



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto de la aplicación de algas fosilizadas y fertilizantes químicos en el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) fripapa, superchola y chaucha, en el sector Carboncillo del cantón Saraguro

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónoma

AUTORA:

Jessica Elena Ortega Montoya

DIRECTOR:

Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 08 de marzo del 2023

PhD. Klever Iván Granda Mora

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de la aplicación de algas fosilizadas y fertilizantes químicos en el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) fripapa, superchola y chaucha, en el sector Carboncillo del cantón Saraguro** de autoría de la estudiante: **Jessica Elena Ortega Montoya**, con **cédula de identidad** Nro. **1104913916**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónoma**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



PhD. Klever Iván Granda Mora

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jessica Elena Ortega Montoya**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1104913916

Fecha: Loja, 20 de julio de 2023.

Correo: jessica.ortega@unl.edu.ec

Teléfono: 0959050675

Carta de autorización por parte de la autora para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **Jessica Elena Ortega Montoya**, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de la aplicación de algas fosilizadas y fertilizantes químicos en el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) fripapa, superchola y chaucha, en el sector Carboncillo del cantón Saraguro**, como requisito para optar por el grado de: **Ingeniero Agrónoma**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte días del mes de julio del dos mil veintitrés, firma el autor.

Firma:



Autor: Jessica Elena Ortega Montoya

Cédula de identidad: 1104913916

Dirección: Loja, Cantón Loja, Barrio La Dolorosa

Correo electrónico: jessica.ortega@unl.edu.ec

Celular: 0959050675

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Klever Iván Granda Mora. PhD

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación es dedicado principalmente a mi mamá que ha sido mi pilar fundamental, brindándome su cariño y apoyo incondicional, ha sabido guiarme durante toda mi etapa universitaria y no desistir en cualquier obstáculo que se me haya presentado, por su apoyo y sus consejos.

A mis abuelos Mariana y José que siempre estuvieron apoyándome en todo momento, siendo ejemplo de superación y entrega, inculcando en mí valores y principios de humildad, honradez y superación, a mis hermanos Xavier, Estefanía y Jorge Andrés por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y a mi tío Pablo Montoya quien con su apoyo me brindó su ayuda en la fase de campo.

A una persona especial, Richard, hoy termina un ciclo importante en mi vida, pero comienza una nueva etapa llena de retos y oportunidades, gracias por apoyarme en todo momento. Y tú has sido mi mejor compañero en este camino, con tu amor sincero, inteligencia y apoyo incondicional. Gracias por ser mi motivación, mi inspiración y mi confidente en este proceso de investigación.

A una persona quien ha sido un apoyo importante durante esta etapa final, quien me ha inculcado valores y entusiasmo, infinitas gracias por su apoyo incondicional, pero sobre todo por motivarme hacer las cosas cada vez mejor.

Gracias a todos.

Jessica Ortega Montoya.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, la Carrera de Ingeniería Agronómica por haberme dado la acogida y la oportunidad de obtener una formación de calidad en cada una de sus aulas para culminar con mi carrera profesional.

A mi familia, en especial a mi madre, a mis abuelos y hermanos por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

A Ing. Iván Granda PhD, director de mi Trabajo de Titulación, por su orientación y su conocimiento que me impartió en este proyecto. También agradezco a los docentes que, mediante sus sugerencias, ayudaron a pulir la estructura y el contenido de este documento.

Jessica Ortega Montoya

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1 <i>Solanum tuberosum</i> L. (Papa)	6
4.1.1 Antecedentes investigativos	6
4.1.2 Origen de la papa.....	6
4.1.3 Clasificación taxonómica	6
4.1.4 Morfología.....	7
4.1.5 Variedades	8
4.1.6 Ciclo vegetativo del cultivo de papa (Fenología).....	9
4.2 Requerimientos nutricionales	9
4.2.1 <i>Macronutrientes</i>	10
4.2.2 <i>Micronutrientes</i>	10
4.2.3 Algas Fossilizadas (Tierra de diatomeas)	10
4.2.4 Fertilizante 10-30-10	11
5. Metodología	12
5.1 Ubicación y descripción del sitio experimental	12
5.2 Unidad experimental	12
5.2.1 Diseño experimental del cultivo de papa	12
5.2.2 Características del experimento.....	13
5.2.3 Análisis estadístico	13

5.3 Metodología general.....	14
6. Resultados.....	17
6.1 Porcentaje de emergencia.....	17
6.2 Días a la floración.....	17
6.3 Altura de la planta	18
6.4 Días a la cosecha	19
6.5 Número de tubérculos por planta	19
6.6 Peso de tubérculos por planta.....	20
6.7 Rendimiento (kg/ha).....	21
6.8 Índice de cosecha.....	22
7. Discusión	24
8. Conclusiones	27
9. Recomendaciones	28
10. Bibliografía	29
11. Anexos	37

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de la papa.	7
Tabla 2. Diseño del cultivo de papa con dos factores (Fertilización y Variedad).	12
Tabla 3. Delineamiento del experimento.	13
Tabla 4. Promedio de tratamientos en la variable porcentaje de emergencia de papa, Carboncillo, Saraguro, 2023.	17
Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson del cultivo de papa.	23

Índice de figuras

Figura 1. Croquis de la distribución de los tratamientos en campo.	13
Figura 2. Días a floración del cultivo de papa aplicado a 9 tratamientos.	18
Figura 3. Altura de la planta. Variedades: chaucha (T3, T6, T9), fripapa (T1, T4, T7) y superchola (T2, T5, T8).....	18
Figura 4. Días a la cosecha. Tratamientos: 0 kg ha ⁻¹ (T1, T2, T3), 25 kg ha ⁻¹ (T4, T5, T6) y 50 kg ha ⁻¹ (T7, T8, T9).	19
Figura 5. Número de tubérculos por planta. Tratamientos: 0 kg ha ⁻¹ (T1, T2, T3), 25 kg ha ⁻¹ (T4, T5, T6) y 50 kg ha ⁻¹ (T7, T8, T9).	20
Figura 6. Peso promedio de tubérculos por planta y por tratamiento de cada variedad, sector Carboncillo, cantón Saraguro.	21
Figura 7. Rendimiento en kg/ha del cultivo de papa.	21
Figura 8. Índice de cosecha del cultivo de papa.	22

Índice de anexos

Anexo 1. Ficha técnica de las algas fosfolizadas.....	37
Anexo 2. Preparación de la combinación de las algas fosilizadas con el 10-30-10	41
Anexo 3. Fertilización edáfica y foliar	41
Anexo 4. Cosecha a los 120 DDS y determinación de peso.....	41
Anexo 5. Certificado de traducción del Abstract.....	42

1. Título

Efecto de la aplicación de algas fosilizadas y fertilizantes químicos en el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) fripapa, superchola y chaucha, en el sector Carboncillo del cantón Saraguro

2. Resumen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo tradicional importante a nivel mundial, sin embargo, en Ecuador durante los últimos años se ha registrado bajos rendimientos, lo que amerita buscar alternativas como fuentes de fertilización orgánica para mejorar su producción, los fertilizantes orgánicos como las algas fosilizadas son considerados como una alternativa sana y viable para cultivos de interés agrícola. No obstante, los productores hacen uso de fertilizantes químicos para incrementar el rendimiento por el bajo costo que conlleva a diferencia del orgánico, sin considerar el daño que causa el abuso excesivo al suelo como al medio ambiente. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de las algas fosilizadas en comparación con la fertilización química a base de 10-30-10 sobre el rendimiento en tres variedades de papa (chaucha, fripapa y superchola) en el sector Carboncillo, cantón Saraguro. Se utilizó un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con nueve tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 36 unidades experimentales. Para el análisis de datos se realizó un análisis de varianza ANOVA, con comparaciones de Pearson en *Infostat* 2019 versión libre. Se analizaron las variables como altura de la planta, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta y rendimiento. Los tratamientos con la dosis de 0 y 25 kg ha⁻¹ de las algas fosilizadas más 10-30-10 en la variedad superchola presentaron el mejor rendimiento con 66133,6 y 71095,6 kg ha⁻¹. Respectivamente los resultados obtenidos en el ensayo refuerzan el uso de fertilizantes orgánicos, además de potenciar productos saludables para el ser humano y amigables para el medio ambiente.

Palabras claves: algas fosilizadas, variedades, rendimiento, fertilización química, papa.

2.1 Abstract

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is an important traditional crop worldwide, however, in Ecuador the last few years there have been low yields, which merits looking for alternative sources of organic fertilization to improve production, organic fertilizers such as fossilized algae are considered as a healthy and viable alternative for crops of agricultural interest. However, producers make use of chemical fertilizers to increase yields due to the low cost involved in contrast to organic fertilizers, without considering the damage caused by excessive abuse to the soil and the environment. The objective of this research was to evaluate the effect of fossilized algae in comparison with chemical fertilization based on 10-30-10 on the yield of three potato varieties (chaucha, fripapa and superchola) in Carboncillo sector, canton of Saraguro. A CRBD (Completely Randomized Block Design) was used with nine treatments and four repetitions with a total of 36 experimental units. For data analysis, an ANOVA analysis of variance was performed, with Pearson comparisons in Infostat 2019 free version. Variables such as plant height, number of tubers per plant, weight of tubers per plant and yield were analyzed. The treatments with the dose of 0 and 25 kg ha⁻¹ of the fossilized algae plus 10-30-10 in the superchola variety presented the best yield with 66133.6 and 71095.6 kg ha⁻¹. Respectively, the results obtained in the trial reinforce the use of organic fertilizers, in addition to promoting products that are healthy for humans and environmentally friendly.

Keywords: fossilized algae, varieties, yield, chemical fertilization, potato.

3. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto cultivo más importante en la dieta de la población y se cultiva principalmente en tierras andinas (Basantes et al., 2020). Asimismo, es un rubo importante en el sector productivo, a nivel mundial, en el año 2018 el rendimiento se duplicó a 18 t ha⁻¹. En la última década (INEC, 2018; MAG, 2018) para el Ecuador los rendimientos se vieron disminuidos, siendo en el año 2019 donde se evidenciaron los rendimientos más bajos en el orden 14 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021). En Ecuador, las zonas productoras se encuentran distribuidas en Pichincha, Carchi, Cotopaxi, Cañar, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo (MAG, 2020; Parra, 2013b). El consumo per cápita de papa en Ecuador en el año 2014 fue de 24 kg (Chehab & Jácome, 2015).

El cultivo de papa necesita los elementos necesarios que se consiguen en los fertilizantes para producir tubérculos comercializables y de alto rendimiento. Es por eso que el uso de fertilizantes orgánicos ayuda a mejorar las características físicas, químicas, biológicas en el suelo sin dañar al mismo (Trinidad, 2014).

Las algas fosilizadas son una gran alternativa como fertilizantes, gracias a su alto contenido de Silicio con un 85 % (Botto, 2017). Su uso es en forma de tierra, como fertilizante orgánico o insecticida ecológico, es muy beneficioso que puedan asimilar otros macronutrientes presentes para el suelo, algunos de estos son: Silicio (Si), Carbonato cálcico (CaCO₃), Calcio (Ca), Aluminio (Al), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cloro (Cl) y Sulfato de cal (López et al., 2020).

Varios autores corroboran que las algas fosilizadas aportan los nutrientes necesarios a los vegetales, principalmente Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) (White et al., 2007) como la absorción de los nutrientes en el suelo, retención de agua, optimiza la resistencia a factores de estrés bióticos y abióticos (Akinremi et al., 2000; Pati et al., 2016), que pueden mejorar indirectamente el rendimiento de los cultivos. Incluso estas algas fosilizadas si se las aplica en forma foliar contribuyen al control de trips ya que estos insectos debilitan la planta, las hojas terminan secándose y afectan la producción (Toro, 2017).

Los contenidos de Silicio (Si) disponibles para las plantas en el suelo varían ampliamente. La estrecha relación entre los niveles de Silicio y las características químicas y físicas del suelo apuntan a la importancia de la meteorización en la regulación del suministro de Si a los cultivos (Miles et al., 2014). Las respuestas de rendimiento ocurren particularmente en suelos altamente meteorizados que contienen una baja concentración de Silicio en el suelo (Haynes, 2014). La caña

de azúcar y la papa se cultivan principalmente en suelos desilicados que han respondido al Silicio aplicado como silicato de calcio y escorias (Camargo et al., 2013; Sobral et al., 2011), pero hay escasez de datos en el país sobre el uso y la eficiencia de los sistemas basados en algas fosilizadas como fertilizante. Los estudios de aplicación de algas fosilizadas como fuente de silicio en cultivos como la papa son escasos.

Teniendo en cuenta la falta de información sobre las algas fosilizadas y como fertilizante en el cultivo de papa y para dilucidar su efecto en este cultivo se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivos:

General

Evaluar la respuesta en términos de crecimiento y rendimiento en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) fripapa, superchola y chaucha, en el sector Carboncillo del cantón Saraguro.

Específicos

Evaluar las características vegetativas de tres variedades de papa (fripapa, superchola y chaucha) mediante la aplicación combinada de tres dosis (0 kg, 25 kg y 50 kg) de abono orgánico (algas fosilizadas) y fertilización química.

Analizar la combinación de tres dosis (0 kg, 25 kg y 50 kg) de abono orgánico (algas fosilizadas) y fertilización química sobre el rendimiento agrícola en tres variedades de papa (fripapa, superchola y chaucha).

4. Marco teórico

4.1 *Solanum tuberosum* L. (Papa)

4.1.1 Antecedentes investigativos

En el cultivo de papa, un uso indiscriminado de agroquímicos genera degradación del suelo bajando la producción del mismo (Burbano, 2004). Es por ello que Martínez et al. (2013a) nos indica la necesidad de brindar productos que cubran las necesidades de las plantas, sin que exista daño ambiental por un uso excesivo de fertilizantes químicos y plaguicidas.

Las algas microscópicas fosilizadas pueden ser aplicadas a cualquier tipo de cultivo. “Se recomienda un total de 24 kg/ha/cosecha, esta aumenta la productividad en el cultivo de papa, presenta una serie de ventajas, entre ellas se destacan: no contamina, no genera efectos tóxicos sobre las personas, animales o aguas; tiene efecto residual; tiene efectos en el suelo e incrementa la biomasa en las plantas (Delgado, 2013).

El efecto fertilizante de dos tierras de diatomeas, identificadas como 289 y 400 comercializadas por Celite Internacional, a dos concentraciones 20 kg ha⁻¹ y 40 kg ha⁻¹ y 18 kg ha⁻¹ y 36 kg ha⁻¹ respectivamente y un fertilizante orgánico líquido (FOL) a dosis de 2 L ha⁻¹ y 4 L ha⁻¹, comprobó que al usar un producto comercial con base en los materiales de estudio, se obtuvieron mejores niveles de rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) (Martínez et al., 2013b).

Ayala (2013), realizó una evaluación agronómica de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de cuatro dosis de extracto de algas marinas. Para tal efecto estudió dos híbridos de INIAP: H-551 y H-553, con la aplicación de dosis de 0, 25, 50 y 75 kg ha⁻¹ de extractos de algas marinas, observando que al aplicarse la dosis de 25 kg ha⁻¹ de algas presentaron mayor altura, sin embargo, en el peso de la mazorca obtuvo mayor peso en la dosis de 50 kg ha⁻¹ y un rendimiento del grano de 5 088,82 kg ha⁻¹.

4.1.2 Origen de la papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta procedente de América del Sur, por ende se localiza en gran parte del territorio, entre los países de los Andes de Perú, Bolivia y las regiones al norte de Argentina y Chile (Garzón, 2007; Quimbiamba & Monteros, 2010)

4.1.3 Clasificación taxonómica

Según, Márquez-Vasallo et al. (2020) la clasificación taxonómica del cultivo de papa se

describe de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de la papa.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Clase	Magnoliopsida
Orden	Polemoniales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum tuberosum</i> L.

4.1.4 Morfología

- Brote

Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo y el color es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o el ápice, o casi totalmente coloreados, múltiples y vigorosos (Alban et al., 2015).

- Planta

Rivadeneira et al. (2021) manifiesta que la planta es vigorosa, tiene un desarrollo bastante rápido, cubre bien el terreno. Tamaño medio, tallos en número de cuatro, presencia de alas dentadas, entrenudos largos y manifiestos, ramificación basal.

- Raíz

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales se puede considerar al tubérculo como una parte del tallo que es apta para almacenar reservas (Alonso, 2002).

- Tallos

El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen sólo un tallo principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales (Cuesta et al., 2002).

- **Tubérculos**

Los tubérculos de papa son tallos modificados, un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón, que se llama talón, y el extremo expuesto, que se llama extremo apical o distal (Inostroza et al., 2009). Los tallos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias (Ríos, 2007).

- **Hojas**

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente, las hojas son compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal (Velasco, 2013).

- **Inflorescencia, flor**

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa (Inostroza et al., 2009).

4.1.5 Variedades

- ***Fripapa***

Esta variedad de forma oblonga, color de piel rosada, con ojos superficiales bien distribuidos, color de pulpa amarilla (INIAP, 2006a). Semitardía (180 días), resistente a la lancha (*Phytophthora infestans*), roya (*Puccinia pittieriana*) y a la cenicilla (*Oidium spp*) (Pumisacho & Sherwood, 2002). El rendimiento promedio es de 41 – 53 t ha⁻¹ (Parra, 2013a).

- ***Chaucha***

Paca (2010) menciona que los tubérculos son de forma semiredonda, con ojos de profundidad mediana, hojas pequeñas de color verde con ocho folíolos en cada tallo, el color de la piel es rojo-tenué, la pulpa es amarilla con brotes vigorosos. Tiempo de cosecha muy temprana 90 días (Pumisacho & Sherwood, 2002). Resistente a la lancha (*Phytophthora infestans*) (Monteros & Reinoso, 2010). El rendimiento promedio es de 17,7 t ha⁻¹ (Rojas & Seminario, 2014).

- ***Superchola***

Planta de crecimiento erecto, con numerosos tallos verdes bien desarrollados, con follaje bastante frondoso, hojas de color verde intenso, flores de color morado, tubérculos con un período

de reposo de 80 días (Torres *et al.*, 2011). Semitardía (180 días), susceptible a lancha (*Phytophthora infestans*) y a la roya (*Puccinia pittieriana*) (Pumisacho & Sherwood, 2002). El rendimiento promedio es de 32,43 t ha⁻¹ (Ramos et al., 2002).

4.1.6 Ciclo vegetativo del cultivo de papa (Fenología)

Estrada (2013), el crecimiento fenológico del cultivo de papa inicia con el brotamiento del tubérculo y finaliza en la madurez fisiológica del cultivo (cosecha). Las variedades de papa pueden ser precoces, semi tardías y tardías según su ciclo.

Hernández-Herrera et al. (2014) presentan una breve descripción de las fases fenológicas más importantes del cultivo de la papa son:

a. Fase de emergencia: Esta fase comienza después de la preparación de suelo y la colocación de la semilla de papa en los surcos; la duración de esta etapa depende de las condiciones de almacenamiento, la variedad utilizada y el estado de brotación de la semilla (MAG, 2017).

c. Fase de inicio de floración: Durante esta fase aparecen los primeros botones florales. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y da inicio a la floración (Hernández-Herrera et al., 2014).

d. Fase de plena floración: se inicia con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración, así como también existen variedades que no florecen (Laguna, 2019).

e. Fase de tuberización: Esta fase se inicia a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones. Se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón (Hernández-Herrera et al., 2014).

f. Fase de maduración: Se inicia cuando el follaje de la planta alcanza su máximo desarrollo presentando un color amarillento. La maduración podría estar asociada con el final de la floración a los 75 días en variedades precoces, 90 días para variedades intermedias y 120 días para variedades tardías (Molina et al., 2004).

4.2 Requerimientos nutricionales

Cuando se pretende cultivar papas, es muy importante tener presente el tipo de suelo, el clima, la disponibilidad de agua de riego, la calidad de la semilla, los abonos, el control de plagas y enfermedades en el cultivo (Bertsch et al., 2009).

4.2.1 Macronutrientes

Estos elementos son indispensables para el cultivo de papa (Ramírez et al., 2004) sostiene que el Nitrógeno (N) produce mayor tuberización en el cultivo con un 65 %, Fósforo (P) de un 50 a 90 % (Syers et al., 2008), Potasio (K) activa la participación en el transporte de fotosintatos de las hojas y muy móvil para la absorción (Silva et al., 2017), la papa absorbe aproximadamente de 20 a 40 kg de MgO y de 20 a 60 kg de S, por ciclo de cultivo (Castro, 2005).

4.2.2 Micronutrientes

Estos elementos se requieren en menor cantidad sin embargo la ausencia de estos puede afectar la solubilidad del cultivo de papa (Concepcion II et al., 2021). El Zinc (Zn) le da vigor y defensa en contra de enfermedades (Pérez et al., 2008), Manganeseo (Mn) en los suelos del cultivo de papa es de aproximadamente 50 mg L⁻¹, con un rango de 25 a 300 mg L⁻¹ (Grobbelaar, 2004), Boro (B) sirve como transporte y absorción de azúcares, inhibidor vegetal, y diferenciación y desarrollo celular, Hierro (Fe) ayuda a reducir los nitratos y los sulfatos (Macías-Echeverri et al., 2019), Molibdeno (Mo) si el suelo carece de este nutriente (pH bajo) las hojas jóvenes presentan manchas cloróticas (Hajduk et al., 2020).

4.2.3 Algas Fossilizadas (Tierra de diatomeas)

El origen de las algas fossilizadas son rocas silíceas sedimentadas en mares y lagos que posteriormente se secaron y se mineralizaron dando como resultado la tierra de diatomeas (Baglione, 2011). Las diatomeas están compuestas por una pared celular transparente de sílice llamado dióxido de silicio hidratado (Sánchez & Reséndiz, 2021) y una capa interna de pectina, con una composición unicelular, formas y tamaños diversos. Tienen como principal propiedad su alto contenido en un 85 % de materia orgánica (Botto, 2017).

Son microorganismos fotosintetizadores que forman parte de un organismo llamado fitoplancton (Zeni et al., 2021). Su uso es en forma de tierra, como fertilizantes orgánicos o insecticidas ecológicos, es muy beneficioso que puedan asimilar otros macronutrientes presentes para el suelo, algunos de estos nutrientes son: Silicio (Si), Carbonato cálcico (CaCO₃), Calcio (Ca), Aluminio (Al), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Potasio (K), Fósforo (P), Cloro (Cl) y Sulfato de cal (López et al., 2020).

Las algas fossilizadas están compuestas por un 70 a 90 % de Dióxido de Silicio (SiO₂), contienen pequeñas cantidades de otros minerales como Fósforo 0,02 %, Calcio 0,12 %, Azufre 0,044 %, Zinc 0,004 %, Níquel 0,0005 %, Aluminio 3,65 %, Manganeseo 0,20 %, Óxido de hierro

0,5 %, Sodio 0,067 % y Magnesio 0,019 %. La coloración tiende a darse según el contenido de minerales que contengan, puede ser blanco – gris amarillo – rojo (Velasco & Fidel, 2019).

A) Fertilización a base de algas fosilizadas

1. Fertilización edáfica

En condiciones de campo, la tierra diatomeas es un elemento de gran importancia que estimula el crecimiento de la planta (Kübler et al., 2016), por consiguiente el crecimiento como la acumulación irreversible de materia seca asociada con procesos de elongación y crecimiento celular (Mitter et al., 2021), aumenta la disponibilidad de elementos esenciales al contrarrestar el antagonismo, generado en suelos con alta saturación de Aluminio (Al) y Hierro (Fe) en suelos ácidos hacen que las algas fosilizadas aporten todos sus beneficios (Baglione, 2011).

2. Fertilización foliar

En cuanto a la aplicación foliar de tierra diatomeas según (Vargas & Salazar, 2013), muestra cualidades nutricionales con diferencias tanto en el follaje, tamaño de tallos y raíz en plantas del cultivo en vivero frente a las plantas que no recibieron. Aplicando a la planta en forma foliar, la protege del golpe de sol (Mu et al., 2014), De esta misma forma, estudios realizados en el cultivo de papa dan a conocer un aumento en cuanto a altura de las plantas y diámetro de los tubérculos (Aparecida de Assis et al., 2012).

Esto da a conocer el efecto positivo como inductor de resistencia (Nascimento et al., 2021), y como factor nutricional que tiene la tierra diatomeas sobre las plantas en aplicación foliar o al suelo, el silicio también está interviniendo sobre la estructura de la pared de las células vegetales (Silva et al., 2016), que para el caso de las células del xilema aumenta su lignificación y grosor mejorando a su vez la fotosíntesis por el aumento del flujo de nutrientes en la planta (Nazaralian et al., 2017).

4.2.4 Fertilizante 10-30-10

Este fertilizante es un producto químico muy complejo, sensible a las condiciones de alta humedad. Tiene alta proporción de los tres macro nutrientes primarios fósforo, nitrógeno y potasio, los altos contenidos de fósforo estimulan el crecimiento de raíces, por lo que normalmente se recomienda aplicarlo en etapas tempranas durante el ciclo de producción. Los aportes de nitrógeno y potasio complementan la acción del fósforo, haciéndolo ideal para cultivos de papa, hortalizas; tomate entre otros cultivos (AGRIPAC, 2021) .

5. Metodología

5.1 Ubicación y descripción del sitio experimental

El trabajo experimental se desarrolló en la Finca “Montoya” sector Carboncillo con una latitud de 3° 32' 0" S, longitud 79° 15' 0" O y una altitud de 2 883 m.s.n.m, localizada a 16 km al norte del centro cantonal de Saraguro. La temperatura del lugar oscila entre los 9 a 18 °C, velocidad del viento 10 km/h, precipitación media anual de 790 mm y una humedad relativa entre el 60 y 80 % respectivamente, correspondiendo a una formación ecológica de bosque montañoso húmedo (BMH).

5.2 Unidad experimental

5.2.1 Diseño experimental del cultivo de papa

Se empleó un DBCA (Diseño en Bloques Completamente al Azar), con nueve tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 36 unidades experimentales.

Tabla 2. Diseño del cultivo de papa con dos factores (Fertilización y Variedad).

Factor A Fertilizante	Factor B Variedad
3 niveles: (0, 25 y 50 kg/ha) químico + alga	3 niveles: friepapa, superchola y chaucha
TRATAMIENTOS	
T1	Alga-químico en friepapa 0 kg/ha
T2	Alga-químico en superchola 0 kg/ha
T3	Alga-químico en chaucha 0 kg/ha
T4	Alga-químico en friepapa 25 kg/ha
T5	Alga-químico en superchola 25 kg/ha
T6	Alga-químico en chaucha 25 kg/ha
T7	Alga-químico en friepapa 50 kg/ha
T8	Alga-químico en superchola 50 kg/ha
T9	Alga-químico en chaucha 50 kg/ha

5.2.2 Características del experimento

Tabla 3. Delineamiento del experimento.

Área total del ensayo	774 m ²
Número de parcelas por repetición	9
Número de repeticiones	4
Número total de parcelas	36
Área de parcela por tratamiento	9,00 m ² (3,0 m x 3,0 m)
Ancho entre surcos	2.00 m
Distancia entre surcos	1.0 m
Distancia de siembra	0,6 m x 0,6 m
Número de surcos por parcela	2
Número de plantas por surco	7
Número de plantas por parcela	14

a. Esquema del diseño

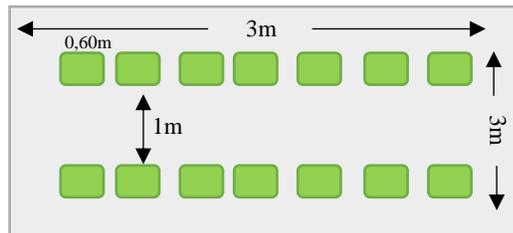


Figura 1. Croquis de la distribución de los tratamientos en campo.

5.2.3 Análisis estadístico

Modelo estadístico

El modelo estadístico correspondiente al diseño en bloques completos al azar está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ...tratamientos

j: 1, 2, 3, 4, ...repeticiones

y_{ijk}: Observación de la variable respuesta obtenida del tratamiento con el i-jésimo

nivel de A, el j-ésimo nivel de B y la repetición k-ésima.

μ : Media general común a todos los tratamientos.

A_i : Efecto de i-ésimo nivel del Factor A (Variedad).

τ_j : Efecto del i-ésimo nivel del Factor B (Fertilizante).

ϵ_{ij} : Efecto del error experimental.

5.3 Metodología general

Preparación del suelo: Esta labor se inició en forma mecánica con tractor agrícola como actividad primaria para ruptura del suelo y también mediante labor de arada (yunta) realizando surcos para delimitar cada parcela.

Trazado de parcelas: El trazado de las parcelas se realizó de acuerdo a las dimensiones establecidas anteriormente mediante un diseño DBCA (Tabla 3) para ejecutar los surcos.

Desinfección de tubérculos semilla: Para desinfectar los tubérculos semilla se usó Vitavax en dosis de 1 000 cm³/L (Upl, 2022).

Siembra: La siembra se realizó a golpe, dos tubérculos por sitio a 0,60 m entre plantas y 1m entre surcos (Rodriguez, 2018).

Aplicación de los tratamientos: Al momento de la siembra se aplicó algas fosilizadas (suelo) a las parcelas en la dosis propuesta para el estudio (Tabla 2). Para el T4, T5 y T6 de cada variedad se aplicó 12,5 kg de Algas con 12, 5 kg de 10-30-10 dando un factor de 25 kg en la combinación de estos abonos y para el T7, T8 y T9 se aplicó 25 kg de algas y 25 kg de abono 10-30-10 como factor de 50 kg en las 4 repeticiones, respectivamente.

La aplicación foliar de las algas fosilizadas (micronizadas) en la variedad chaucha (precoz) fue a los 45 y 55 Días Después de la Siembra (DDS), en la var. Fripapa a los 70 y 80 DDS y en la var. Superchola a los 90 y 100 DDS en plena etapa de floración. Se aplicó tres veces durante todo el ciclo del cultivo.

Deshierbe y aporque: El deshierbe se realizó manualmente con azadón, en la var. Chaucha los 45 días, var. Fripapa a los 60 días y en la var. Superchola a los 75 días de la siembra.

Control fitosanitario: Para controlar las distintas plagas y enfermedades del cultivo de papa se utilizaron los productos químicos como Connct Dúo (Beta-cyfluthrin + Imidacloprid) para punta

morada aplicada en la parte baja de la hoja a 25 mL/20L de agua con una bomba a motor, fijador agrícola (Éter Fenol Poliglicólico) a 20 mL/20L de agua, Curacrón (Profenofos) para polilla y mosquilla aplicada encima de la hoja (paratrisosa) a 25 mL/20L de agua, Patrón (Ximoxanil, Dimetomor) para la lancha 200 mL/20L de agua.

Riego: El riego se realizó mediante aspersion; un riego se hizo el día de la siembra y los siguientes riegos se realizaron con frecuencia de cada 21 días según fue necesario.

Metodología para el primer objetivo:

Evaluar las características vegetativas de tres variedades de papa (fripapa, superchola y chaucha) mediante la aplicación combinada de tres dosis (0 kg, 25 kg y 50 kg) de abono orgánico (algas fosilizadas) y fertilización química.

Porcentaje de Emergencia

El porcentaje de emergencia se evaluó DDS (Días Después de la Siembra) de cada variedad, expresando los valores en porcentaje, en relación al número de tubérculos semillas sembradas en cada unidad experimental (Punina, 2014).

Días a floración

Después de la siembra se tomó en cuenta los días a floración de cada variedad hasta cuando al menos el 50 % de las plantas tuvieron una flor abierta (Laguna, 2019).

Altura de planta

La altura de la planta se obtuvo desde el cuello del tallo principal hasta el ápice terminal, en 12 plantas tomadas de cada parcela. La lectura se efectuó cuando el cultivo presentó el 50 % de floración (Jerez et al., 2017).

Metodología para el segundo objetivo:

Analizar la combinación de tres dosis (0 kg, 25 kg y 50 kg) de abono orgánico (algas fosilizadas) y fertilización química sobre el rendimiento agrícola en tres variedades de papa (fripapa, superchola y chaucha).

Mediante la recolección de datos se calculó el efecto de la aplicación de abonos en cada tratamiento, para finalmente comprobar la relación existente entre las tres variedades y cuál fue la mejor en cuánto al rendimiento.

Días a la cosecha

Se contó los días pertinentes de cada una de las variedades ya que tuvieron distintas fechas de cosecha, algunas fueron más precoces, registrando en el total de plantas de la parcela (Garzón, 2014).

Número de tubérculos por planta

De las plantas seleccionadas en los surcos, se contabilizó el número de tubérculos por planta y se expresó en número de tubérculos por parcela.

Peso de tubérculos por planta

Al momento de la cosecha, con la ayuda de una balanza gramera se hizo el respectivo peso de todos los tubérculos de cada planta, efectuando 12 plantas dentro de cada parcela. Los valores se expresaron en kg/planta (Punina, 2014).

Rendimiento

El rendimiento se lo evaluó a partir de la cosecha, pesando los tubérculos de cada parcela cosechada sobre la superficie de la cosecha. Para el efecto se utilizó una balanza gramera, expresando los valores en kg ha^{-1} (Punina, 2014).

Índice de cosecha

El rendimiento de tubérculos por hectárea, de cada parcela, se obtuvo aplicando la fórmula de Hay y Walker (1989): rendimiento (kg/ha) x N° tubérculos por planta x peso promedio del tubérculo fresco (kg) (Seminario et al., 2018).

IC: Rendimiento (kg ha^{-1}) x N° tubérculos por planta x Peso promedio del tubérculo fresco (kg)

Análisis

Las variables fueron sometidas a una análisis de varianza (ANOVA), de acuerdo al diseño experimental planteado (DBCA), con comparaciones de Tukey ($p < 0,05$) con el fin de mostrar las diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en un software estadístico *Infostat* versión libre (Di Rienzo et al., 2018). Además, el uso de pruebas de Correlación de Pearson (95 %).

6. Resultados

6.1 Porcentaje de emergencia

De los resultados obtenidos en el análisis de varianza mediante la prueba paramétrica de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$ se observó que el porcentaje de emergencia evaluados entre los 12 y 25 DDS para cada uno de los tratamientos, los porcentajes variaron entre 70 y 99 %, el promedio general fue de 90,11 % (Tabla 4).

Tabla 4. Promedio de tratamientos en la variable porcentaje de emergencia de papa, Carboncillo, Saraguro, 2023.

No.	Tratamientos	Promedios (%)	Rango
T3	Alga-químico en chaucha 0 kg	97	A
T6	Alga-químico en chaucha 25 kg	99	A
T9	Alga-químico en chaucha 50 kg	96	A
T1	Alga-químico en friepapa 0 kg	96	A
T4	Alga-químico en friepapa 25 kg	98	A
T7	Alga-químico en friepapa 50 kg	96	A
T2	Alga-químico en superchola 0 kg	74	B
T5	Alga-químico en superchola 25 kg	85	AB
T8	Alga-químico en superchola 50 kg	70	B
Promedio	$\bar{X}=90,11\%$		

El porcentaje de emergencia para el cultivo de papa fue alto en todos los casos, en promedio se obtuvo un 90 %, estadísticamente no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados excepto para el T2 y T8 (variedad superchola) donde se evidenció diferencias en su emergencia al presentar los valores más bajos.

6.2 Días a la floración

Los días a la floración del cultivo de papa para cada tratamiento variaron con un promedio de 74,5 días (Figura 2) en los 9 tratamientos de las variedades chaucha, friepapa y superchola.

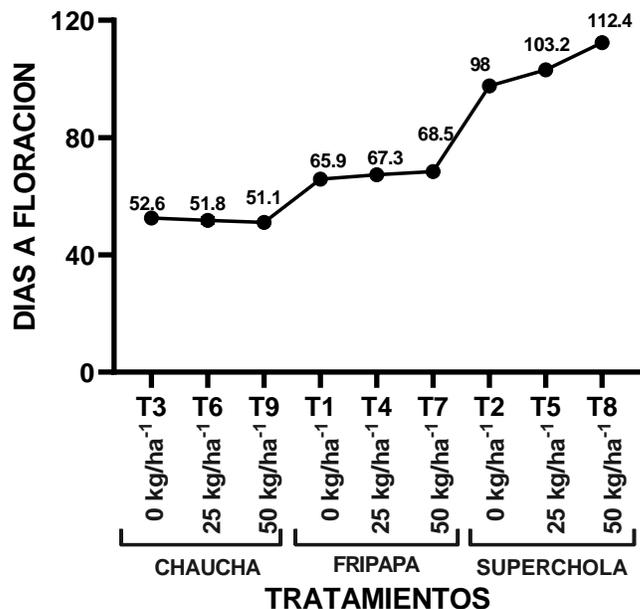


Figura 2. Días a floración del cultivo de papa aplicado a 9 tratamientos.

La figura 2 indica que los tratamientos T3, T6 y T9 (variedad chaucha) tuvieron mayor precocidad en los días a floración, seguido de la variedad fripapa en los tratamientos T1, T4 y T9, por el contrario, el T5 y T8 mostraron una floración más tardía hasta 112,4 días para la variedad superchola.

6.3 Altura de la planta

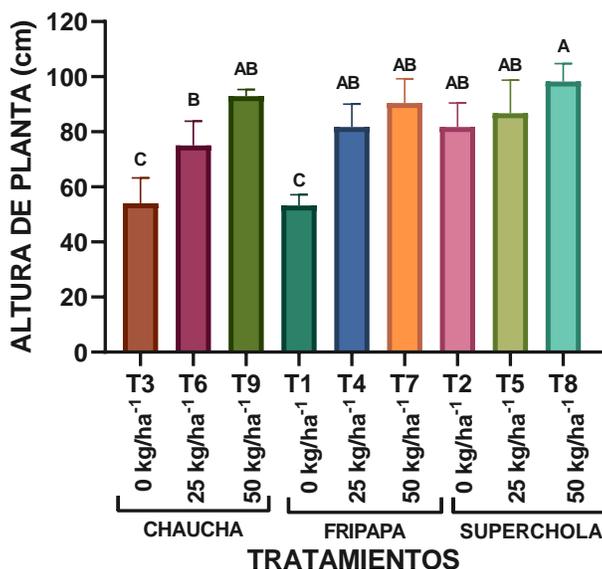


Figura 3. Altura de la planta. Variedades: chaucha (T3, T6, T9), fripapa (T1, T4, T7) y superchola (T2, T5, T8).

En los resultados de la figura 3 se observó que no existen diferencias significativas entre variedades con la dosis de 50 kg ha⁻¹ que presentaron una mayor altura frente a 0 kg ha⁻¹ que obtuvieron menor altura en las variedades chaucha y fripapa (T1 y T3).

6.4 Días a la cosecha

Los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha de los tubérculos, fueron desde los 108 días hasta los 214 días obteniéndose un promedio general de 149 días.

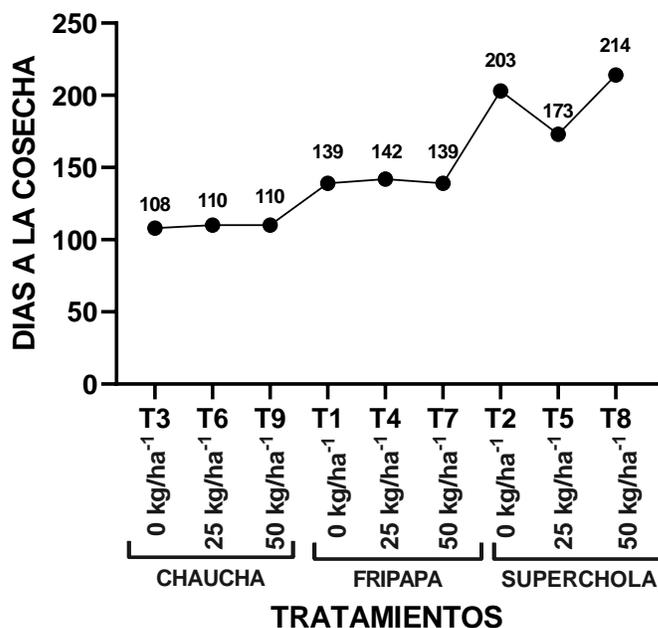


Figura 4. Días a la cosecha. Tratamientos: 0 kg ha⁻¹ (T1, T2, T3), 25 kg ha⁻¹ (T4, T5, T6) y 50 kg ha⁻¹ (T7, T8, T9).

Los días alcanzados en el cultivo de papa hasta la cosecha de los distintos tratamientos aplicados presentaron diferencias entre sí, los T3, T6 y T9 de la variedad chaucha fueron los más precoces con 108 - 110 días en comparación con los tratamientos T2 y T8 de la variedad superchola con 203 – 214 días (Figura 4).

6.5 Número de tubérculos por planta

En cuanto al número de tubérculos por planta si presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los tratamientos por cada variedad (Figura 5). El número de tubérculos por planta para la variedad superchola fue superior para las variedades fripapa y chaucha, en todos los casos fue evidente el efecto de la variedad superchola en todas las dosis superando a la variedad fripapa que fue la más baja.

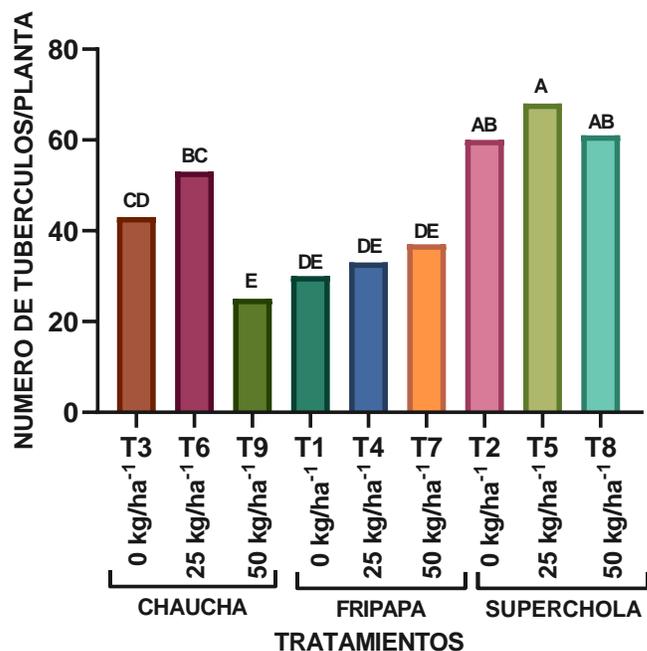


Figura 5. Número de tubérculos por planta. Tratamientos: 0 kg ha⁻¹ (T1, T2, T3), 25 kg ha⁻¹ (T4, T5, T6) y 50 kg ha⁻¹ (T7, T8, T9).

6.6 Peso de tubérculos por planta

El peso promedio de los tubérculos fue de 3,30 kg/planta evidenciándose estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. La figura 6 muestra el peso promedio de tubérculos por planta para cada tratamiento en cada variedad, los valores fueron satisfactorios donde se aplicó el T2 y T5, el efecto fue directo en la variedad superchola con un promedio de 4,43 y 4,15 kg/ha. Mientras que los tratamientos T3, T6 y T9 de la variedad chaucha presentaron los valores más bajos.

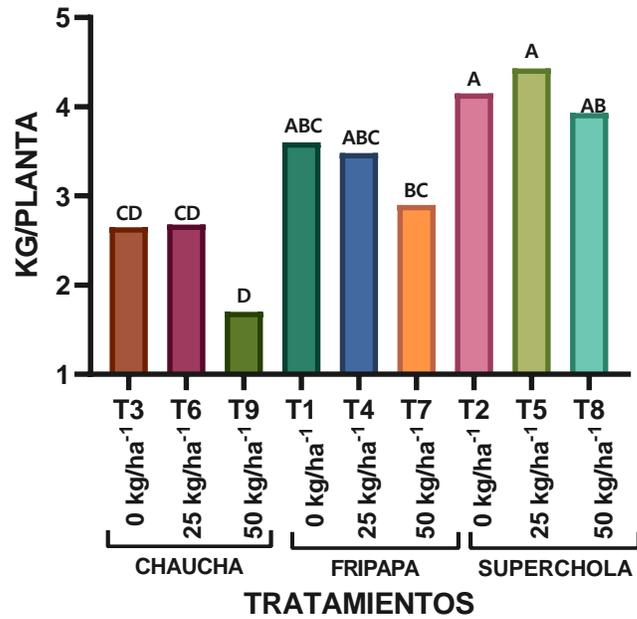


Figura 6. Peso promedio de tubérculos por planta y por tratamiento de cada variedad, sector Carboncillo, cantón Saraguro.

Letras sobre barras indican diferencias significativas entre las medias según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

6.7 Rendimiento (kg/ha)

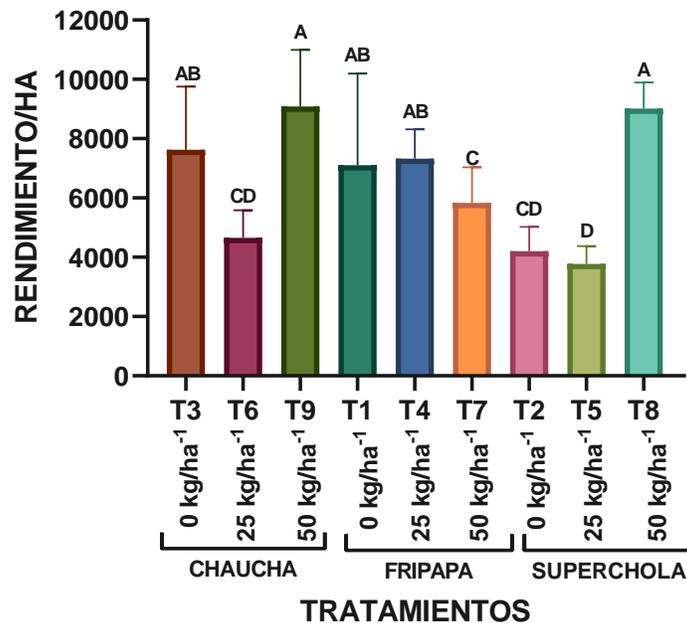


Figura 7. Rendimiento en kg/ha del cultivo de papa.

En la figura 7, el rendimiento agrícola de la papa del tratamiento T5 tuvo un efecto significativo para la variedad superchola, logrando incrementar el rendimiento a 71 095.6 kg ha⁻¹

respectivamente. No obstante, los demás tratamientos fueron estadísticamente similares, excepto el T9 que presentó los valores más bajos con 28 952 kg ha⁻¹.

6.8 Índice de cosecha

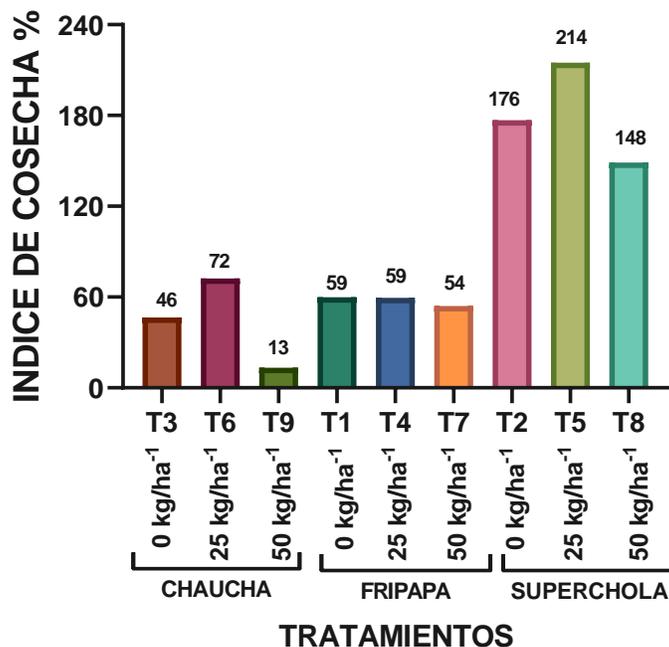


Figura 8. Índice de cosecha del cultivo de papa.

El índice de cosecha muestra que en la variedad Chaucha fueron menores en el tratamiento T3 y T9 con un 13 y 46 % respectivamente. Por otra parte, en la variedad Superchola presentaron el mayor índice de cosecha entre todos los tratamientos que podrían seleccionarse como los más productivos (Figura 8).

Correlación entre variables

Se realizó un análisis de correlación entre los componentes correspondientes a la variable rendimiento del cultivo de papa y las variables de estudio, mostrando correlaciones que tienen entre ellas. Sin embargo, el número de tubérculos por planta y peso de tubérculos por planta resultaron significativamente correlacionadas con el rendimiento.

Se encontró una correlación lineal positiva entre peso de tubérculos por planta y rendimiento de 0,94 ($p < 0,05$). El número de tubérculos y rendimiento al índice de cosecha con un coeficiente de Pearson de 0,89 y 0,85. Las demás correlaciones positivas se mantienen con un coeficiente entre 0,41 y 0,70 (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson del cultivo de papa.

ANALISIS DE CORRELACION CON UN COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON				
Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Días a la floración	Altura de planta	36	0.70	<0.0001
Altura de planta	Días a la cosecha	36	0.41	0.0119
Días a la cosecha	Número de tubérculos por planta	36	0.58	0.0002
Días a la cosecha	Peso de tubérculos por planta	36	0.73	<0.0001
Días a la cosecha	Índice de cosecha	36	0.71	<0.0001
Días a la cosecha	Rendimiento kg ha ⁻¹	36	0.72	<0.0001
Número de tubérculos por planta	Peso de tubérculos por planta	36	0.64	<0.0001
Número de tubérculos por planta	Índice de cosecha	36	0.85	<0.0001
Número de tubérculos por planta	Rendimiento kg ha ⁻¹	36	0.70	<0.0001
Peso de tubérculos por planta	Índice de cosecha	36	0.87	<0.0001
Peso de tubérculos por planta	Rendimiento kg ha ⁻¹	36	0.94	<0.0001
Rendimiento kg ha ⁻¹	Índice de cosecha	36	0.89	<0.0001

7. Discusión

En el porcentaje de emergencia, según Sierra et al. (2002) la fase inicial es desde 18 hasta 48 días corroborando que más del 80% de las plantas brotaron a los 25 días después de la siembra en las tres variedades. El efecto de la aplicación de algas fosilizadas en combinación con 10-30-10 en el comportamiento agronómico del cultivo, presentó diferencias en el porcentaje de emergencia de la variedad superchola debido a que es más tardía y se corre con el riesgo de que estos tubérculos no hayan concluido su dormancia (Peña, 2015). Sin embargo, se ha reportado que la presencia de Silicio de las algas fosilizadas beneficia a los cultivos, por inducción de resistencia y protección contra diversos factores ambientales bióticos y abióticos como la sequía, bajas temperaturas y estrés, así mismo influye en la estimulación de la germinación de las semillas (Rayirath et al., 2009), mientras que la viabilidad de las semillas no se ve afectada. En un estudio de papaya un sustrato orgánico (compost de broza de café) con 10-30-10 redujo significativamente el porcentaje de emergencia, debido a que el fertilizante químico aumentó el potencial osmótico del suelo, lo cual disminuyó el flujo de agua hacia la semilla afectando la germinación (Bogantes, 1999).

La aparición del órgano floral es una fase importante dentro de la fase reproductiva del cultivo, en donde se presenta el desarrollo que va desde la antesis hasta el final de la floración y donde se inicia la formación del fruto, que incluye su desarrollo y maduración final. En las variedades de papa analizadas en el experimento, los primeros botones florales se observaron a los 50 días en la var. Chaucha (precoz), 60 días en la var. Fripapa y 112 días en la var. Superchola. Esta variabilidad de aparición del órgano floral y floración probablemente se debió a las características genéticas de cada especie utilizada. Trabajos realizados por Molina *et al.* (2004) indicaron de algunos eventos similares con los días de floración en cultivares de papa, siendo estos a los 30 días después de la siembra en variedades precoces, 35 a 45 días en variedades intermedias y 50 a 60 días en variedades tardías. En otros trabajos similares de papa var. Fripapa, Andrade et al. (1999) mencionaron que los días a floración para esta variedad del cultivo de papa son de 104 días en la var. fripapa por encima de los 3 000 msnm. No obstante, otros eventos edafoclimáticos pueden condicionar a floración para cada especie de papa. Por ejemplo, las bajas temperaturas por debajo de 10 °C detienen seriamente el crecimiento vegetativo, menor área foliar y aparición de botones florales, conforme se incrementa la temperatura media diaria y del número de horas sol diarias podrían mejorar esta etapa fenológica mediante una floración más rápida (Yáñez, 1999).

La aplicación edáfica a base de algas fosilizadas tuvo un efecto positivo que estimuló un mayor crecimiento en las variedades fripapa y superchola, sin embargo, no influyó en la altura de la variedad chaucha. Este crecimiento fue significativamente mayor en los tratamientos que recibieron aplicación de 50kg ha^{-1} de algas fosilizadas, lo que puede indicar que complementa la fertilización, obteniéndose plantas desarrolladas, robustas y vigorosas. Baglione (2011) en su artículo menciona que los micronutrientes presentes en el suelo (nitrógeno, fósforo y potasio) son importantes para el desarrollo de las plantas, no obstante, su acción es limitada cuando la disponibilidad de micronutrientes en el suelo no es adecuada. En los tratamientos con químico, el efecto nocivo de la acidez con un pH en el suelo de 4,36 tuvo efectos negativos como disminuir la disponibilidad de nutrientes (Ca, Mg, K, P, Mo) (Fertilab, 2013). Así mismo en un cultivo de jengibre se observó diferencias significativas en aplicaciones foliar y edáfica con algas fosilizadas en la altura de planta. No obstante, el método de aplicación es condicionante para la elongación de los tallos, por lo que Medina (2016), plantea que, al aplicar directamente sobre la planta, esta asimila casi de forma inmediata los elementos presentes en los fertilizantes, especialmente los fertilizantes de tipo mineralizados, incrementando su altura y área foliar.

Con respecto a los días a la cosecha en la investigación se analizó la etapa fisiológica de madurez, la misma que llegó desde los 108 a 214 días. Según, Pavón (2014) cosechó a los 120 días a una altitud de 2605 msnm en la variedad chaucha, (Punina, 2014) a los 139 a 142 días en 3 635 msnm y en un reporte del INIAP, del año 2006 con la variedad superchola alcanzó su madurez a los 190 días, en zonas mayores a 2 800 msnm probablemente la altitud influyó sobre la maduración temprana de la planta debido a que mayor altitud el periodo de floración se adelanta la maduración (Caldiz & Gaspari, 2017). Un factor importante en la maduración del cultivo de papa es la altura sobre el nivel del mar, ya que, a mayor altura la maduración es tardía, y a menor altura la maduración es temprana, esto debido a las condiciones climáticas del lugar (INIAP, 2006b), la humedad relativa resulta nociva desde la aparición de las flores hasta la maduración del tubérculo, así mismo el frío perjudica a la papa ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar (Robles, 2009), la intercepción de luz en el cultivo depende de la intensidad lumínica la cual estimula a una mayor producción por planta y a un mayor número de tubérculos. La acidez del suelo en suelos ácidos ($\text{pH} < 7,0$) pueden solubilizar elementos tóxicos como el hierro y aluminio que imposibilitan la absorción de otros elementos a la planta (Sáenz, 2022).

Para el número de tubérculos y peso de tubérculos, las algas fosilizadas por su alto contenido de silicio, incrementó iones, reguladores del pH del suelo, bloqueando al Fe, Al y Mn

causantes de la acidez en el sitio de experimentación, lo que pudo facilitar la disponibilidad de elementos en el suelo como Ca, P, K, Mo, Zn y B, además, brindan a las plantas la capacidad de almacenamiento de carbohidratos a través de una mejor fotosíntesis, que son necesarios para el crecimiento y producción de la cosecha, ya que también fortalece los mecanismos de defensa de la planta contra plagas y enfermedades (Castellanos et al., 2015). Tal efecto del silicio posiblemente esté relacionado a la asociación de componentes de la pared celular como la celulosa y la hemicelulosa, importante en virtud del aumento de filamentos de celulosa y desintoxicación de elementos tóxicos para las plantas (Ma & Yamaji, 2015). Sin embargo, al mezclar las algas fosilizadas con fertilizantes químicos u orgánicos adiciona los nutrientes como N, P, K, Si y Ca que aportan una proporción equilibrada para el crecimiento de las plantas en varias fases, mejorando la producción de tubérculos. para su desarrollo (Jaramillo, 2021) . Así mismo otro estudio al aplicar silicato de calcio $\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$ en banano demostró un incremento en el número de hojas a cosecha y por tanto un incremento en el peso del racimo (Mejía, 2022).

El rendimiento de la papa en todos los tratamientos de la var. Superchola tuvieron rendimiento estadísticamente superior comparados con la var. Chaucha, sobresaliendo la dosificación de 25 kg ha^{-1} . El abono 10-30-10 en mezcla con las algas fosilizadas hacen un fertilizante efectivo ya que estos se ajustan a las necesidades del cultivo mejorando la deficiencia del suelo, estimula la formación de la semilla, importa vigor y resistencia a enfermedades (Fertisa, 2022), demostrando su efectividad en el rendimiento de cultivos gracias a sus nutrientes como N, P, K, Si , Ca y Zn, sean asimilados por las plantas, por lo que las algas fosilizadas se comportan como un multicorrector de las carencias que las plantas puedan presentar. Además, el silicio aumenta el crecimiento y modifica la arquitectura de las plantas, ya que también tiene potencial para aumentar la productividad de rendimiento en los cultivos (Jiménez, 2016); asimismo el Si, elemento principal de las algas fosilizadas hace que el fósforo en el suelo sea más disponible para las plantas por lo que aumenta su absorción (Epstein & Bloom, 2005). Garzón (2014) en su investigación obtuvo un rendimiento de $17\ 676.77 \text{ kg ha}^{-1}$; en la presente investigación se obtuvo un rendimiento de $70\ 912.54 \text{ kg ha}^{-1}$. lo que sobrepasa el rendimiento alcanzado por dicho autor.

8. Conclusiones

- ✓ Las algas fosilizadas tuvieron efecto positivo como fuente de fertilización sobre el comportamiento agronómico del cultivo de papa, de tal manera que el estudio expresa que la aplicación en la dosis de 25 kg ha⁻¹ de algas fosilizadas en combinación con el químico 10-30-10 mejoró el rendimiento en la var. Superchola, así como las variables relacionadas a este presentaron diferencias significativas sobre la altura de la planta, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta.
- ✓ Al producir papa de forma tradicional, se puede concluir que los productores podrían utilizar algas fosilizadas en dosis de 50 kg ha⁻¹ en aplicaciones edáficas y foliares, tres veces durante el ciclo del cultivo a la planta a los 30 DDS, al inicio de la floración y en plena floración de cada variedad con el fin de proporcionar un mayor rendimiento del tubérculo; además tener un efecto positivo sobre la calidad del suelo para su uso a futuro.

9. Recomendaciones

- ✓ Realizar una investigación similar, incluir un estudio más profundo de suelo ya que este puede ser un factor relevante en el desarrollo del cultivo y su producción.
- ✓ Evaluar otros cultivos que puedan ser usados con algas fosilizadas tanto edáfica como foliar. La utilización de variedades mejoradas o certificadas en futuras investigaciones para comprobar el rendimiento.
- ✓ Efectuar estos experimentos en otros ecosistemas para el cultivo de papa y relacionar si existe incremento en la producción. La fertilización debe realizarse de acuerdo a un análisis de suelo con el fin de evitar el uso excesivo de fertilizantes, mantener las buenas características del suelo y reducir su impacto.

10. Bibliografía

- AGRIPAC. (2021). Mezcla 10-30-10. (Pichincha, Ecuador)
- Akinremi, O., Janzen, H., Lemke, R., & Larney, F. (2000). Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(3), 437-443.
- Alban, W., Montesdeoca, F., Cuesta, X., & Kromann, P. (2015). Evaluacion de tres sistemas de manejo para minituberculos provenientes del sistema de produccion aeroponico de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en Cutuglahua, Pichincha 2015.
- Alonso, F. (2002). El cultivo de la patata. Barcelona, *Ediciones Mundi Prensa*. 272p.
- Andrade, H., Sola, M., Morales, R., & Lara, N. (1999). Información técnica de la variedad de papa INIAP-Fripapa 99.
- Aparecida de Assis, F., Campos, M. J., Paterno, S. L. C., Francoso, J., Nascimento, A., & Silveira, A. C. (2012). Inducers of resistance in potato and its effects on defoliators and predatory insects. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(1), 30-34.
- Ayala, A. L. (2013). Evaluación agronómica de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L) con la aplicación de cuatro dosis de extracto de algas marinas en el cantón La Mana.
- Baglione, L. (2011). Usos de la tierra diatomea. *Revista Técnicaña*(27), 37-38.
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja, L., & Vásquez, L. (2020). Diagnóstico de los costos, rendimientos de producción y comercialización de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *Revista e-Agronegocios*, 6(2).
- Bertsch, F., Ramírez, F., & Henríquez, C. (2009). Evaluación del fosfito como fuente fertilizante de fósforo vía radical y foliar. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 249-265.
- Botto, B. A. X. (2017). Influencia del uso de tierras diatomeas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) ante el ataque de (*Spodoptera frugiperda*) Babahoyo: UTB, 2017].
- Burbano, H. (2004). Foro Taller futuro del sector papero de Nariño. *Memorias. Pasto (Colombia)*.
- Caldiz, D., & Gaspari, F. J. (2017). Análisis de los factores determinantes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*) con especial referencia a la situación Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 102(2), 203-229.
- Camargo, M. S. d., Rocha, G., & Korndörfer, G. H. (2013). Silicate fertilization of tropical soils: silicon availability and recovery index of sugarcane. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 1267-1275.
- Castellanos, G. L., de Mello, P. R., & Silva, C. C. N. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36, 16-24.

- Castro, H. (2005). Balance y prospectiva de la investigación en el campo de la fertilización para el sistema de producción de papa en Colombia. *Memorias Ier. Taller vegetal en el cultivo de la papa*.
- Chehab, C., & Jácome, M. (2015). El cultivo de papa en Ecuador y planes de mejora. *Brown, Doreen., Ortega-Andrade, SM., Yaguana, Gladys.(Eds.)*.
- Concepcion II, R., Lauguico, S., Alejandrino, J., Dadios, E., Sybingco, E., & Bandala, A. (2021). Aquaphotomics Determination of Nutrient Biomarker for Spectrophotometric Parameterization of Crop Growth Primary Macronutrients Using Genetic Programming. *Information Processing in Agriculture*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.12.007>
- Cuesta, S. H. X., Andrade, H., Bastidas, O., Quevedo, R., & Sherwood, S. (2002). Botánica y mejoramiento genético.
- Delgado, P. A. (2013). Determinación del nivel crítico del nemátodo *Helicotylenchus multicinctus* en plantas de banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*), establecidas en invernadero y área comercial Babahoyo: UTB, 2013].
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2018). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. *URL* <http://www.infostat.com.ar>.
- Epstein, E., & Bloom, A. (2005). Mineral nutrition of plants, principles and perspectives. *Sinauer Associates, Second edition*, 400. (Sunderland).
- Estrada, G. R. H. (2013). Momento del aporque en la producción de papa (*Solanum tuberosum*) cv. "Única" bajo el sistema de riego por goteo en zona árida.
- FAOSTAT. (2021). Datos sobre Alimentación y Agricultura. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fertilab. (2013). La Acidez en la Fertilidad del Suelo. https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/La_Acidez_en_la_Fertilidad_del_Suelo.pdf (México)
- Fertisa. (2022). 10-30-10- Fertilizante Mezcla.
- Garzón, F. J. M. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la papa*, 14(1), 1-9.
- Garzón, L. C. A. (2014). Efecto de cuatro categorías de semilla en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad superchola. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo].

- Grobbelaar, J. U. (2004). Algal nutrition: mineral nutrition. *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*, 97-115.
- Hajduk, E., Nazarkiewicz, M., Gašior, J., Właśniewski, S., & Kaniuczak, J. (2020). Effect of fertilization on the mo content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) and in biomass of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivated on a luvisol formed from loess. *Journal of Elementology*, 25(3).
- Haynes, R. J. (2014). A contemporary overview of silicon availability in agricultural soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(6), 831-844.
- Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of applied phycology*, 26(1), 619-628.
- INEC. (2018). Estadísticas agropecuarias –ESAG. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC*.
- INIAP. (2006a). Departamento de producción de semillas de Fripapa. *Ficha Técnica*, 3-57.
- INIAP. (2006b). Ficha Técnica de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola. (*Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*). <http://www.agroscopio.com/ec/aviso/papa-superchola/>
- Inostroza, J., Méndez, P., & Sotomayor, L. (2009). Botánica y morfología de la papa. *Boletín INIA*(193), 7-14.
- Jaramillo, Q. J. C. (2021). Efecto de nitrógeno, fósforo y potasio más tierra de diatomea en el cultivo de plátano (*Musa AAB*), Cantón Milagro, Provincia del Guayas [Universidad Agraria del Ecuador].
- Jerez, M. E., Martín, M. R., & Morales, G. D. (2017). Evaluación del crecimiento y composición por tamaño de tubérculos de plantas de papa para semilla. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 102-110.
- Jiménez, E. (2016). Evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado foliarmente en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias*. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13976/1/Jim%C3%A9nez%20Franco%20Elvis%20Damian.pdf>.
- Kübler, S., Rucina, S., Reynolds, S., Owenga, P., Bailey, G., & King, G. (2016). Edaphic and topographic constraints on exploitation of the Central Kenya Rift by large mammals and early hominins. *Open Quaternary*, 1-18.

- Laguna, P. (2019). Evaluación de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en dos localidades de la zona de Miraflores Estelí, agosto 2018. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, Managua, Nicaragua.
- López, P. I., Martínez, G. L., Pérez, D. G., Reyes, G. Y., Núñez, V. M., & Cabrera, R. J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2).
- Ma, J. F., & Yamaji, N. (2015). A cooperative system of silicon transport in plants. *Trends in Plant Science*, 20(7), 435-442. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>.
- Macías-Echeverri, E., Marín-Pavas, A., Osorio-Vega, W., & Hoyos-Carvajal, L. M. (2019). Soils and rhizosphere's microorganisms associated in the " Seaflower" biosphere reserve. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(2), 73-87.
- MAG. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica. Costa Rica.
- MAG. (2018). Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017. *Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito, Ecuador*. <https://docplayer.es/112425213-Informe-de-rendimientos-de-papa-en-el-ecuador-2017.html>
- MAG. (2020). Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. (Quito, Ecuador)
- Márquez-Vasallo, Y., Salomón-Díaz, J. L., & Acosta-Roca, R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 41(1).
- Martínez, L. F., Martínez, S. A., & Cuevas, R. S. (2013a). Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *RIAA*, 4(2), 13-26.
- Martínez, L. F., Martínez, S. A., & Cuevas, R. S. (2013b). Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.). *RIAA*, 4(2), 13-26.
- Medina, K. (2016). El jengibre: raíz saludable. *Alimentación Saludable*, 7-11.
- Mejía, A. (2022). Briosil. *Arcoe*. <https://alexismejia.com/wp-content/uploads/2022/01/BRIOSIL-FT.pdf>.
- Miles, N., Manson, A. D., Rhodes, R., van Antwerpen, R., & Weigel, A. (2014). Extractable silicon in soils of the South African sugar industry and relationships with crop uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(22), 2949-2958.
- Mitter, E. K., Tosi, M., Obregón, D., Dunfield, K. E., & Germida, J. J. (2021). Rethinking crop nutrition in times of modern microbiology: innovative biofertilizer technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 606815.

- Molina, J., Mairena, B., & Aguilar, L. (2004). Guía de Manejo integral de plagas en el cultivo de papa. *INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria)*, 7. <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf> (Managua, Nicaragua)
- Monteros, C., & Reinoso, I. A. (2010). Biodiversidad y oportunidades de mercado para las papas nativas ecuatorianas.
- Mu, D., Min, M., Krohn, B., Mullins, K. A., Ruan, R., & Hill, J. (2014). Life cycle environmental impacts of wastewater-based algal biofuels. *Environmental science & technology*, 48(19), 11696-11704.
- Nascimento, C. W. A. d., Silva, F. B. V. d., Araújo, P. R. M., Araújo, J. d. C. T. d., & Lins, S. A. d. S. (2021). Efficiency and recovery index of silicon of a diatomaceous Earth-based fertilizer in two soil types grown with sugarcane and maize. *Journal of Plant Nutrition*, 44(16), 2347-2358.
- Nazaralian, S., Majd, A., Irian, S., Najafi, F., Ghahremaninejad, F., Landberg, T., & Greger, M. (2017). Comparison of silicon nanoparticles and silicate treatments in fenugreek. *Plant Physiology and Biochemistry*, 115, 25-33.
- Paca, M. J. H. (2010). Respuesta del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad chaucha a la aplicación de cuatro tipos de abonos en tres dosis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Parra, C. C. G. (2013a). Evaluación de tres niveles de fertilización química y dos niveles de fertilización orgánica en la variedad i-fripapa-99 y los clones 99-66-6 y 98-11-6 de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el centro de experimentación y producción Salache (ceypsa-utc) en la provincia de Cotopaxi Latacunga/UTC/2013].
- Parra, C. C. G. (2013b). Evaluación de tres niveles de fertilización química y dos niveles de fertilización orgánica en la variedad i-fripapa-99 y los clones 99-66-6 y 98-11-6 de papa (*solanum tuberosum*) en el centro de experimentación y producción Salache (ceypsa-utc) en la provincia de Cotopaxi. LATACUNGA/UTC/2013].
- Pati, S., Pal, B., Badole, S., Hazra, G. C., & Mandal, B. (2016). Effect of silicon fertilization on growth, yield, and nutrient uptake of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(3), 284-290.
- Pavón, C. C. A. (2014). Adaptación de cinco variedades de papa (*Solanum* sp.) en tres localidades con manejo orgánico. Quito, Pichincha.

- Peña, L. (2015). Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa. *Lima (Perú): Redepapa*. Recuperado de: <https://medium.com/@redepapa/fisiologia-y-manejo-de-tuberculos-semilla-de-papa-b84693603380#.ld7zq6kit>.
- Pérez, L. C., Rodríguez, L. E., & Gómez, M. I. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomía colombiana*, 26(3), 477-486.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. Editorial Abya Yala.
- Punina, A. E. I. (2014). Evaluación agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) CV Fripapa, a la aplicación de tres abonos completos Universidad Técnica de Ambato].
- Quimbiamba, V., & Monteros, C. (2010). Respuesta del cultivo de papa nativa “Tushpa”(*Solanum* spp.) a la fertilización química y orgánica. Pilahuín, Tungurahua.
- Ramírez, O., Cabrera, A., & Corbera, J. (2004). Fertilización nitrogenada de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la provincia de Holguin. Dosis óptima de nitrógeno. *Cultivos Tropicales*, 25(2), 75-80.
- Ramos, M., Córdova, J. J., Valverde, F., Reinoso, I. A., & Oyarzún, P. J. (2002). Evaluación de tres sistemas de labranza del suelo en el cultivo de papa, con fines de producción de tubérculo-semilla.
- Rayirath, P., Benkel, B., Mark Hodges, D., Allan-Wojtas, P., MacKinnon, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2009). Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta*, 230, 135-147.
- Ríos, G. (2007). Distribución y variabilidad de *Ralstonia solanacearum* e.f. smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), EN TRES DEPARTAMENTOS DEL NORTE DE NICARAGUA (Estelí, Matagalpa y Jinotega). Managua, Nicaragua.
- Rivadeneira, R. J. E., Yumisaca, J. S. F., Monteros, J. J. C., Racines, J. M. R., & Cuesta, S. H. X. (2021). Ficha Técnica de la variedad de papa INIAP-SuperFri.
- Robles, A. (2009). Factores que limitan la productividad y rentabilidad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). In: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro México.
- Rodríguez, A. M. J. (2018). Densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Yungay, en condiciones Edafoclimáticas del Distrito de Conchamarca-Ambo 2017. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6796>

- Rojas, M. L. P., & Seminario, C. J. F. (2014). Productivity of ten promising chaucha potato cultivars (*Solanum tuberosum*, *Phureja* group) in the Cajamarca region.
- Sáenz, Á. (2022). Factores bióticos y abióticos: ¿Cómo afectan mis cultivos? *Huerta, Naturaleza, Plagas, Departamento de Entomología de la Universidad de Maryland*. (College Park, USA).
- Sánchez, M. G., & Reséndiz, M. F. (2021). INIFAP contributions on forest pests and diseases. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(SPE1), 64-90.
- Seminario, C. J. F., Villanueva, G. R., & Valdez, Y. M. H. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) amarillos precoces del grupo *Phureja*. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 639-653.
- Sierra, C., Santos, J., & Kalazich, J. (2002). Manual fertilización del cultivo de la papa en la zona sur de Chile. In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Remehue.
- Silva, A., Albornoz, C., & Criollo, H. (2017). Efecto del potasio y la densidad de siembra en la producción de papa (*Solanum tuberosum* grupo *Phureja* var. criolla guaneña). *Temas Agrarios*, 23 (1), 37-46. In.
- Silva, L. C., Sun, G., Zhu-Barker, X., Liang, Q., Wu, N., & Horwath, W. R. (2016). Tree growth acceleration and expansion of alpine forests: The synergistic effect of atmospheric and edaphic change. *Science advances*, 2(8), e1501302.
- Sobral, M. F., do Nascimento, C. W., da Cunha, K. P., Ferreira, H. A., Silva, A. J., & Silva, F. B. (2011). Basic slag and its effects on the concentration of nutrients and heavy metals in sugarcane. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 867-872.
- Syers, J. K., Johnston, A. E., & Curtin, D. (2008). Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. *FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin*, 18(108).
- Toro, Á. M. P. (2017). La aplicación de técnicas alternativas limpias en el control de trips (*Frankliniella tuberosi*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* var. Super chola), en la Granja Victoria
- Torres, L., Montesdeoca, F., Gallegos, P., Castillo, C., Asaquibay, C., Valverde, F., & Andrade-Piedra, J. (2011). Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador. *Centro Internacional de la Papa (CIP)*, 3.
- Trinidad. (2014). Enpujón a la pequeña agricultura orgánica en Perú. *Cultura Orgánica*, 36.

- Upl. (2022). Vitavax Flo TS. *UPL Argentina S.A, Nicolas Repetto 3656, Torre I, Piso 2 (1636)*. (Olivos, Buenos Aires, Argentina) <https://www.upl-ltd.com/ar/Detalles-del-producto/vitavax-flo-ts>
- Vargas, T. M. V., & Salazar, R. J. (2013). Prueba de la actividad biológica de “Tierra De Diatomeas” en viveros de caucho en Itarka La Montañita Caquetá.
- Velasco, R. (2013). Evaluacion de densidades de siembra en papa nativa (*Solanum* spp.) variedades INIAP-Yana shungo e INIAP- Puca shungo en el sector Huagrahuasi de la parroquia San José de Poalo del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Velasco, T., & Fidel, O. (2019). Evaluación del uso de algas fosilizadas, sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) en la parroquia El Carmelo provincia del Carchi Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra].
- White, P. J., Wheatley, R. E., Hammond, J. P., & Zhang, K. (2007). Minerals, soils and roots. In D. Vreugdenhil (Ed.), *Potato biology and biotechnology, advances and perspectives* (pp. 739-752). Elsevier Amstersdam.
- Yáñez, N. Z. E. (1999). Estudio de la fenología de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en dos épocas de siembra.
- Zeni, V., Baliota, G. V., Benelli, G., Canale, A., & Athanassiou, C. G. (2021). Diatomaceous earth for arthropod pest control: Back to the future. *Molecules*, 26(24), 7487.

11. Anexos

Anexo 1. Ficha técnica de las algas fosfolizadas

 MINISTERIO DE ACUACULTURA Y PESCA		REPÚBLICA DEL ECUADOR Ministerio de Acuicultura y Pesca Subsecretaría de Calidad e Inocuidad		 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	
No. SCI-R002911					
CERTIFICADO DE REGISTRO SANITARIO UNIFICADO					
<p>El Ministerio de Acuicultura y Pesca creado mediante Decreto Ejecutivo N° 6 de 24 de mayo del 2017, en su Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos, incluye como proceso sustantivo la Gestión de la Calidad e Inocuidad, por lo que de conformidad a sus competencias, la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad otorga el presente certificado de producto de uso acuícola y/o pesquero.</p>					
NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LA PERSONA NATURAL O JURÍDICA AUTORIZADA:					
MINERA JAIRO VALLEJO CIA. LTDA. JULIO TENDRIO LASSO Y 24 DE MAYO, MONAY, CUENCA, AZUAY					
NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LA EMPRESA EXPORTADOR:					
MINERA JAIRO VALLEJO CIA. LTDA. PROVINCIA: LOJA CANTON: SARAGURO PARROQUIA: EL TABLON CALLE: VIA CUENCA LOJA					
NOMBRE COMERCIAL:					
SILICATO ACUICOLA GREATPLANET					
PAÍS DE PROCEDENCIA: ECUADOR		PAÍS DE ORIGEN:		ECUADOR	
SUBPARTIDA ARANCELARIA: Producto Nacional					
NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA:					
MINERA JAIRO VALLEJO CIA LTDA, JULIO TENDRIO LASSO Y 24 DE MAYO, EDIFICIO LISBOA OF 002 CUENCA ECUADOR					
NOMBRE COMUN Y/O GENÉRICO DE INGREDIENTES:					
PIEDRA SILICEA (DIATOMITA)					
COMPOSICIÓN DECLARADA:					
PIEDRA SILICEA AL 100% (SiO2 83.97%, AL2O3 0.98%, CAO 2.85%, P2O5 0.07%, FE2O3 1.62%, NAO 0.63%, MGO 0.86%, K2O 0.22%, MnCO.01%.)					
CERTIFICADO SANITARIO DE LIBRE VENTA EN PAÍS DE ORIGEN: SI					
CLASIFICACIÓN TERAPÉUTICA DEL PRODUCTO:				FERTILIZANTE NATURAL	
VÍA DE ADMINISTRACIÓN: DIRECTO EN EL AGUA, SUELO DE LAS CAMARONERAS Y PISCIFACTORIAS.					
USOS AUTORIZADOS:					
FERTILIZANTE ACUICOLA, INCREMENTA MICRONUTRIENTES, AUMENTA EL OXIGENO DISUELTO, CONTROLA Y ABSORBE SUSTANCIAS TOXICAS.					
TIPO DE FORMULACIÓN:		SILICATO			
FORMA FARMACÉUTICA:		POLVO			
NIVEL TOXICOLÓGICO:		NO TOXICO			
PERIODO DE VIGENCIA: 5 AÑOS		FECHA DE INICIO:		Octubre 30 de 2018	
		FECHA DE CADUCIDAD:		Octubre 30 de 2023	
FECHA DE EMISIÓN:		Octubre 30 de 2018			
<p><i>Rocío Raquel Rivera Veloz</i></p> <p>Dirección de Certificación y Control de Normas y Sistemas de Calidad e Inocuidad SGI</p>					



greatpets greatplanet greatwater greathealth

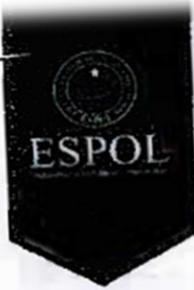
FICHA TECNICA SILICATO ACUICOLA		
IDENTIFICACION DEL PRODUCTO		
Nombre del Producto	Silicato	
Descripción del Producto	Silicato Acuicola	
Nombre Químico	Radical Silicato	
CARACTERISTICAS MINEROLOGICAS		
Componente Principal	Silicato	
Otros Componentes	Fosforo	
Color	Blanco	
CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS		
Composición Química	SiO ₂	83.97
	Al ₂ O ₃	0.98
	Fe ₂ O ₃	1.62
	CaO	2.85
	MgO	0.86
	NaO	0.63
	K ₂ O	0.22
	MnO	0.01
	P ₂ O ₅	0.07
PRESENTACION DEL PRODUCTO		
Granulometría	2 mm - 0 mm	
Tipo de envase	Saco de Polipropileno de 25 Kg	
AMBITO DE APLICACIÓN		
Acuícola: Como Fertilizante Natural		
VENTAJAS EN LA APLICACIÓN DE SILICATOS EN EL SEGMENTO ACUICOLA		
Es un producto 100% ecologico		
Es un fertilizante Acuicola Natural		
Incrementa el desarrollo de micronutrientes y promueve en el plancton una alta concentración de proteínas, carbohidratos, lípidos y carotenos.		
Ahorro de alimento balanceado		
INSTRUCCIONES DE USO		
En la preparación de suelo aplicar de 6 a 8 sacos por hectarea		
Durante todo el desarrollo del cultivo aplicar de de 10 a 20 kg por hectarea cada dos semanas		



greatpets greatplanet greatwater greathealth

HOJA DE SEGURIDAD MINERA JAIRO VALLEJO CIA LTDA

SECCIÓN I		
IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DEL FABRICANTE		
NOMBRE COMERCIAL DE LA SUSTANCIA		Silicato Acuicola Greatplanet
NOMBRE COMÚN O GENÉRICO		Piedra Silicea (Diatomite)
NOMBRE DE LA COMPAÑÍA FABRICANTE		Minera Jairo Vallejo Cia. Ltda.
DIRECCIÓN DEL FABRICANTE		Julio Tenorio Lasso y 24 de Mayo
N° DE TELEFONO	DE 074102232	e-mail minerajairovallejo@hotmail.com
TELÉFONOS EMERGENCIA	DE 0985284977	
SECCIÓN II		
COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS		
NOMBRE COMÚN O GENÉRICO DEL COMPONENTE PELIGROSO (adjunto hojas si es necesario)	% (especificar)	N° DE CAS
AJ ser un producto 100% Natural no contiene ninguna clase de ingredientes que sean peligrosos para el ser humano, plantas o animales	0 %	
SECCIÓN III		
IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y EFECTOS POR EXPOSICIÓN		
EFECTO POR:		
INHALACIÓN: Silicosis Pulmenar a una exposición continua (anos)		
INGESTIÓN : Ninguna		
CONTACTO CON LOS OJOS: Irritación ocular		
CONTACTO CON LA PIEL: Imitación Dérmica		
SECCIÓN IV		
PRIMEROS AUXILIOS		
CONTACTO OCULAR: Lavar con abundante agua		
CONTACTO DÉRMICO: Lavar con abundante agua		
INHALACIÓN: Limpiar excesos de polvo y lavar con abundante agua los orificios nasales.		
INGESTIÓN: Limpiar excesos de polvo y lavar con abundante agua la boca, en el caso de haber ingerido no existe ningún riesgo, este producto no es toxico y también puede ser utilizado en la industria alimenticia y farmacéutica humana.		



INFORME DE ANALISIS IA-255-2018

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	UD - 255 - 2018		
FECHA DEL INFORME	25 de septiembre de 2018		
Datos del Cliente			
NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Jairo Vallejo		
NOMBRE DE LA EMPRESA	MINERA JAIRO VALLEJO CIA. LTDA.		
DIRECCIÓN	Julio Tenorio Lasso S/N y Av. 24 de Mayo		
TELÉFONO	07-4102232		
Datos de la muestra/ensayo			
TIPO DE MUESTRA	DIATOMITA		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
FECHA/HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	26 de julio de 2018	Hora:	10h29
FECHA DE ENSAYO	Inicio	27-Jul-2018	Fin: 30-ago-2018

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE		SILICATO	
CODIGO CSA		CSA-0750-2018	
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	MÉTODO USADO
Silicio (SiO ₂)	83.97	%	NTE 192.88
Aluminio (Al ₂ O ₃)	0.98	%	POE: 54.100 AOAC 965.09
Calcio (CaO)	2.85	%	AOAC 927.02
Fosforo (P ₂ O ₅)	0.07	%	AOAC 965.17
Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.62	%	AOAC 968.08
Sodio (NaO)	0.63	%	AOAC 965.09
Magnesio (MgO)	0.86	%	AOAC 986.15
Potasio (K ₂ O)	0.22	%	AOAC 986.15
Manganeso (MnO)	0.01	%	AOAC 968.08
Plomo (Pb)	0.000856	%	AOAC 972.25
Cadmio (Cd)	<0.000125	%	AOAC 973.32
Arsénico (As)	<0.000055	%	EPA 3050-B

* Ensayo subcontratado

GUAYAQUIL:
Campus "Guastavo Galindo"
Km. 58.5 Vía Rocafuerte
C.S. No. 09 01 5851

TELÉFONOS:
PAX 1593 21 2269 269
Teléfono: 2691 094
2854 560 - 2854 516
2854 486

Campus "Las Peñas"
Materiales 180 y 200
Ponjas Administr. Mat. 371

QUITO:
Av. A de Zúñiga No. 11-54
y Hoyo Blanco Edif. 1000
Buzón P. 112
Código 17 01 2311

TELÉFONOS:
PAX 1593 21 2111 084
2501 190 - 2527 480
www.espol.edu.ec

6

Hlga. María de Lourdes Idrovo Pérez
Directora de Laboratorio C.S.A.

M. Sc. Juan Carlos Castro Lara
Jefe de Laboratorio C.S.A.

Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Anexo 2. Preparación de la combinación de las algas fosilizadas con el 10-30-10



Anexo 3. Fertilización edáfica y foliar



Anexo 4. Cosecha a los 120 DDS y determinación de peso



Anexo 5. Certificado de traducción del Abstract.

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de Identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: "**Efecto de la aplicación de algas fosilizadas y fertilizantes químicos en el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) fripapa, superchola y chaucha, en el sector Carboncillo del cantón Saraguro**", perteneciente a la señorita **Jessica Elena Ortega Montoya**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



Maholy Katherine Morocho Merino

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés
Registro N° 1008-2016-1695982 SENECYT.