https://www.researchgate.net/publication/292432087_UNICA_variedad_Peruana_para_mercado_fresco_y_papa_frita_con_tolerancia_y_resistencia_para_condiciones_climaticas_adversas)

- Haider, M. W., Ayyub, C. M., Pervez, M. A., Asad, H. U., Manan, A., Raza, S. A., & Ashraf, I. (2012). Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*solanum tuberosum* L.). *Soil and Environment*, 31(2), 157-162.
- Ibáñez, E., y Herrero, M. (2017). *Las algas que comemos* (Vol. 81). Los libros de la Catarata. España.
- Integrated Taxonomic Information System. (2011). *Solanum tuberosum* L. *Número de serie taxonómica*: 505272. Recuperado el 1 de junio de 2022, de ITIS: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=505272#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=505272#null)
- Kim, M. -, Shim, C. -, Kim, Y. -, Ko, B. -, Park, J. -, Hwang, S. -, & Kim, B. -. (2018). Effect of biostimulator chlorella fusca on improving growth and qualities of chinese chives and spinach in organic farm. *Plant Pathology Journal*, 34(6), 567-574. doi:10.5423/PPJ.FT.11.2018.0254
- Layten, C. (2015). Efecto de extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Lorca (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1412/t007312.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lee, Y.J., Ko, Y.J., & Jeun, A.Y. (2016). Illustration of Disease Suppression of Anthracnose on Cucumber Leaves by Treatment with Chlorella fusca. *Radiation Protection Dosimetry*, 22, 257-263. doi:10.5423/RPD.2016.22.4.257
- Matamoros, V., & Rodríguez, Y. (2016). Batch vs continuous-feeding operational mode for the removal of pesticides from agricultural run-off by microalgae systems: A laboratory scale study. *Journal of Hazardous Materials*, 309, 126-132. doi:10.1016/j.jhazmat.2016.01.080
- Mendoza, H & V. Mosquera. (2011). *Selección de variedades de papa*. [https://www.researchgate.net/publication/308786084\\_Seleccion\\_de\\_Variedades\\_de\\_Papa](https://www.researchgate.net/publication/308786084_Seleccion_de_Variedades_de_Papa)

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Cultivos de importancia nacional*. Generalidades del producto papa: <https://www.midagri.gob.pe/portal/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa?start=1>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de papa*. Biblioteca virtual - Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado 22 de noviembre de 2020, de: <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/material-de-divulgacion/fichas-tecnicas/2019/26-requerimientos-agroclimaticos-del-cultivo-de-papa/file>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Cadena papa: Producción, Comercialización, Mercados y Oportunidades*. (Sierra y selva exportadora.) Análisis de mercado: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Papa%202020.pdf>
- Moreno, S. (2017). Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de aji escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo condiciones de cañete (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2751/F04-M673-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Noe, M. (2020). Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica* cv. 'Paraíso') (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4340/noe-soria-maria-jose.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ördög, V., Stirk, W. A., Lenobel, R., Bancířová, M., Strnad, M., Van Staden, J., . . . Németh, L. (2004). Screening microalgae for some potentially useful agricultural and pharmaceutical secondary metabolites. *Journal of Applied Phycology*, 16(4), 309-314. doi:10.1023/B:JAPH.0000047789.34883.aa
- Palacios, A. (2015). Aplicación foliar de *Phyllum* (*Ascophyllum nodosum*) en papa cv. Única (*Solanum tuberosum* L.) con dos fuentes de materia orgánica (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/403/M-21610.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Phycoterra. (2019). Phycoterra. Heliae Development LLC.  
<https://phycoterra.com/products/phycoterra-organic/>
- Phycoterra. (2020). Phycoterra® Specification [archivo PDF].  
<https://phycoterra.com/products/phycoterra/>
- PhycoTerra. (2022). *Improve Soil Health*. Obtenido de Heliae Development, LLC:  
<https://phycoterra.com/future-of-soil-health/>
- Pise, N. M., & Sabale, A. B. (2010). Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *Trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Phytology*, 2(4), 50-56.
- Priyadarshani, I. y Rath, B. (2012). Commercial and industrial applications of micro algae - A review. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 3 (4), 89-100. Recuperado de <http://storage.unitedwebnetwork.com/files/521/0213bc4222e0f127a5b84f709383cf88.pdf>
- Rachidi, F., Benhima, R., Kasmi, Y., Sbabou, L., & Arroussi, H. E. (2021). Evaluation of microalgae polysaccharides as biostimulants of tomato plant defense using metabolomics and biochemical approaches. *Scientific Reports*, 11(1) doi:10.1038/s41598-020-78820-2
- Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., & Bux, F. (2018). Microalgae as multifunctional options in modern agriculture: Current trends, prospects and challenges. *Biotechnology Advances*, 36(4), 1255-1273. doi:10.1016/j.biotechadv.2018.04.004
- Rice, C. W., Moorman, T. B., & Beare, M. (1997). Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. *Methods for assessing soil quality*, 49, 203-215. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c12>
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Agronomy*, 9(4) doi:10.3390/agronomy9040192

- Shaaban, M.M. Green microalgae water extract as foliar feeding to wheat plants. *Pak. J. Biol. Sci.* (2001), 4, 628–632. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV20120133884>
- Sistema Integrado de Estadística Agraria. (2022). *SIEA*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Stirk, W. A., Ördög, V., Novák, O., Rolčík, J., Strnad, M., Bálint, P., & van Staden, J. (2013). Auxin and cytokinin relationships in 24 microalgal strains1. *Journal of Phycology*, 49(3), 459-467. doi:10.1111/jpy.12061
- Tebbani, S., Lopes, F., Filali, R., Dumur, D., & Pareau, D. (2020). Biofijación de CO2 por microalgas. ISTE Group.
- Valenzuela, A., Sanhueza, J., & Valenzuela, R. (2015). Las microalgas: Una fuente renovable para la obtención de ácidos grasos omega-3 de cadena larga para la nutrición humana y animal. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(3), 306-310. doi:10.4067/S0717-75182015000300013
- Vilcahuaman, D. (2019). Eficiencia de la fertilización nitrogenada y parámetros biométricos en el cultivo de papa var. Yungay en la localidad de Quilcas (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7049/T010\\_46942548\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7049/T010_46942548_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Wadas, W., & Dziugiel, T. (2020). Quality of new potatoes (*solanum tuberosum* L.) in response to plant biostimulants application. *Agriculture (Switzerland)*, 10(7), 1-13. doi:10.3390/agriculture10070265.
- Xiao, R., & Zheng, Y. (2016). Overview of microalgal extracellular polymeric substances (EPS) and their applications. *Biotechnology Advances*, 34(7), 1225-1244. doi:10.1016/j.biotechadv.2016.08.004
- Yara, (2022). Análisis de suelo y tejido vegetal en papas. <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/papa/analisis-de-suelo-y-tejido-vegetal-en-papas/>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Análisis de varianza de peso de tubérculos (Kg. /planta)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	5,71	7	0,82	6,05	0,0034
<b>Bloque</b>	0,34	3	0,11	0,83	0,5033
<b>Tratamiento</b>	5,38	4	1,34	9,97	0,0009
<b>Error</b>	1,62	12	0,13		
<b>Total</b>	7,33	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82781

Error: 0,1349 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
<b>T3</b>	2,36	4	0,18	A	
<b>T2</b>	2,28	4	0,18	A	
<b>T1</b>	2,18	4	0,18	A	
<b>T4</b>	1,57	4	0,18	A	B
<b>T5</b>	1	4	0,18		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

## Anexo 2: Análisis de varianza de número de tubérculos total

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	16,79	7	2,4	0,69	0,6827
<b>Bloque</b>	14,24	3	4,75	1,36	0,3025
<b>Tratamiento</b>	2,55	4	0,64	0,18	0,9431
<b>Error</b>	41,95	12	3,5		
<b>Total</b>	58,74	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,21407

Error: 3,4958 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>T3</b>	8,5	4	0,93	A
<b>T4</b>	8,25	4	0,93	A
<b>T2</b>	7,88	4	0,93	A
<b>T1</b>	7,75	4	0,93	A
<b>T5</b>	7,5	4	0,93	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo 3: Análisis de varianza de número de tubérculos comercial

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	25,21	7	3,6	1,63	0,2182
<b>Bloque</b>	8,54	3	2,85	1,29	0,3233
<b>Tratamiento</b>	16,68	4	4,17	1,89	0,1777
<b>Error</b>	26,53	12	2,21		
<b>Total</b>	51,74	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,35091

Error: 2,2104 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>T3</b>	7,63	4	0,74	A
<b>T2</b>	7,63	4	0,74	A
<b>T4</b>	6,75	4	0,74	A
<b>T1</b>	6,75	4	0,74	A
<b>T5</b>	5,13	4	0,74	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Anexo 4: Análisis de varianza del Rendimiento

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	214,77	7	30,68	18,13	<0,0001
<b>Bloque</b>	10,34	3	3,45	2,04	0,1626
<b>Tratamiento</b>	204,43	4	51,11	30,2	<0,0001
<b>Error</b>	20,31	12	1,69		
<b>Total</b>	235,07	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,93204

Error: 1,6923 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
<b>T3</b>	27,15	4	0,65	A	
<b>T2</b>	25,69	4	0,65	A	B
<b>T1</b>	24,96	4	0,65	A	B
<b>T4</b>	23,8	4	0,65		B
<b>T5</b>	17,88	4	0,65		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Anexo 5: Análisis de materia seca en hojas

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	7,01	7	1	1,34	0,3113
<b>Bloques</b>	1,61	3	0,54	0,72	0,5596
<b>Tratamiento</b>	5,4	4	1,35	1,81	0,1913
<b>Error</b>	8,94	12	0,74		
<b>Total</b>	15,95	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.94527

Error: 0.7449 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
<b>T2</b>	7,43	4	0,43	A
<b>T5</b>	7,38	4	0,43	A
<b>T4</b>	6,75	4	0,43	A
<b>T3</b>	6,65	4	0,43	A
<b>T1</b>	6,02	4	0,43	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 6: Análisis de varianza de materia seca en tallos

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	1,24	7	0,18	0,75	0,6365
<b>Bloques</b>	0,75	3	0,25	1,06	0,4041
<b>Tratamiento</b>	0,49	4	0,12	0,52	0,7211
<b>Error</b>	2,83	12	0,24		
<b>Total</b>	4,07	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.09488

Error: 0.2360 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>T5</b>	5,44	4	0,24	A
<b>T2</b>	5,23	4	0,24	A
<b>T1</b>	5,19	4	0,24	A
<b>T4</b>	5,13	4	0,24	A
<b>T3</b>	4,96	4	0,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 7: Análisis de varianza de materia seca en tubérculos

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	27,2	7	3,89	1,14	0,4017
<b>Bloques</b>	11,64	3	3,88	1,14	0,3735
<b>Tratamiento</b>	15,57	4	3,89	1,14	0,3838
<b>Error</b>	40,95	12	3,41		
<b>Total</b>	68,15	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.16351

Error: 3.4125 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>T4</b>	20,63	4	0,92	A
<b>T3</b>	20,59	4	0,92	A
<b>T5</b>	19,98	4	0,92	A
<b>T1</b>	19,24	4	0,92	A
<b>T2</b>	18,3	4	0,92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Anexo 8: Análisis de varianza del contenido de Fosforo

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	0,05	7	0,01	0,89	0,546
<b>Bloques</b>	0,03	3	0,01	1,15	0,3705
<b>Tratamiento</b>	0,02	4	0,01	0,69	0,6126
<b>Error</b>	0,1	12	0,01		
<b>Total</b>	0,16	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20939

Error: 0,0086 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>T2</b>	0,19	4	0,05	A
<b>T4</b>	0,12	4	0,05	A
<b>T1</b>	0,12	4	0,05	A
<b>T5</b>	0,1	4	0,05	A
<b>T3</b>	0,09	4	0,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Anexo 9: Análisis de varianza del contenido de Potasio

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	1,89	7	0,27	1,89	0,1585
<b>Bloques</b>	0,17	3	0,06	0,39	0,764
<b>Tratamiento</b>	1,72	4	0,43	3,02	0,0615
<b>Error</b>	1,71	12	0,14		
<b>Total</b>	3,59	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85051

Error: 0,1424 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>T1</b>	3,74	4	0,19	A
<b>T2</b>	3,61	4	0,19	A
<b>T3</b>	3,58	4	0,19	A
<b>T4</b>	3,25	4	0,19	A
<b>T5</b>	2,93	4	0,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo 10: Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	0,24	7	0,03	3,35	0,0321
<b>Bloques</b>	0,02	3	0,01	0,49	0,6935
<b>Tratamiento</b>	0,23	4	0,06	5,49	0,0095
<b>Error</b>	0,12	12	0,01		
<b>Total</b>	0,37	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22964

Error: 0,0104 gl: 12

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
<b>T2</b>	0,83	4	0,05	A	
<b>T1</b>	0,71	4	0,05	A	B
<b>T3</b>	0,62	4	0,05	A	B
<b>T5</b>	0,56	4	0,05		B
<b>T4</b>	0,53	4	0,05		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo 11: Datos recopilados de temperatura, humedad relativa, precipitación y presión en el periodo junio 2019 - octubre 2019 de la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt**

Día/mes/año	Temperatura (°C)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presión (mb)
	Prom	Max	Min			
24/6/2019	16,36	20,7	13,9	79,21	0	987,43
25/6/2019	15,17	17,2	12,6	84,5	0	986,92
26/6/2019	15,95	21,1	13	82,21	0,3	984,93
27/6/2019	16,17	20,7	13,6	81,38	0	983,7
28/6/2019	16,81	20,4	15,1	80,71	0	983,86
29/6/2019	16,31	19,1	15,1	85,58	0	984,7
30/6/2019	15,96	17,9	15,2	90,88	0,9	986,63
1/7/2019	16,28	18,2	15,6	88,92	0	986,66
2/7/2019	16,05	17,8	15,1	84,67	0	986,55
3/7/2019	15,22	17,4	14,2	87,5	0,3	984,25
4/7/2019	15,15	16,8	13,9	85,92	0,3	985,18
5/7/2019	15,78	18,1	14,7	85,42	0	985,8
6/7/2019	15,98	19,3	14,7	85,79	0	985,91
7/7/2019	16,53	20,7	13,9	82,71	0	986,62
8/7/2019	16,64	20,8	14,6	82,92	0,3	986,96
9/7/2019	15,79	19	14,2	83,67	0	987,88
10/7/2019	15,7	18,1	14,2	84,75	0,3	987,19
11/7/2019	16,59	20,6	14,9	81,21	0	986,35
12/7/2019	15,58	16,9	14,7	85,88	0	984,56
13/7/2019	15,08	17,1	13,6	85,08	0,3	985,77
14/7/2019	14,85	16,9	13,5	85,96	0,3	986,7
15/7/2019	14,96	16,6	13,9	87,08	0,3	986,29
16/7/2019	15,32	17,4	14,5	88,17	0	986,48
17/7/2019	16,35	20,3	14,3	82,83	0	986,24
18/7/2019	15,01	17,8	13,8	85,71	0	984,76
19/7/2019	14,55	16,3	13,6	88,63	0,6	984,28
20/7/2019	15,46	19,1	12,9	83,21	0	983,92
21/7/2019	15,47	19,2	14	85,46	0	985,3
22/7/2019	15,1	16,4	14,3	87,75	0	986,84
23/7/2019	15,16	18	13,8	86,83	0,3	988,13
24/7/2019	15,3	18,3	13,9	84,04	0,3	988,92
25/7/2019	15,34	19,3	13,9	83,04	0	987,96
26/7/2019	14,95	20,3	12,8	84,79	0,3	986,99
27/7/2019	14,34	18,8	12,6	86,13	0,6	987,35
28/7/2019	14,42	17,6	12,8	85,58	0	987,3
29/7/2019	13,19	15,1	12,3	88,88	0,6	986,24
30/7/2019	13,92	16,3	12,4	84,71	0,6	985,4
31/7/2019	14,34	16,8	13,1	82,54	0	985,95
1/8/2019	14,27	16	13,5	84,54	0	986,05

Día/mes/año	Temperatura (°C)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presión (mb)
	Prom	Max	Min			
2/8/2019	14,45	20,4	11	83,54	0	986,8
3/8/2019	14,48	18,5	11,7	83,67	0	986,35
4/8/2019	14,39	19,1	12,5	86,13	0	986,73
5/8/2019	14,55	18,4	13,1	85,04	0,3	986,68
6/8/2019	14,34	16,8	13,1	84,92	0	987,86
7/8/2019	14,71	17,5	13	82,88	0	988,92
8/8/2019	15,11	19,1	13	80,92	0	988,55
9/8/2019	14,17	15,4	13,4	85,79	0	987,98
10/8/2019	14,35	17	12,6	84,67	0,3	986,79
11/8/2019	14,31	17,6	13	83,5	0	985,92
12/8/2019	14,23	17,1	12,7	84,71	0,3	984,55
13/8/2019	15,25	20,8	10,7	78,75	0	984,46
14/8/2019	14,83	20,8	10,7	83,08	0,3	986,26
15/8/2019	14,07	15,2	13,3	90,29	0,6	988,16
16/8/2019	14,67	17,4	12,9	87,09	0,3	987,99
17/8/2019	14,43	16	13,1	86,13	0,6	988
18/8/2019	14,31	15,9	13,2	86,21	0	987,19
19/8/2019	15,49	20,8	13,1	82,88	0	986,25
20/8/2019	14,82	19,3	12,8	86,29	1,2	986,48
21/8/2019	16,26	22	13,4	77,88	0	986,26
22/8/2019	16,3	22,3	12	78,92	0	986,44
23/8/2019	16,42	22	13,3	79,88	0	986,55
24/8/2019	15,01	18,5	13,8	85,71	0	985,8
25/8/2019	14,12	15,1	13,3	88	0,3	986,11
26/8/2019	14,27	15,7	13,5	85,33	0	984,72
27/8/2019	15,03	18,2	13,4	83,21	0	984,15
28/8/2019	15,58	19,7	12,8	81,92	0	985,73
29/8/2019	15,75	19,6	13	82,63	0	984,64
30/8/2019	15,3	20,8	11,6	82,38	0	986,18
31/8/2019	15,6	22,4	11,1	82,96	0	986,28
1/9/2019	15,91	20,7	13,9	82,38	0	985,15
2/9/2019	15,76	20,5	13,6	80,83	0,3	985,18
3/9/2019	15,79	20,5	13,5	81,92	0	984,58
4/9/2019	16,34	21,6	14,4	80,38	0	986,13
5/9/2019	16,19	19,5	14,5	80,83	0	986,81
6/9/2019	15,72	19,6	13,7	82,83	0	987,14
7/9/2019	16,22	20,4	14,1	80,08	0	987,45
8/9/2019	16,8	22,3	14,3	76,5	0	988,2
9/9/2019	14,8	17	12,4	83,75	0	986,48

Día/mes/año	Temperatura (°C)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presión (mb)
	Prom	Max	Min			
10/9/2019	15,59	20,8	13,4	81,58	0,9	987,2
11/9/2019	15,98	20,1	13,7	79,46	0	986,59
12/9/2019	16,12	21,7	13,9	79,88	0	984,77
13/9/2019	14,43	15,8	13,6	86,96	0	985,15
14/9/2019	14,83	16,9	13,8	84,63	0	985,6
15/9/2019	15,78	20,2	14,1	82,08	0	986,93
16/9/2019	16,19	21,4	14,2	81,5	0	986,64
17/9/2019	15,5	20,7	13,1	84,38	0,3	987,24
18/9/2019	14,44	16,1	13,7	87,96	0,3	986,56
19/9/2019	16,49	21,6	13,6	79,67	0	987,3
20/9/2019	16,05	20	14,2	81,5	2,1	986,44
21/9/2019	14,92	16,5	13,7	89,79	1,5	987,81
22/9/2019	16,03	21,2	14,1	84,92	0	987,72
23/9/2019	16,21	21	14	83,71	0	987,21
24/9/2019	16,35	21,6	13,5	83,33	0	987,89
25/9/2019	16,61	22,5	13,6	81,96	0,3	986,93
26/9/2019	16,99	21,9	14,2	79,79	0	986,35
27/9/2019	16,56	21	13,8	79,88	0	987,22
28/9/2019	17,39	21,8	14,8	77,13	0	987,05
29/9/2019	18,48	24,3	14,9	73,83	0	986,7
30/9/2019	16,77	20,5	14,9	82,08	0	986,47
1/10/2019	17,07	19,9	15,2	81,71	0	985,65
2/10/2019	17,03	20,1	15,4	81,88	0	985
3/10/2019	17,63	23,5	14,8	79,5	0	987,16
4/10/2019	16,62	21,9	14,5	82,46	0	988,23
5/10/2019	15,21	17,7	14,1	86,96	0,3	987,06
6/10/2019	15,07	17,2	13,8	85,75	0,6	986,74
7/10/2019	15,71	20,9	11,6	80,88	0	985,43
8/10/2019	15,35	20,2	13,2	83,58	0	984,88
9/10/2019	15,88	20,9	13,7	79,96	0,3	984,12
10/10/2019	14,63	17,4	12	85,58	0	984,73
11/10/2019	14,9	20,9	11,9	81,58	0	984,24
12/10/2019	15,64	21	11,1	77,63	0,3	984,26
13/10/2019	15,65	21,8	11,2	78,25	0	985,78
14/10/2019	18,09	24,7	13	71,38	0	986,1
15/10/2019	16,37	21,4	12	78,88	0	986,32
16/10/2019	18,32	24,3	12,9	75,29	0	986,96
17/10/2019	17,88	22,1	16	76,96	0	986,72
18/10/2019	17,53	22,2	15,7	79,58	0	987

Día/mes/año	Temperatura (°C)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presión (mb)
	Prom	Max	Min			
19/10/2019	17,08	20,3	15,3	81,13	0	988,04
20/10/2019	16,88	20,8	13,9	80,42	0	987,17
21/10/2019	16,78	22,7	12,6	79,38	0	986,38
22/10/2019	15,77	20,8	12,1	82,13	0,3	987,45
23/10/2019	16,54	23,1	10,9	78,21	0	986,34
24/10/2019	16,77	22,6	12,5	78,58	0,2	984,94
25/10/2019	17,28	22,4	12,1	76,67	0	984,45
26/10/2019	16,51	20,9	14,5	78,04	0	984,97
27/10/2019	17,75	24,5	15,1	74,33	0	984,84
28/10/2019	17,99	25,1	12,6	73,54	0	984,78
29/10/2019	16,82	21,9	12,8	79,17	0	984,19
30/10/2019	17,78	23,3	14	75,21	0	984,81
31/10/2019	19,48	26,1	13,6	71,96	0	985,73

## Anexo 12: Siembra y medición de parcelas



## Anexo 13: Marcado de parcelas



#### **Anexo 14: Obteniendo muestras de suelo**



#### **Anexo 15: Fertilización de las parcelas**



**Anexo 16: Primeros riegos de Julio**



**Anexo 17: Aplicación de microalgas agosto 2018**



### **Anexo 18: Preparación del producto para la aplicación**



### **Anexo 19: Aplicación de Phycoterra**



## Anexo 20: Primera aplicación de microalgas



## Anexo 21: Muestreo de plantas antes de cosecha



## Anexo 22: Clasificación de tubérculos de papa



## Anexo 23: Clasificación de tubérculos de papa



**Anexo 24: Cosecha de plantas de papa**



**Anexo 25: Medición de peso de tubérculos para rendimiento**



## Anexo 26: Molienda de material vegetal de papa



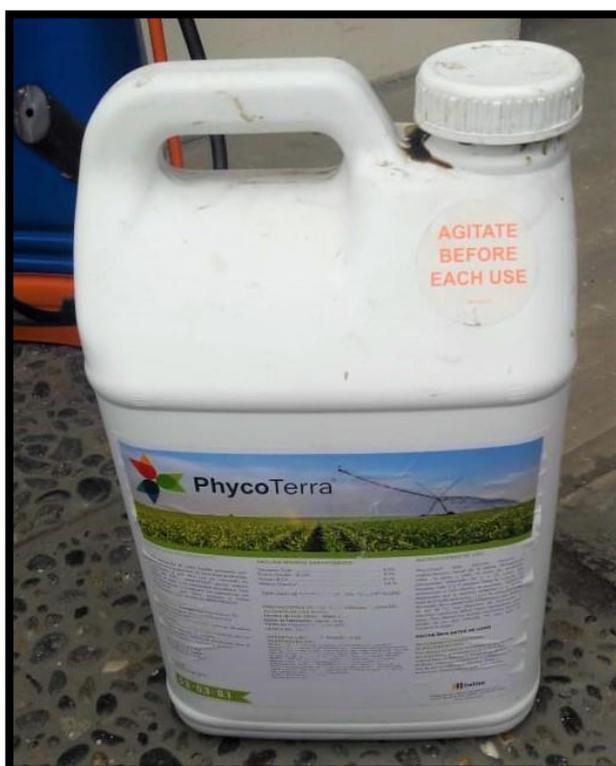
## Anexo 27: Secado muestras de hojas, tallos y tubérculos



## Anexo 28: Medición del peso de materia seca de hojas



## Anexo 29: Phycoterra usado para el experimento



## Anexo 30: Especificaciones del contenido químico de Phycoterra

### PHYCOTERRA® SPECIFICATION



TEST ITEM	SPECIFICATIONS*	REFERENCE/ METHOD
<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>		
1 Organoleptic (color/odor/appearance)	Greenish liquid, flowable with suspended solids. Typical odor	USP <563>
2 pH	2.8 - 3.5	150.1
3 Total Organic Carbon	≥ 4.0%	415.1
4 Organic Matter	≥ 9.0%	ASTM D2974-87
5 C:N Ratio	7:1	415.1; AOAC 993.13
<b>N-P-K (w/w)</b>		
5 Total Nitrogen (N)	≥ 0.30 %	AOAC 993.13
6 Phosphorous (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	≥ 0.30 %	AOAC 2015.18
7 Potassium (K <sub>2</sub> O)	≥ 0.10 %	AOAC 2015.18
<b>NUTRIENTS</b>		
8 Calcium	0.01 – 0.10 %	AOAC 965.09ICP
9 Iron	10 – 100 ppm	AOAC 965.09ICP
10 Magnesium	0.0075 – 0.035 %	AOAC 965.09ICP
11 Manganese	1.0 – 10 ppm	AOAC 965.09ICP
12 Zinc	1.0 – 10 ppm	AOAC 965.09ICP
13 Chloride	40 – 250 ppm	Spectrometry
14 Sodium	0.01 – 0.1 %	AOAC 965.09ICP
15 Sulfur	0.01 – 0.1%	AOAC 2006.03
16 Boron	0.2 – 2.0 ppm	AOAC 982.01ICP
<b>METALS</b>		
17 Arsenic	< 5 ppm	3051A/6020B
18 Mercury	< 0.1 ppm	7471A/P
19 Cadmium	< 1 ppm	3051A/6020B
20 Cobalt	< 5 ppm	3051A/6020B
21 Lead	< 5 ppm	3051A/6020B
22 Nickel	< 5 ppm	3051A/6020B
23 Molybdenum	< 1 ppm	3051A/6020B
24 Selenium	< 1 ppm	3051A/6020B
25 Copper	< 150 ppm	3051A/6020B
26 Chromium (Total)	< 300 ppm	3051A/6020B
27 Chromium (Hexavalent)	< 0.5 ppm	3051A/6020B
<b>MICROBIOLOGICAL</b>		
28 Fecal Coliform	< 3.0 MPN/ml	FDA-BAM
29 <i>Salmonella</i>	Negative/30g	PCR-BAX-RT
30 <i>S.aureus</i>	< 10 cfu/ml	FDA-BAM
31 <i>E.coli</i> O157:H7	Negative/30g	PCR-BAX-RT
32 EHEC <i>E.coli</i>	Negative/30g	PCR-BAX-RT
33 <i>Listeria</i> spp.	Negative/25g	ELFA-AOAC
34 Yeast / Mold	< 500 cfu/ml	FDA-BAM

\* Typical values based on testing multiple batches. Wet basis.

R20-0512

# Anexo 31: Análisis de suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : **ING. ANDRES CASAS DIAZ**

Departamento : **LIMA**  
 Distrito : **LA MOLINA**  
 Referencia : **H.R. 70655-136C-19**

Provincia : **LIMA**  
 Predio :  
 Fecha : **12/11/19**

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	
10029	Lote Berrocal	7.55	0.30	0.30	0.97	15.0	249	53	26	21	Fr.Ar.A	13.12	10.12	2.02	0.52	0.46	0.00	13.12	13.12	100
10030	Lote Mirella	7.25	2.88	0.30	0.62	23.4	186	51	30	19	Fr.	12.16	8.95	1.90	0.33	0.97	0.00	12.16	12.16	100
10031	Lote Pizarro	7.46	0.19	0.10	0.62	7.4	178	53	28	19	Fr.A.	13.92	11.28	1.87	0.33	0.44	0.00	13.92	13.92	100
10032	Lote Erlen	7.50	1.25	3.20	1.59	37.9	302	59	22	19	Fr.A.	11.20	8.38	1.68	0.66	0.48	0.00	11.20	11.20	100

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
**Jefe del Laboratorio**

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946 - 505 - 254  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**Anexo 32: Costos de principales actividades realizadas para el experimento.**

<b>Costos de principales actividades</b>				
	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo/unidad</b>	<b>Costo Total</b>
<b>CAMPO (400 m2)</b>				
<b>Tractor para cosecha</b>	Hora/Maquina	3	80	240
<b>Tractor para preparación de campo</b>	Hora/Maquina	6	80	480
<b>Siembra</b>	Jornal	2	20	40
<b>Aporque</b>	Hora/Maquina	1	80	80
<b>Producto Phycoterra (240 m2)</b>	Litros	0.96	29.8	28.61
<b>Riegos por gravedad</b>	UND	9	30	270
<b>Mochila aspersora</b>	UND	4	<b>Sin costo</b>	<b>Sin costo</b>
<b>Recolectores</b>	Jornal	8	20	160
<b>Fertilización (1 ha)</b>				
<b>Aplicación de fertilizante</b>	Jornal	2	20	40
<b>Urea (45%)</b>	Soles/kg	389	1.3	506
<b>Fosfato diamonico (46%)</b>	Soles/kg	333	2.2	733
<b>Cloruro de potasio (60%)</b>	Soles/kg	222	1.9	422
<b>Implementos y herramientas</b>	Soles			90
<b>LABORATORIO</b>				
<b>Análisis de extracto de P y K</b>	Soles	1	283	283
<b>Análisis de extracto de N</b>	Soles	1	25	25
<b>Total</b>				<b>3398</b>

**Anexo 33: Cronograma de principales actividades realizadas para el experimento**

<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>	<b>DDS</b>
19/06/2019	Preparación de terreno	-5
21/06/2019	Surcado	-3
24/06/2019	Siembra de tubérculos	0
25/06/2019	Marcación de terreno	1
26/06/2019	Fertilización (Urea, DAP y KCl)	2
27/06/2019	Tapado de tubérculos	3
03/07/2019	Primer riego por gravedad	9
24/07/2019	Riego por gravedad	30
24/07/2019	Primera aplicación Phycoterra	30
31/07/2019	Riego por gravedad	37
31/07/2019	Segunda aplicación Phycoterra	37
05/08/2019	Aporque y segunda aplicación de N	42
07/08/2019	Riego por gravedad	44
14/08/2019	Riego por gravedad	51
18/08/2019	Tercera aplicación Phycoterra	55
21/08/2019	Riego por gravedad	58
04/09/2019	Riego por gravedad	71
09/09/2019	Cuarta aplicación Phycoterra	76
25/09/2019	Riego por gravedad	93
09/10/2019	Toma de muestra	107
17/10/2019	Cosecha	115

### Anexo 34: Uso de Phycoterra por aplicación y gasto de agua cuando la dosis es 2 L/ha

Aplicación	Uso Phycoterra	Agua utilizada		Área del terreno		Boquilla
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por hectárea</b>						
Primera	200 ml	0.5 cilindros	100 litros	1 hectárea	10000 m2	Amarilla
Segunda	200 ml	0.5 cilindros	100 litros	1 hectárea	10000 m2	Amarilla
Tercera	600 ml	1.5 cilindros	300 litros	1 hectárea	10000 m2	Azul
Cuarta	1000 ml	2.5 cilindros	500 litros	1 hectárea	10000 m2	Azul
	<b>2000 mililitros</b>	5 cilindros	1000 litros			
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por unidad experimental</b>						
Primera	0.4 ml		0.2 litros	1 UE	20 m2	Amarilla
Segunda	0.4 ml		0.2 litros	1 UE	20 m2	Amarilla
Tercera	1.2 ml		0.6 litros	1 UE	20 m2	Azul
Cuarta	2.0 ml		1.0 litros	1 UE	20 m2	Azul
	4.0 mililitros		2.0 litros			
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por tratamiento</b>						
Primera	1.6 ml		0.8 litros	4 UE	80 m2	Amarilla
Segunda	1.6 ml		0.8 litros	4 UE	80 m2	Amarilla
Tercera	4.8 ml		2.4 litros	4 UE	80 m2	Azul
Cuarta	8.0 ml		4.0 litros	4 UE	80 m2	Azul
	16.0 mililitros		8.0 litros			

### Anexo 35: Uso de Phycoterra por aplicación y gasto de agua cuando la dosis es 4 L/ha

Aplicación	Uso Phycoterra	Agua utilizada		Área del terreno		Boquilla
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por hectárea</b>						
Primera	400 ml	0.5 cilindros	100 litros	1 hectárea	10000 m2	Amarilla
Segunda	400 ml	0.5 cilindros	100 litros	1 hectárea	10000 m2	Amarilla
Tercera	1200 ml	1.5 cilindros	300 litros	1 hectárea	10000 m2	Azul
Cuarta	2000 ml	2.5 cilindros	500 litros	1 hectárea	10000 m2	Azul
	<b>4000 mililitros</b>	5 cilindros	1000 litros			
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por unidad experimental</b>						
Primera	0.8 ml		0.2 litros	1 UE	20 m2	Amarilla
Segunda	0.8 ml		0.2 litros	1 UE	20 m2	Amarilla
Tercera	2.4 ml		0.6 litros	1 UE	20 m2	Azul
Cuarta	4.0 ml		1.0 litros	1 UE	20 m2	Azul
	8.0 mililitros		2.0 litros			
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por tratamiento</b>						
Primera	3.2 ml		0.8 litros	4 UE	80 m2	Amarilla
Segunda	3.2 ml		0.8 litros	4 UE	80 m2	Amarilla
Tercera	9.6 ml		2.4 litros	4 UE	80 m2	Azul
Cuarta	16.0 ml		4.0 litros	4 UE	80 m2	Azul
	32.0 mililitros		8.0 litros			

### Anexo 36: Uso de Phycoterra por aplicación y gasto de agua cuando la dosis es 6 L/ha

Aplicación	Uso Phycoterra	Agua utilizada		Área del terreno		Boquilla
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por hectárea</b>						
Primera	600 ml	0.5 cilindros	100 litros	1 hectárea	10000 m2	Amarilla
Segunda	600 ml	0.5 cilindros	100 litros	1 hectárea	10000 m2	Amarilla
Tercera	1800 ml	1.5 cilindros	300 litros	1 hectárea	10000 m2	Azul
Cuarta	3000 ml	2.5 cilindros	500 litros	1 hectárea	10000 m2	Azul
	6000 mililitros	5 cilindros	1000 litros			
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por unidad experimental</b>						
Primera	1.2 ml		0.2 litros	1 UE	20 m2	Amarilla
Segunda	1.2 ml		0.2 litros	1 UE	20 m2	Amarilla
Tercera	3.6 ml		0.6 litros	1 UE	20 m2	Azul
Cuarta	6.0 ml		1.0 litros	1 UE	20 m2	Azul
	12.0 mililitros		2.0 litros			
<b>Uso de Phycoterra y gasto de agua en aplicación por tratamiento</b>						
Primera	4.8 ml		0.8 litros	4 UE	80 m2	Amarilla
Segunda	4.8 ml		0.8 litros	4 UE	80 m2	Amarilla
Tercera	14.4 ml		2.4 litros	4 UE	80 m2	Azul
Cuarta	24.0 ml		4.0 litros	4 UE	80 m2	Azul
	48.0 mililitros		8.0 litros			