

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Evaluación del crecimiento de la planta, producción y calidad de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum L.*) después de la aplicación de un consorcio de microorganismos benéficos, Ácido Índole 3 Butírico y Ácido Húmico.

Karla Vanessa Yáñez Campaña

Ingeniería en Agroempresas

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

Ingeniera en Agroempresas

Quito, 05 de junio de 2021

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Evaluación del crecimiento de la planta, producción y calidad de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum L.*) después de la aplicación de un consorcio microorganismos benéficos, Ácido Índole 3 Butírico y Ácido Húmico.

Karla Vanessa Yánez Campaña

Antonio León Reyes, PhD.

Quito, 05 de junio de 2021

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Karla Vanessa Yáñez Campaña

Código: 00137327

Cédula de identidad: 1724043771

Lugar y fecha: Quito, 05 de junio de 2021

AGRADECIMIENTOS

Llena de regocijo, amor y satisfacción dedico este proyecto integrador primero a Dios por haberme permitido culminar esta meta y después: a mi padre Carlos Yáñez quien siempre me dio una palabra de motivación para continuar cuando todo se ponía difícil, a mi madre

Nelly Campaña quien estaba pendiente a cada paso del camino, la persona que estuvo cuando necesitaba una mano extra. A mis hermanos quienes siempre me contagiaron su felicidad y celebraron cada logro. Y a mis amigos quienes estuvieron ahí para apoyarme en mis estudios, quienes demostraron ser grandes personas que se ganaron un lugar en mi corazón y vida.

Y no puedo dejar atrás a mis profesores de la carrera, en especial a Antonio León, que continuamente impartía todos sus conocimientos y se volvió un ejemplo a seguir en mi vida profesional.

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

El cultivo de papa en Ecuador, es una gran fuente de empleo en especial para la sierra donde son 10 provincias que producen este tubérculo. Los enraizantes o bioestimulantes promueven un mejor rendimiento, a medida que crece la planta, las hojas compuestas producen almidón que se transfiere a las terminaciones de los tallos subterráneos que se denominan estolones, que posteriormente darán paso a la formación de tubérculos. Aquí usando un diseño de bloques completamente al azar; se evaluó diferentes enraizantes de origen sintético y biológico en una parcela de 27.5m² por tratamiento, con cuatro bloques de repeticiones llegando así a un área total de 1592.5m². Los siete tratamientos fueron: ácido húmico (AH), ácido indol 3 butírico (IBA), consorcio benéfico de *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Bacillus* (CB) y la combinación entre ellos (AH + IBA, AH + CB e IBA + CB). Las variables de respuesta que se consideraron para este estudio fueron: número y longitud de tallos principales, número, peso y calidad de tubérculos de acuerdo a su peso. Como resultado se determinó que el mejor tratamiento para longitud de tallos principales fue el consorcio benéfico. El mejor tratamiento en la última etapa fenológica del cultivo en número de tallos principales y número de tubérculos fue la combinación entre AH + IBA. No se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos en la variable peso de los tubérculos, sin embargo, el tratamiento de AH + IBA presentó una diferencia de 110g por planta que equivale a un rendimiento adicional de a 2.31 ton/ha.

Palabras claves: Enraizantes, ácido húmico, IBA, consorcio benéfico, tubérculos, papa.

ABSTRACT

Ecuadorian potato cultivars are a great source of employment, especially in the highlands, that are conformed by 10 provinces, producers of this tubercle. Rooting agents or bioestimulants promote a better yield, as the plant grows, the compound leaves produce starch that is transfer to the terminations of the underground stems that are called stolons, which later will form tubercles. Here using a randomized complete block design; it evaluated different rooting agents of synthetic and biological origin in a plot of 27.5 m² per treatment, with four blocks of repetitions, reaching a total area of 1595 m². The seven treatments were: humic acid (AH), indole 3 butyric acid (IBA), beneficial consortium of *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Bacillus* (CB) and the combination between them (AH + IBA, AH + CB e IBA + CB). The response variables considered for this study were: number and length of main stems, number, weight and quality of tubercles according to their weight. As a result, determinated that the best treatment for length main stems and number of tubercles was the combination of AH + IBA. It didn't have significant difference between treatment in the variable of weight of tubercles, however, the AH + IBA treatment presented a difference of 100 g per plant, which is equivalent to an additional yield of 2.31 ton/ha.

Keywords: Rooting agents, humic acid, IBA, beneficial consortium, tubercle, potato.

TABLA DE CONTENIDO

I.- Introducción	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Justificación:	15
II. Marco Teórico.....	17
2.1. Cultivo de papa:	17
2.2. Requerimientos de la papa:	17
2.3. Preparación del suelo sobre el desarrollo de la raíz:	18
2.4. Fertilización del cultivo:	19
2.5. Desarrollo radicular y efecto de los enraizantes en el cultivo de papa:	20
2.6. Tipos de enraizantes:.....	21
2.6.1. Consorcio de microorganismos benéficos: <i>Trichoderma</i> spp., <i>Paecilomyces</i> spp. & <i>Bacillus</i> spp.:	21
2.6.2. Ácido Húmico:	23
2.6.3. Ácido indol 3 butírico:	24
III.- Objetivos e Hipótesis	25
3.1. Objetivo general:.....	25
3.2. Objetivos específicos:	25
3.3. Hipótesis:	25
IV.- Materiales y métodos:	25
4.1. Localización del experimento	25
4.2. Material de siembra:	26
4.3. Métodos de manejo del experimento en campo:.....	26
4.4. Métodos estadísticos:	29
4.4.1. Diseño experimental.....	29
4.4.2. Estimadores de la Variancia	33
4.4.3. Prueba de TUKEY	33
4.4.4. Variables de Respuesta.....	34
4.4.5. Programa estadístico	34
V.- Resultados	34
5.1. Número de tallos principales:	35
5.2. Longitud de tallos:	37

5.3. Número de tubérculos:.....	39
5.4. Peso de tubérculos:	40
5.5. Calidad de tubérculos:.....	41
VI.- Discusión:.....	44
VII.- Conclusión:	48
VII.- Recomendaciones:	49
VIII.- Referencias:	49
Anexo A: Imágenes	55
I.- Primera aplicación de tratamientos en drench.....	55
II. Segunda aplicación de tratamientos en drench.	55
III.- Tercera aplicación de tratamientos en drench.	56
IV.- Papas clasificadas.	56
Anexo B: Análisis estadístico.....	56
I.- Análisis de variancia para número de tallos principales a los 57 días después de la siembra.....	56
II.- Análisis de variancia para número de tallos principales a los 76 días después de la siembra.....	57
III.- Análisis de variancia para número de tallos principales a los 105 días después de la siembra.....	57
IV.- Análisis de la variancia para longitud de tallos principales a los 57 días después de la siembra.....	57
V.- Análisis de la variancia para longitud de tallos principales a los 76 días después de la siembra.....	57
VI.- Análisis de la variancia para longitud de tallos principales a los 105 días después de la siembra.....	58
VII.- Análisis de la variancia para número de tubérculos a los 107 días en la cosecha. ..	58
VIII.- Análisis de la variancia para peso de tubérculos a los 107 días en la cosecha.	58
Anexo C: Prueba de rango múltiple de Tukey	59
I.- Rangos de Tukey para número de tallos principales a los 57 días después de la siembra.....	59
II.- Rangos de Tukey para número de tallos principales a los 76 días después de la siembra.....	59
III.- Rangos de Tukey para número de tallos principales a los 105 días después de la siembra.....	59

IV.- Rangos de Tukey para longitud de tallos principales a los 57 días después de la siembra.....	60
V.- Rangos de Tukey para longitud de tallos principales a los 76 días después de la siembra.....	60
VI.- Rangos de Tukey para longitud de tallos principales a los 105 días después de la siembra.....	60
VII.- Rangos de Tukey para número de tubérculos a los 107 días en la cosecha.	61
VIII.- Rangos de Tukey para peso de tubérculos a los 107 días en la cosecha.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Número de tallos por planta a los 57, 76 y 105 días después de la siembra.....	36
Figura 2.- Longitud de tallos principales a los 57, 76 y 105 días después de la siembra.....	38
Figura 3.- Número de tubérculos a los 107 días en la cosecha.....	40
Figura 4.- Peso de tubérculos por planta a los 107 días.	41
Figura 5.- Clasificación de tubérculos por peso.	42
Figura 6.- Clasificación por peso de los tubérculos, expresado en porcentaje.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Prueba de Chi cuadrado de calidad de tubérculos de acuerdo al peso.	43
--	----

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Distribución de tratamientos en campo.....	30
---	----

I.- Introducción

1.1. Planteamiento del problema

En el Ecuador la papa (*Solanum tuberosum L.*) es un cultivo andino de la sierra ecuatoriana que tiene un consumo per cápita de 25.32 kg de papa anuales (MAG, 2018), donde el consumo se concentra en la sierra. La papa de variedad superchola es considerada la de mejor sabor y de mayor facilidad para la preparación de varios platos de la gastronomía del Ecuador.

La papa es un cultivo transitorio que es parte de la canasta básica familiar ecuatoriana. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el 2018 hubo una superficie de 23,974 hectáreas y generó una producción de 269,201 toneladas, lo que quiere decir que este cultivo tiene un rendimiento de 16,28 ton/ha. Sin embargo, el cultivo de papa ha disminuido en los últimos años por diversas razones y una entre ellas es la falta de la producción óptima de papas es decir sin aprovechar al máximo el cultivo (ESPAC, 2019). Los factores que inciden en el rendimiento del cultivo son plagas, enfermedades, altos costos de producción, mal manejo del cultivo, precio inestable de la papa en el mercado, debido a que se maneja de acuerdo a la oferta y demanda del producto.

El INIAP ha desarrollado diversos proyectos de investigación para poder aumentar el rendimiento de la papa, así evitando pérdidas por plagas, sequías y enfermedades. La papa ha reflejado un decrecimiento en el rendimiento en los últimos años, lo que provocó que también el área de cultivo disminuya de 22,099 a 19,675 has (FAO, 2021). Donde varios agricultores cambiaron de cultivo después de que los problemas por enfermedades solo provocaban pérdidas, principalmente por la punta morada (PMP) que afectó a todo el país,

también por otras plagas como son las polillas (*Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella*), pulguilla (*Epitrix spp*), trips (*Frankliniella toberosi*), mosca minadora (*Liriomyza spp*), gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) y pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*). No obstante, se suma los cambios climáticos drásticos para el cultivo generando varias sequías y heladas que dañan al cultivo. No obstante, estos cambios conforman un ambiente ideal para la mejor propagación de plagas y enfermedades, por la humedad excesiva o la sequía.

La variedad Superchola, la cual es más cultivada en el Ecuador, fue generada por Germán Bastidas, un agrónomo que dedicó su vida al estudio y mejoramiento genético de la producción agropecuaria, siendo considerado el genetista más antiguo y prolífico del Ecuador. Superchola se generó del cruzamiento de (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon no identificado resistente de comida amarilla x chola seleccionada), donde comida amarilla refiere al color de la papa por dentro y fue liberada en 1984. Es susceptible a la lancha (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) (CIP, 2017).

La papa es una planta que pueden llegar hasta 1 metro de altura. Mientras va creciendo aparecen las hojas que son las encargadas de producir almidón, que será transferido a las terminaciones de sus tallos subterráneas o llamadas también estolones. Los tallos van engrosando para producir tubérculos cerca de la superficie, pueden llegar a producir hasta un máximo de 20 tubérculos por planta. Pero no todos llegan a la madurez, porque esto depende primero de la humedad que se proporcione a la planta y los nutrientes que se encuentren disponibles. Para poder llegar a la madurez es importante estimular la raíz en su

estado inicial para así garantizar un buen rendimiento (CIP, 2015), por medio de enraizantes que pueden ser tanto sintéticos como biológicos.

1.2. Justificación:

La papa se produce en 10 provincias, en 80 cantones de la Sierra del Ecuador donde el 76% de la superficie cultivada es en áreas menores a 5 hectáreas, cultivadas por pequeños agricultores. Hay 82,759 productores y 250,000 personas más son parte de la cadena de producción de la papa. Es un cultivo importante porque genera empleo con un aproximado de 3.5 millones de jornales al año (MAG, 2018). Generando 80 millones de dólares como ingresos directos al año (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Cuando hay sobre producción el precio decae significativamente, pero la alternativa para no generar pérdidas en el cultivo es obtener la mayor cantidad de tubérculos grandes que corresponde al mayor precio. El uso de enraizantes es clave para la producción de papa porque a medida que crece la planta, las hojas compuestas producen almidón que se transfiere a las terminaciones de los tallos subterráneos que se denominan estolones. Los tallos se engrosan para dar un número de tubérculos, pero los que llegan a la madurez dependen de la humedad y de los nutrientes que se absorben por medio de la raíz. Al usar enraizantes se genera un mejor desarrollo de la raíz, generando una mejor absorción de los nutrientes del suelo (CIP, 2015). Los enraizantes son aquellos que beneficiarían a la maduración de los tubérculos, generando un mayor tamaño, mejor rendimiento y mayores ganancias.

El Ácido Índole 3 Butílico es una hormona sintética, que actúa como regulador de crecimiento que induce y acelera el desarrollo de raíces adventicias de las plantas. Es usado con frecuencia en la propagación por estacas y esquejes. Razón por la que se usa para

fomentar el crecimiento de raíces laterales, promoviendo la absorción de nutrientes, acelera el crecimiento de raíces y optimiza funciones metabólicas (Báez et al., 2015). El hongo benéfico *Trichoderma* spp también se considera dentro del consorcio benéfico para el presente estudio porque actúa agente de biocontrol. Además, tiene la habilidad de parasitar fitopatógenos porque produce enzimas hidrolíticas de la pared celular como son quitinasas, glucanasas y proteasas. Tienen la capacidad de promover el desarrollo de la raíz y por ende de la planta, aumenta la absorción de nutrientes y asimila de mejor manera los fertilizantes. Así mismo, fortalece la resistencia al estrés por condiciones ambientales (García et al., 2012). El hongo *Paecilomyces* spp es considerado un nematófago que puede ser usado como agente de biocontrol del nemátodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) (Carrión & Desgarenes , 2011), considerada plaga importante que afecta el rendimiento, disminución de rentabilidad de campos con el suelo, además este hongo promueve el crecimiento radicular (SENASICA, 2013). La bacteria *Bacillus* spp promueve un incremento en el número y longitud de raíces en papa (Ahmed & Hasnain, 2010), además es considerada un solubilizador de fosfatos, productora de hormonas como auxinas que promueven el crecimiento, fija el nitrógeno y produce ciertas sustancias que actúan como antagonistas de patógenos, produciendo resistencia de la planta (Mamarandi & Ojeda, 2019). El ácido húmico tiene la característica de influir en la nutrición de las plantas porque es un transportador de los mismos, además regula el pH, genera mejor aireación, capacidad de retención de agua y permeabilidad. En varios estudios se ha demostrado que los ácidos húmicos tienen efectos positivos en cuanto a la longitud de raíces, diámetro del tallo, masa en fresco y seco de raíces, y en número de hojas (Payeras, 2016). Estos efectos se producen de manera directa e indirecta. El transporte de iones de manera directa que ayuda a la absorción de nutrientes, rapidez en la síntesis de ácidos nucleicos, mejora la síntesis de

enzimas y actividad de las mismas, aumenta la tasa de respiración, las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs se producen con mayor velocidad generando mayor producción de ATP. Sin embargo, como efecto indirecto el ácido húmico mejora la actividad microbiana, textura de suelo y la retención de humedad (Ochoa & Licona, 2017).

II. Marco Teórico

2.1. Cultivo de papa:

La variedad de papa Superchola fue liberada en 1984. Es una planta de crecimiento erecto, con abundantes tallos de color verde con cierta pigmentación púrpura pubescentes y bien desarrollados. Tiene un follaje frondoso de desarrollo rápido que cubre el terreno por completo. Las hojas son de un color verde intenso, cuenta con tres pares de folíolos primarios, tres folíolos secundarios y finalmente cinco folíolos terciarios, la inflorescencia es de color morado claro (Torres & Andrade, 2011).

En cuanto a las características agronómicas, la Superchola tiene una zona recomendada para el cultivo, en Ecuador en el norte del país y centro desde 2800 a 3600 msnm, donde la maduración es de aproximadamente 180 días a una altura de 3000 msnm. Tiene un rendimiento de 30 toneladas por hectárea (Torres & Andrade, 2011).

2.2. Requerimientos de la papa:

Se requiere un suelo que tenga un buen drenaje, ideal que contenga arena, con arcilla, con alto contenido de materia orgánica. La temperatura para el cultivo debe ser de entre 6° y 14° C con 700 a 1000 mm por año. Con una profundidad de siembra de aproximadamente 25 cm para evitar la aparición de plagas (González , 2015).

Las heladas se caracterizan por su intensidad donde las heladas de 0 a 3°C baja y muy baja de 3°C a 6° C, se encuentran dentro de heladas agronómicas (Comunidad Andina, 2009). La sierra del Ecuador es propensa a heladas debido a que se ubica en la cordillera de los andes. El problema de estos cambios drásticos de temperatura es que el cultivo de papa cuando se encuentra bajo condiciones de frío extremo no permite el desarrollo de tubérculos, afectando al número y tamaño de los mismos. A su vez cuando la temperatura sube más de 18° C da paso a la proliferación de plagas y enfermedades (Solano, 2018).

El agua es vital en el inicio de tuberización y en el mismo proceso, es cuando el cultivo tiene una mayor necesidad hídrica y cuando no se cumple se retrasa la formación de tubérculos provocando un menor tamaño de los mismos y en la fase de tuberización no se produce un engrose adecuado provocando menor producción, rendimiento y alteraciones fisiológicas que cambian la forma ovalada característica de la papa (Acuña et al., 2015).

La profundidad de siembra varía de acuerdo a la humedad, temperatura del suelo, tamaño de los tubérculos (CIP, 2017).

2.3. Preparación del suelo sobre el desarrollo de la raíz:

La preparación del suelo es esencial para un buen desarrollo de la raíz, porque garantiza una buena humedad para el cultivo, aireación y que la temperatura sea la óptima para el desarrollo del tubérculo semilla en la emergencia y se produzca un buen enraizamiento de la planta y posterior tuberización de la misma. Todas estas características provocan un mejor rendimiento del cultivo (INIAP, 2019). En la preparación del suelo para el cultivo de papa se realiza la labor de arado dos meses previos a la siembra, para generar aireación en el suelo, posterior se realiza otra labor de arado del lado contrario, para romper los pedazos

grandes de tierra. Adicional se debe colocar 5 toneladas por hectárea de abono orgánico. Después se pasa la rastra para desmenuzar la tierra, para poder obtener un terreno más uniforme que hace que el tubérculo semilla tiene un buen contacto con el suelo. Un día previo a la siembra se realiza los surcos en dirección opuesta a la pendiente, las que son típicas en la sierra ecuatoriana, los surcos se realizan aproximadamente a 135 cm y se realiza la siembra (INIAP, 2019).

2.4. Fertilización del cultivo:

El nitrógeno es un nutriente fundamental en el cultivo de papa porque participa en los principales procesos metabólicos de las plantas como son la fotosíntesis, respiración y síntesis proteica (Pereira et al., 2011). En la papa este nutriente se presenta en el color verde de las hojas, la succulencia de los tejidos, crecimiento foliar, además, alarga el ciclo vegetativo, pero también puede retrasar la maduración de los tubérculos y atrae a la aparición de plagas y enfermedades. Cuando hay una deficiencia se manifiesta con clorosis en las plantas (González , 2015).

El potasio tiene una mayor absorción de la planta en relación al nitrógeno, aumenta la producción y movilización de azúcar y almidón al tubérculo. También aumenta la presión osmótica de las células, mantiene la turgencia en la planta. Es un activador en la síntesis de carbohidratos y de los sistemas enzimáticos que regulan el metabolismo de la planta, abriendo y cerrando estomas, estas funciones crean resistencia a sequías y heladas (Gaibor, 2020).

El fósforo es un nutriente indispensable en el cultivo de papa, promueve el crecimiento de raíces y la tuberización. Se requiere en una menor cantidad que el nitrógeno y potasio,

pero no deja de ser uno de los principales nutrientes. Proporciona una mejor resistencia a bajas temperaturas e incrementa la eficiencia del agua en el cultivo. No obstante, es esencial para el rendimiento y calidad de los tubérculos. El P es parte de los procesos de fotosíntesis, respiración, transferencia de energía, almacenamiento, aceleración de la madurez, división celular y crecimiento celular, por lo que es indispensable en la primera fase del cultivo (Gaibor, 2020).

El calcio forma parte de la pared celular y es indispensable en la fase inicial del cultivo porque aporta en el desarrollo de raíces y crecimiento de la planta, además influye en la calidad del tubérculo (Gaibor, 2020).

En el cultivo de papa es necesario aplicar NPK en la siembra porque el fósforo propicia un mejor desarrollo de las raíces, el nitrógeno de las hojas y luego aporta en la formación de tubérculos, y el potasio en fortalecer los tejidos de la planta completa, haciéndola más resistente a enfermedades y a estrés. En la papa el potasio es el nutriente que más consume la planta hasta un 50% más que el nitrógeno. Y el zinc es ideal para el cultivo porque aumenta el contenido de almidón en los tubérculos (González , 2015).

2.5. Desarrollo radicular y efecto de los enraizantes en el cultivo de papa:

Los tubérculos tienen como función almacenar nutrientes, para que la planta sobreviva al frío, a rebrotar y reproducirse. Cada tubérculo tiene de dos hasta diez brotes o comúnmente llamados ojos, se encuentran en forma espiral alrededor de la superficie del tubérculo. Estos brotes generan rebrotes que son los cuales crecen como plantas nuevas dentro de condiciones favorables (CIP, 2015). Para determinar el éxito de una planta de papa, garantizar una buena producción es muy importante la fase de enraizamiento, donde el

desarrollo de la raíz está caracterizado por una alta interacción entre la raíz, los brotes y el medio ambiente. El enraizamiento puede ser influenciado por acción hormonal entre las más conocidas comercialmente se encuentran las auxinas, además el nitrógeno y el fósforo son esenciales en el crecimiento adecuado de las raíces, razón por la cual en la fase inicial del cultivo se la debe fortalecer (Gonza, 2014).

La capacidad de enraizar surge de forma natural en varias especies y una de ellas es en la papa pero es imprescindible administrar componentes orgánicos o químicos para acelerar la emisión de raíces (Rojas et al., 2020). La formación de las raíces de las plantas se debe a la cantidad de foto asimilados disponibles y los niveles hormonales endógenos y exógenos (Boschi et al., 2017).

Los enraizantes son componentes orgánicos o químicos que normalizan y organizan el ciclo vital de la planta, que de igual manera son parte del crecimiento, desarrollo, reproducción y producción de la planta. Los enraizantes tienen un efecto positivo en la propagación vegetal como en el caso de la papa que se produce por medio de tubérculos, pero van de la mano de las condiciones morfológicas y productivas de la planta (Balón, 2016).

2.6. Tipos de enraizantes:

2.6.1. Consorcio de microorganismos benéficos: *Trichoderma* spp., *Paecilomyces* spp. & *Bacillus* spp.:

La *Trichoderma* es un hongo benéfico, que inhibe el crecimiento de hongos que son patógenos que están presentes tanto en el suelo como el área foliar. Asimismo, tiene efectos sobre la solubilización del fósforo que es un nutriente esencial para que se produzca el

enraizamiento de las plantas en este caso de la papa y la descomposición de la materia orgánica. Actúa como bioestimulante del crecimiento radicular, se lo puede emplear en la rotación de insecticidas, con fertilizantes y la mayoría de fungicidas sin un efecto inhibitor (Bononi et al., 2020).

El hongo nematófago *Paecilomyces*, mata a nemátodos del suelo parasitando sus huevos. También es un promotor de la producción de fitohormonas de parte de las plantas, induce a la acumulación de auxinas en bajas concentraciones en las puntas de las raíces. Se ha demostrado que tiene la capacidad de producir sideróforos e IAA, pero baja capacidad de solubilizar fósforo (Moreno et al., 2020). Además, se lo considera un hongo endófito porque proporciona ventajas en el desarrollo de las plantas, de manera que se lo puede usar como un potencial bioestimulante que es capaz de aumentar parámetros morfológicos de las plantas y aumentar el rendimiento del cultivo. En contacto con la planta promueve la producción de giberelinas y ácido indol acético, que mitigan los efectos del estrés abiótico como es la salinidad (Tkachenko et al., 2015).

La bacteria *Bacillus* que tiene la capacidad de sintetizar fitohormonas como el ácido abscísico, ácido indol acético, citoquininas y giberelinas que son fundamentales para el desarrollo y crecimiento de la raíz, también incrementa los pelos radiculares para una mejor absorción de nutrientes. También es capaz de fijar nitrógeno, convierte formas insolubles de fósforo en solubles y ser asimilado por las plantas (Mamarandi & Ojeda, 2019).

La papa es un cultivo que en la gran mayoría del Ecuador se maneja en el campo por lo que se encuentra expuesto al estrés ambiental, entonces cabe recalcar que el consorcio benéfico también fortalece la resistencia al estrés ambiental al que se encuentre la planta (Hernández et al., 2019).

2.6.2. Ácido Húmico:

El ácido húmico es un componente de las sustancias húmicas, sus moléculas no son compactas, y poseen una estructura blanda, es decir esponjosa con una gran cantidad de poros internos. Esta estructura hace que tenga una gran capacidad de retención de agua y cuente con sus propiedades de absorber nutrientes. Está formada por una mezcla de materiales orgánicos. El ácido húmico es un bioactivador de sustancias químicas orgánicas, que se forman de la descomposición de residuos vegetales artesanalmente, pero para su comercio los extraen generalmente de la lignita-leonardita y de turbas (Cruz , 2001).

El ácido húmico actúa como regulador de crecimiento, incrementa el desarrollo radicular. Actúa en diferentes aplicaciones, tanto mediante la aplicación directa al suelo en soluciones nutritivas, pulverizaciones sobre el suelo, inmersión de estacas o semillas, aplicaciones foliares (Alvarado , 2017).

También es un bioestimulante, y como tal estimula el crecimiento de la planta, mejora la absorción de los nutrientes e incrementa el rendimiento del cultivo en condiciones de estrés ambiental al que se exponen los cultivos en el campo, por ejemplo, donde se encuentra el ensayo, pueden haber granizadas, fuertes lluvias, sequias, fuertes vientos, heladas (Veobides et al., 2018).

De acuerdo a otros estudios los ácidos húmicos pueden actuar como fitohormonas porque presentan sustancias que tienen la capacidad de estimular el crecimiento celular, además su bioactividad se encuentra relacionada con un contenido mayor de grupos nitrogenados en su estructura, es muy similar a la actividad de promoción de crecimiento

producido por el ácido indol acético conocido como efecto “like auxin” (Rivera et al., 2017).

2.6.3. Ácido indol 3 butírico:

Es una fitohormona que se involucran en la producción de brotes y la regulación de la tuberización en el ápice de los estolones de la papa (González , 2012). El ácido indol 3 butírico forma parte de la familia de las auxinas, es una auxina natural pero también puede ser sintetizada químicamente como es el ácido 1-naftalenacético. Es considerada un regulador de crecimiento vegetal. Además, es un buen enraizador, razón por la que han entrado en el mercado con dicha función especialmente en hortícolas y frutales (Pohanish , 2015).

Hay que mencionar que IBA funciona como enraizador en pequeñas concentraciones, porque si se usa en altas concentraciones tiene una acción de herbicida. El 3 ácido indol acético (AIA) es otra auxina que es popular en el mercado para las personas o empresas encargadas de la propagación de plantas, porque es un promotor de raíces, es indicado para el uso en medios de cultivo principalmente *in vitro*, pero es muy sensible a la luz a diferencia del IBA que es un enraizador estable, y no es sensible a la luz (Cruz , 2011). De acuerdo a un estudio realizado en *Camellia sinensis* donde se comparó tres tipos de auxina entre ellas IBA, ANA y AIA, donde el IBA tuvo el mejor resultado en enraizamiento (Rout , 2006).

De acuerdo a un estudio en tuberización de papas, donde se demostró que el uso de IBA garantiza el desarrollo radicular de la papa (Araque et al., 2017).

III.- Objetivos e Hipótesis

3.1. Objetivo general:

Evaluar el crecimiento y producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) después de la aplicación de un consorcio de microorganismos benéficos (*Trichoderma*, *Paecilomyces* & *Bacillus*), Ácido Índole 3 Butírico y Ácido Húmico.

3.2. Objetivos específicos:

Determinar el desarrollo de tallos principales y longitud de tallos después de la aplicación de tres enraizantes y su combinación.

Establecer la eficacia de los enraizantes o su combinación de acuerdo al número y peso de tubérculos en papas.

Evaluar la calidad por peso de papas después de la aplicación de enraizantes.

3.3. Hipótesis:

Los diferentes enraizantes en papa generan un mejor desarrollo de la raíz, planta y del número de tubérculos.

IV.- Materiales y métodos:

4.1. Localización del experimento

El experimento se desarrolló en la Hacienda el Pongo ubicada en la parroquia El Chaupi, ubicada en Mejía en la provincia de Pichincha (-0,625184, - 78,661391). Se llevó a cabo en un área de 1592.5 m².

En un análisis previo del suelo se determinó el contenido de nutrientes donde hay 79 ppm de N, 32 ppm de P, 0,43 meq/100g de K, 12.07 meq/100g de Ca, 2.60 meq/100g de Mg, 9.7 ppm de Cu, 425 ppm de Fe y 24.9 ppm de Mn que son interpretados como un contenido alto, en cambio se determinó que el contenido de 4.0ppm de Zn es interpretado como medio, y el contenido de S es de 6.46 ppm siendo este bajo. El suelo es franco arenoso (55-arena, 28-limo, 17- arcilla) como mencionó con anterioridad que el suelo arenoso es una ventaja en el cultivo de papa, porque genera aireación. Además, el suelo tiene un pH de 5.84, siendo este ligeramente ácido.

4.2. Material de siembra:

Se realizó con semilla de papa de la variedad Superchola obtenida de un cultivo previo de la familia Yánez. Es una papa dirigida al consumo en fresco, es ideal para la elaboración de sopas o puré, pero también puede ser usada en la industria para realizar papas fritas tanto en hojuelas como francesas. Los tubérculos son de diferentes tamaños, ovalados con piel lisa y de color rojizo con ojos superficiales con pulpa amarilla (Pinango, 2016).

4.3. Métodos de manejo del experimento en campo:

El 26 de diciembre de 2020 se realizó la siembra, se colocó 2 tubérculo-semilla cada 40cm por surcos, mientras la distancia entre surcos fue de 1.40 m para dar espacio a un buen desarrollo de la raíz y que no haya competencia entre plantas. El 15 de enero del presente año se realizó la primera fertilización del cultivo con un producto llamado “Sembrador” proveniente de la casa comercial Brenntag con la siguiente composición nutricional:

Composición Química	
Nitrógeno total (N)	15.00%
Fósforo (P₂O₂)	30.00%
Óxido de Potasio (K₂O)	15.00%
Silicio (SiO₂)	4.00%
Cloruro (Cl)	11.20%

Con un alto contenido de fósforo para la primera etapa del cultivo. Se estableció el experimento el 30 de enero de 2020. La división fue en bloques y dentro de cada bloque los tratamientos aleatorizados.

El 06 de febrero de 2021 se aplicó la primera dosis en drench (Anexo A. I) de cada tratamiento por parcela, las dosis fueron las recomendadas en cada producto. La misma fecha se realizó la primera fumigación como prevención de plagas y enfermedades con Corbat que es un fungicida sistémico que contiene Dimetomorf y Mancozeb con una dosis de 1.5k g/ha debido a que, al ser la primera aplicación, el desarrollo de las plantas se encuentra susceptible, también se aplicó Fiprosol que es un insecticida de contacto e ingestión a base de Fipronil en una dosis de 0.21 l/ha junto con un fijador. Posteriormente el 21 de febrero se tomaron los primeros datos de dos variables: el número de brotes por planta de cada tratamiento, y la longitud de los brotes en centímetros. Se tomó los datos de 20 plantas por tratamiento dando un total de 560 muestras de planta.

El 22 de febrero se realizó una segunda fumigación del cultivo, de igual manera como prevención de enfermedades, siendo la mayor preocupación la lanchara (*Phytophthora infestans*). Se aplicó Corbat con una dosis de 0.75 kg/ha y también se aplicó Trofeo que es

un insecticida sistémico de contacto a base de Imidacloprid y Fipronil con una dosis de 0.25kg/ha.

Se realizó una segunda aplicación de igual manera fue en drench (Anexo A. II) de los tratamientos en la misma dosis que la primera vez el 26 de febrero de 2021, para después contabilizar el número de tallos principales y medir la longitud en centímetros el 12 de marzo de 2021, es decir tres semanas después de la primera aplicación. El mismo día se realizó la deshierba para evitar la competencia de plantas extrañas al cultivo con un azadón debido que por la división de parcelas por tratamiento.

Debido a la gran cantidad de lluvias que tuvieron lugar en el mes de marzo, se realizó una fumigación del cultivo siendo esta la tercera y última en el experimento el 18 de marzo de 2021. Se aplicó Corbat nuevamente en una dosis de 0.75 kg/ha, más Campuz que es un fungicida sistémico y protectante a base de Mancozeb y Cymoxanil en una dosis de 0.5 kg/ha y también se aplicó Circón que es un insecticida sistémico y de contacto a base de Cartap en una dosis de 0.3 kg/ha.

Se realizó una segunda fertilización el 20 de marzo con “Producción –Engrose” un producto de la casa comercial Brenntag para posteriormente realizar el aporque, este fertilizante tiene la siguiente composición nutricional.

Composición Química	
Nitrógeno total	8.00%
Fósforo (P₂O₂)	12.00%
Óxido de Potasio (K₂O)	22.00%
Cloruro (Cl)	16.38%

Finalmente se realizó la última aplicación en drench (Anexo A. III) de los diferentes tratamientos en la misma dosis establecida en un inicio, el 27 de marzo de 2021, para tomar las respectivas mediciones el 10 de abril de 2021 de número de tallos principales y la longitud de los mismos en centímetros. También se realizó la cosecha para la evaluación de resultados donde se tomó los datos de las variables restantes: número de tubérculos, peso de tubérculos y se realizó una clasificación en cuatro rangos de tamaño para determinar la calidad de los tubérculos: diminuta ($> 6g$), pequeña ($7g - 20g$), mediana ($21g - 53g$) y grande ($<54g$) (Anexo A. IV).

4.4. Métodos estadísticos:

4.4.1. Diseño experimental

El experimento se realizó con un sistema de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro repeticiones. Cada parcela fue de $5 \times 5.5 \text{ m}^2$. Dando como resultado el siguiente esquema del análisis de la variancia:

Fuentes	Grados de Libertad
Total	27
Bloques	3
Tratamientos	6
Error experimental	8

Los tratamientos que se aplicaron son: Ácido Húmico (AH), consorcio benéfico (*Trichoderma*, *Paecilomyces* & *Bacillus*) y Ácido Índole 3 Butírico (IBA). Para realizar el

análisis de la variancia se usará un ANOVA que nos permite comparar las medias de dos o más grupos para estudiar el efecto de factores sobre la varianza de una variable (Sánchez , 2018).

Con un sistema de aleatorización de tratamientos de Excel se obtuvo la siguiente distribución:

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV
CONTROL	CB + IBA	A.H	IBA
IBA	CB	A.H + CB	CB + IBA
A.H	A.H + IBA	CB + IBA	CB
A.H + IBA	A.H	IBA + A.H	CONTROL
CB + A.H	CONTROL	CB	IBA + A.H
CB	A.H + CB	IBA	A.H + CB
CB + IBA	IBA	CONTROL	A.H

En la imagen 1, se muestra la distribución en campo.



Imagen 1.- Distribución de tratamientos en campo.

Para los tratamientos se utilizó diferentes productos, para el Ácido Húmico se usó de la casa comercial Microtech con nombre Brumik que contiene:

Composición de Brumik	
Ácido Húmico	59.55%
Ácido Fúlvico	15.88%
Potasio (K₂O)	16.00%

(León Reyes & Ruales , 2019)

Para el tratamiento de consorcio benéfico de igual manera se usó de la casa comercial Microtech con nombre Duoplus acompañado de Linor que es un complejo de aminoácidos que fueron obtenidos de varias cepas de *Bacillus*.

Composición de DUOPLUS	
<i>Trichoderma spp</i>	1 x 10 ⁹ UFC/ml
<i>Paecilomyces spp</i>	1 x 10 ⁹ UFC/ml

(León Reyes & Ruales , 2019)

Composición de LINOR	
Ácido Aspártico	3.94 mg/100ml de Linor
Treonina	0.51 mg/100ml de Linor
Serina	0.73 mg/100ml de Linor
Ácido Glutámico	3.53 mg/100ml de Linor
Prolina	1.0 mg/100ml de Linor
Glicina	1.9 mg/100ml de Linor
Alanina	2.3 mg/100ml de Linor

Valina	1.6 mg/100ml de Linor
Metionina	0.2 mg/100ml de Linor
Isoleucina	1.3 mg/100ml de Linor
Leucina	2.2 mg/100ml de Linor
Tirosina	0.9 mg/100ml de Linor
Fenilalanina	1.5 mg/100ml de Linor
Histidina	1.1 mg/100ml de Linor
Lisina	1.2 mg/100ml de Linor
Arginina	0.9 mg/100ml de Linor

(León Reyes & Ruales , 2019)

Para el ácido índole 3 butírico se usó Meristemroot de la casa comercial BIO RESEARCH S.A. Adicional, se modificó el producto para que no contenga citoquininas.

Composición de MERISTEMROOT	
Nitrógeno Total	8.00% p/v
Fósforo (P₂O₅)	6.00% p/v
Potasio (K₂O)	3.00% p/v
Zinc (Zn)	2.00% p/v
Ácido naftalenacético (ANA)	250 ppm
Ácido índole 3 butírico (IBA)	350 ppm
Ácido Indolocético (IAA)	250 ppm

(BIO RESEARCH S.A)

Para cada tratamiento se aplicó las siguientes dosis, es decir para cada 27.5 m²:

Tratamientos	Dosis en un litro de agua
Control	Agua
Ácido indol 2 butírico	2.2ml de Meristemroot
Ácido Húmico	5.5 g Brumik
Consorcio benéfico (CB)	5.5 ml Duoplus + 2.2 ml Linor
Ácido Húmico + IBA	2.8g Brumik + 1.1ml Meristemroot
CB + Ácido Húmico	2.8 ml Duoplus + 2.8g Brumik + 1.1ml Linor
CB + IBA	2.8 ml Duoplus + 1.1ml Meristemroot + 1.1ml Linor

4.4.2. Estimadores de la Variancia

Se tomarán en cuenta tres estimadores de la variancia. Comenzando por el coeficiente de variación (CV) que mide el porcentaje de error con respecto a la media, donde el en el máximo aceptable esta el 20% que es la referencia que se usa para cuando los experimentos son en campo debido a que existe una mayor variabilidad. No obstante, un valor alto de CV no respalda una verdadera evaluación de los tratamientos aplicados o la credibilidad del estudio. También se va a tomar en cuenta el error estándar de las medias (SY) y el error estándar de la diferencia entre medias (SD) (Sánchez , 2018).

4.4.3. Prueba de TUKEY

La prueba de significación estadística Tukey que también se conoce como prueba honesta de significación, se escogió esta prueba de significación porque es muy rigurosa, al ser un experimento de campo es la indicada para establecer diferencias entre los tratamientos (Sánchez , 2018).

4.4.4. Variables de Respuesta

Se analizó cinco variables para realizar el análisis de este estudio. Los datos se tomaron de 20 plantas por tratamiento de cada uno de los bloques, por lo tanto, se obtuvo un total de 560 datos por variable exceptuando la de calidad. La primera es el número de tallos principales, donde solo se los cuantificó. La longitud de tallos se tomó en centímetros, desde la superficie de la tierra hasta la punta de la hoja principal de cada tallo. Estas dos variables se las midió tres veces, en las tres fechas indicadas, a los 57, 76 y 105 días. El número de tubérculos por planta de los tratamientos y el peso de los tubérculos se lo midió en gramos. Por último, para el análisis de la calidad se clasificó a los tubérculos por su peso y se los cuantificó. La clasificación se realizó colocando nombres para hacer referencia a sus tamaños: muy pequeña (> 6g), pequeña (7g – 20g), mediana (21g – 53g) y grande (<54g).

4.4.5. Programa estadístico

Para el análisis de resultados se usó la plataforma de software IBM SPSS, realiza un análisis estadístico completo y avanzado indicado para este experimento.

V.- Resultados

El experimento se ejecutó considerando tres fechas para la toma de datos de las diferentes variables; a los 57, 76 y 105 días respectivamente. En las tres fechas se registró el número de tallos principales y la longitud de los mismos. Y en la última fecha, se cosechó los tubérculos donde se registró el número de los mismos, se los pesó y se los clasificó por peso de cada uno de los tratamientos.

5.1. Número de tallos principales:

Se cuantificó el número de tallos principales de cada planta por tratamiento. A los 57 días (21 – febrero – 2021) se realizó un ANOVA (Anexo B. I) en el que se obtuvo un coeficiente de variación de 36.58%, un error estándar de las medias de 0.92 y un error estándar de la diferencia entre medias de 1.30. En la figura 1a contabilizó el número de brotes que emergen de la planta tras la primera aplicación de los tratamientos, donde el mejor tratamiento fue con ácido índole 3 butírico (IBA) con una media de 5.73 brotes que superó al control que presentó una media de 4.44 brotes por planta, siendo este el menor número de tallos. El tratamiento de ácido húmico + ácido índole 3 butírico (AH + IBA) también mostró diferencias del control con una media de 5.42 brotes por planta.

En la segunda aplicación de tratamientos se contabilizó el número de tallos principales que darán paso a la producción de tubérculos. En la figura 1b se visualiza los resultados registrados a los 76 días posterior a la siembra. Donde el tratamiento con consorcio de microorganismos benéfico (CB) fue el mejor con una media de 5.04 número de tallos, seguido de IBA con una media de 5.01. Estos dos tratamientos son los que se diferencian del control que obtuvo una media de 4.11 tallos por planta. Además, se obtuvo un coeficiente de variación de 29.83%, un error estándar de las medias de 0.69 y un error estándar de la diferencia entre medias de 0.97. El último registro de número de tallos principales se observa en la figura 1c que representa el cultivo a los 105 días, para observar si hubo cambios en el cultivo tras la tercera y última aplicación de tratamientos, donde se determinó que el mejor tratamiento fue el de AH + IBA con una media de 5.07 número de tallos principales, siendo este tratamiento el único que se diferencia significativamente de acuerdo a la prueba de Tukey del control. También se obtuvo un coeficiente de variación de

41.34%, un error estándar de las medias de 1.02 y un error estándar de la diferencia entre medias de 1.43.

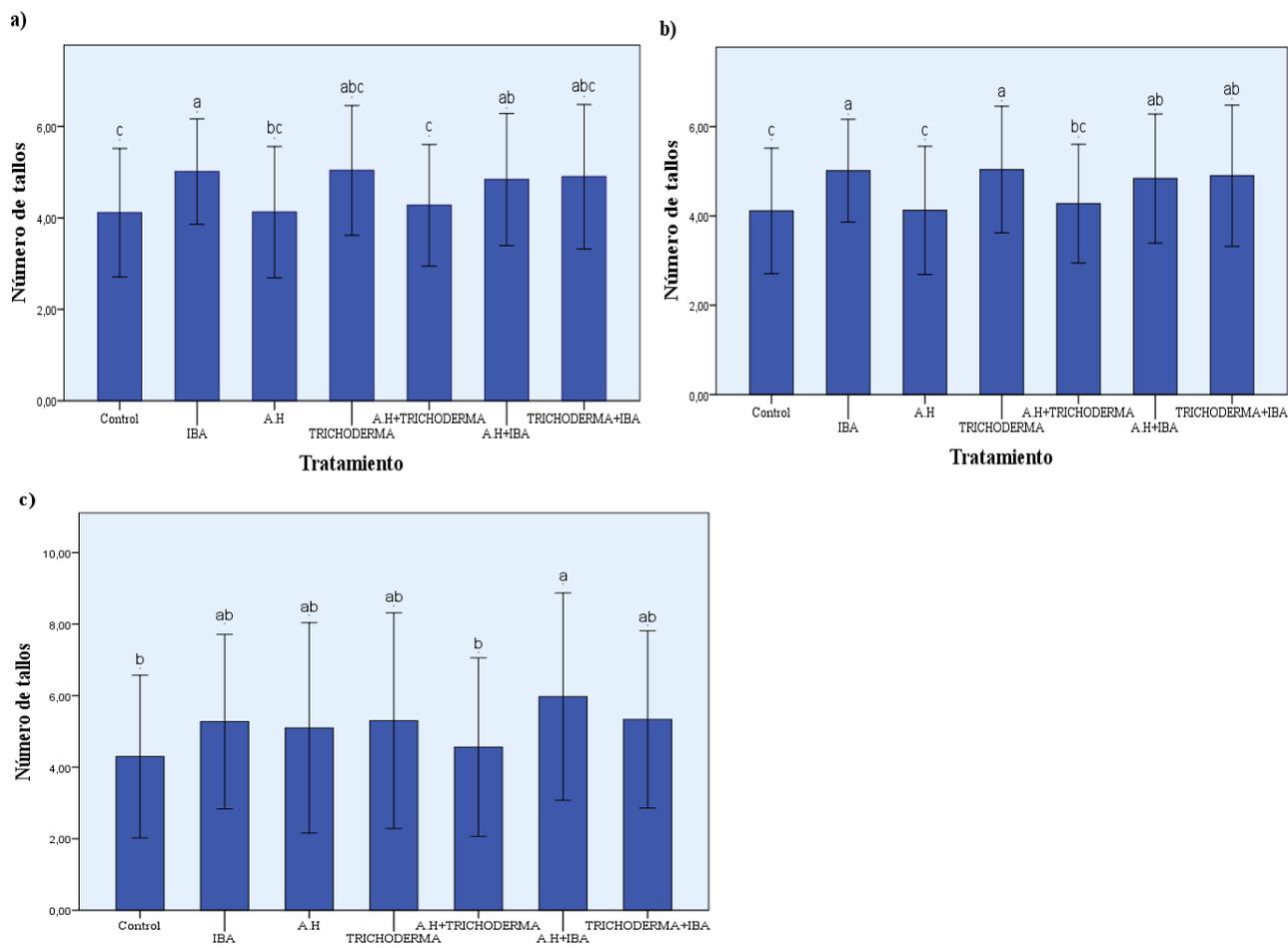


Figura 1.- Número de tallos por planta a los 57, 76 y 105 días después de la siembra. Se realizó con N de 80 por tratamiento, una prueba de rango múltiple de Tukey al 0,05. a) Número de brotes que emergen de la planta a los 57 días después de la siembra. b) Número de tallos principales a los 76 días después de la siembra. c) Número de tallos principales a los 105 días después de la siembra.

En la figura 1 se presenta el rango múltiple de Tukey, donde a es el mejor rango y c el menor rango de medias. Para la figura 1a se observa que IBA se diferencia significativamente del rango b y c. El tratamiento con menor efecto es de ácido húmico + consorcio benéfico (AH + CB) porque se encuentra en el rango c al igual que el control con la menor media (Anexo C. I). Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. II) para

posteriormente establecer un rango múltiple de Tukey (Anexo C. II) se expresa en la figura 1b, el tratamiento de CB e IBA se encuentran en rango a y se diferencian del control por dos rangos; el control se encuentra en rango c junto con AH mostrando que no hay diferencia significativa entre ambas.

Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. III) para establecer un rango múltiple de Tukey, en la figura 1c, el tratamiento de AH + IBA se encuentra en el rango a y los demás tratamientos comparten el rango b indicando que no hay diferencia significativa con el control (Anexo C. III).

5.2. Longitud de tallos:

Para medir la longitud de tallos de los diferentes tratamientos desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja principal, se consideró los tallos contabilizados en la anterior variable. Los datos se obtuvieron en centímetros en tres diferentes fechas, a los 57, 76 y 105 días.

Los primeros registros de longitud de tallos fueron tomados el 21 de febrero mostrados en la figura 2a, donde se observa que el mejor tratamiento a la primera aplicación de tratamientos la combinación de AH + IBA con una media de 18.98 cm, siendo este tratamiento el único que se diferencia significativamente del control con la media más pequeña de 16.88 cm. También se estimó que el coeficiente de variación fue de 22.56%, un error estándar de las medias de 2.03 y un error estándar de la diferencia entre medias de 2.87.

Dos semanas después de la segunda aplicación de los tratamientos se tomó la longitud de los tallos principales. En la figura 2b, se puede observar que el mejor tratamiento fue el de CB, con una media de 46.70 cm, seguido de la mezcla entre AH + IBA con 46.60 cm;

ambos tratamientos presentaron una diferencia significativa del control cuya media fue de 43.06 cm. En cuanto al coeficiente de variación tuvo un valor de 16.16%, un error estándar de las medias de 3.64 y un error estándar de la diferencia entre medias de 5.14.

Después de la última aplicación de los tratamientos, se tomó la longitud de los tallos principales. En la figura 2c, donde el mejor tratamiento fue el de CB con una media de longitud de tallos principales de 74.05 cm, seguido de AH + IBA con 72.09 cm y CB + IBA con 72.07 cm, siendo estos tres tratamientos diferentes significativamente al control que obtuvo una media de 68.44 cm. Al calcular el coeficiente de variación se obtuvo un porcentaje de 11.67%, un error estándar de las medias de 4.14 y un error estándar de la diferencia entre medias de 5.85.

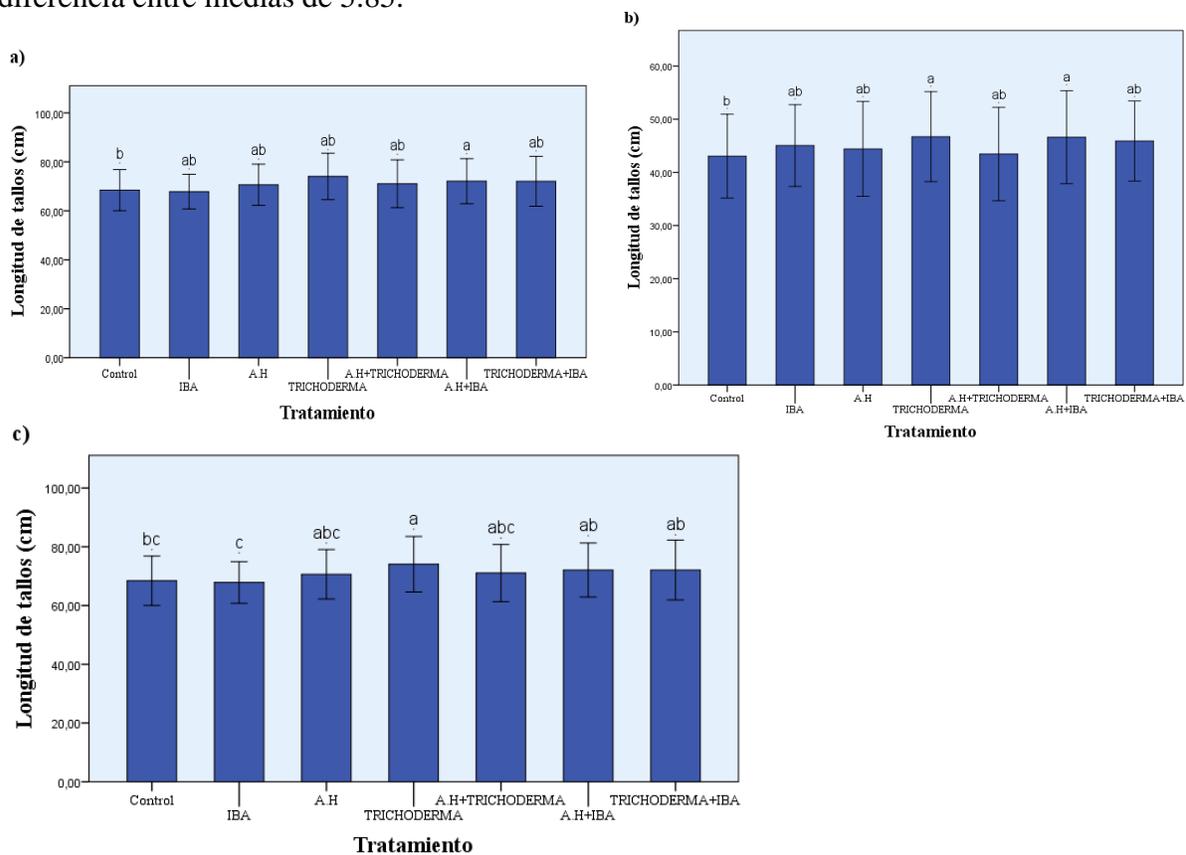


Figura 2.- Longitud de tallos principales a los 57, 76 y 105 días después de la siembra. Se realizó con N de 80 por tratamiento, una prueba de rango múltiple de Tukey al 0,05. a) Longitud de tallos a los 57 días después de la siembra. b) Longitud de tallos a los 76 días después de la siembra. c) Longitud de tallos a los 105 días después de la siembra.

Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. IV) para obtener un rango múltiple de Tukey; se establece que van desde el rango a, al rango b. En la figura 2a el mejor tratamiento de AH + IBA se encuentra en el rango a y los demás en el rango, que establece que no hay diferencia significativa con el control que se encuentra en rango b (Anexo C. IV). Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. V) para obtener un rango múltiple de Tukey que se expresa en la figura 2b, en el rango a están los mejores tratamientos (CB y AH + IBA) que indica que hay diferencia significativa con el control que se encuentra en el rango b (Anexo C. V). Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. VI) para obtener un rango múltiple de Tukey que se estableció la figura 2c, donde el rango a se encuentra el tratamiento de CB. Después de encuentra AH + IBA y CB + IBA en el rango ab que se diferencian del control que se encuentra en rango c como los demás tratamientos (Anexo C. VI).

5.3. Número de tubérculos:

El día de la cosecha, a los 107 días se contabilizó los tubérculos de las plantas por tratamiento mostrados en la figura 3. El mejor tratamiento fue la combinación de AH + IBA con una media de 45.96 tubérculos, siendo este el único tratamiento que presenta una diferencia significativa del control que cuenta con una media de 34.26 tubérculos. El coeficiente de variación para esta variable es de 46.60%, un error estándar de las medias de 9.49 y un error estándar de la diferencia entre medias de 13.42.

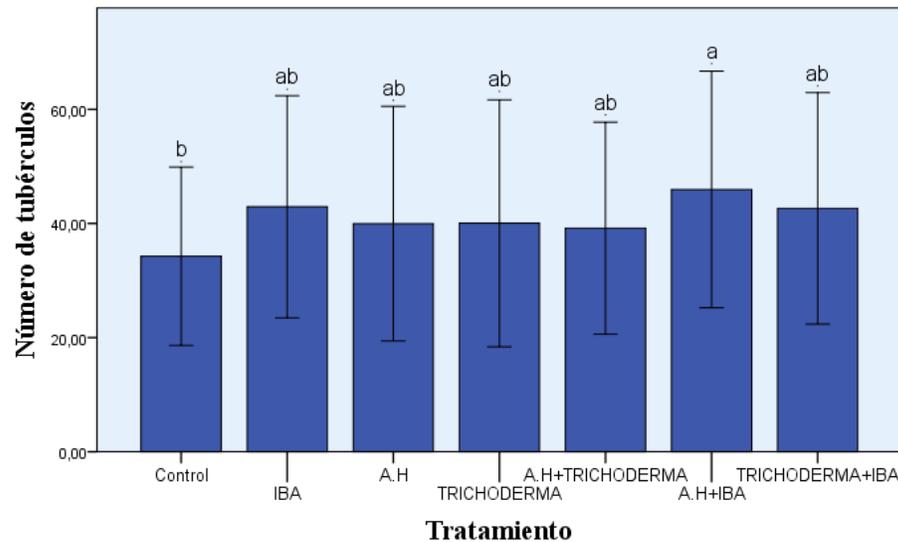


Figura 3.- Número de tubérculos a los 107 días en la cosecha. Se realizó con un N de 80 por tratamiento, una prueba de rango múltiple de Tukey al 0,05. Muestra el número de tubérculos por planta.

Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. VII) para obtener un rango múltiple de Tukey. En la figura 3 se observa que hay dos rangos, a y b, donde la combinación entre AH + IBA en rango a que se diferencia significativamente del control y los demás tratamientos que se encuentran en rango b (Anexo C, VII).

5.4. Peso de tubérculos:

Se pesó en gramos los tubérculos por planta, cuantificados en la variable previa mostrado en la figura 4. Se determinó que el mejor tratamiento fue de la mezcla de AH + IBA con una media de 595.44 gramos por planta. Se obtuvo un coeficiente de variación de 46.44%, un error estándar de las medias de 122.12 y un error estándar de la diferencia entre medias de 172.70.

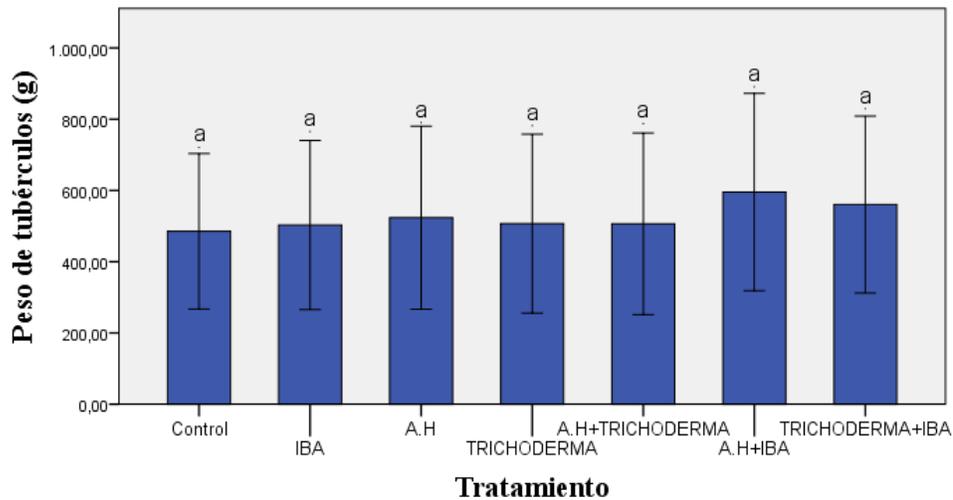


Figura 4.- Peso de tubérculos por planta a los 107 días. Se realizó con un N de 80 por tratamiento, una prueba de rango múltiple de Tukey al 0,05. Muestra el peso en gramos por planta

Se realizó un análisis de la variancia (Anexo B. VIII) para obtener un rango múltiple de Tukey. En la figura 4 se observa que no hay diferencia significativa con el control, porque todos los tratamientos se encuentran en un solo rango (a) (Anexo C. VIII) aunque se puede observar que si hay un tratamiento (AH + IBA) que sobresale entre los demás.

5.5. Calidad de tubérculos:

Para poder medir la calidad se realizó con el parámetro de peso, se clasificó a los tubérculos en diferentes grupos de acuerdo a su peso como se puede ver en la Figura 5, la diferencia entre tamaños de acuerdo al parámetro elegido de calidad. También se puede observar el color rojizo característico de la Superchola. Además, se realizó en la figura 6, una clasificación de los pesos, donde el control fue el que presento el mayor porcentaje de tubérculos grande con un número de 29 tubérculos, seguido de CB con un total de 13 tubérculos y en tercer lugar AH + IBA con un total de 10 tubérculos. Asimismo, se cuantificó que el control fue el que obtuvo la mayor cantidad de tubérculos medianos con un total de 123.25 seguido del AH y finalmente la combinación de AH + IBA con un total

de 92.75 tubérculos medianos. Sin embargo, en la clasificación de tubérculos pequeños el tratamiento que presentó una mayor cantidad fue el de la mezcla entre AH + IBA con un total de 441.5 en comparación con el control que solo obtuvo un total de 281.5 tubérculos pequeños. En cuanto a los tubérculos muy pequeños se observó un mayor porcentaje en IBA seguido de la combinación de AH + IBA con un total de 375 tubérculos muy pequeños.

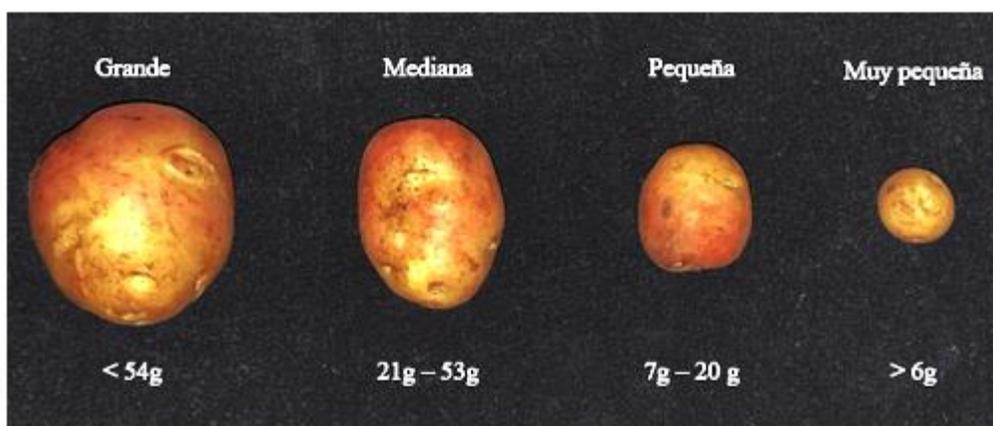


Figura 5.- Clasificación de tubérculos por peso. Clasificación de tubérculos, desde muy pequeño desde 0 a 6 gramos, pequeños desde 7 a 20 gramos, medianos desde 21 a 53 gramos y finalmente de grandes mayores a 54 gramos.

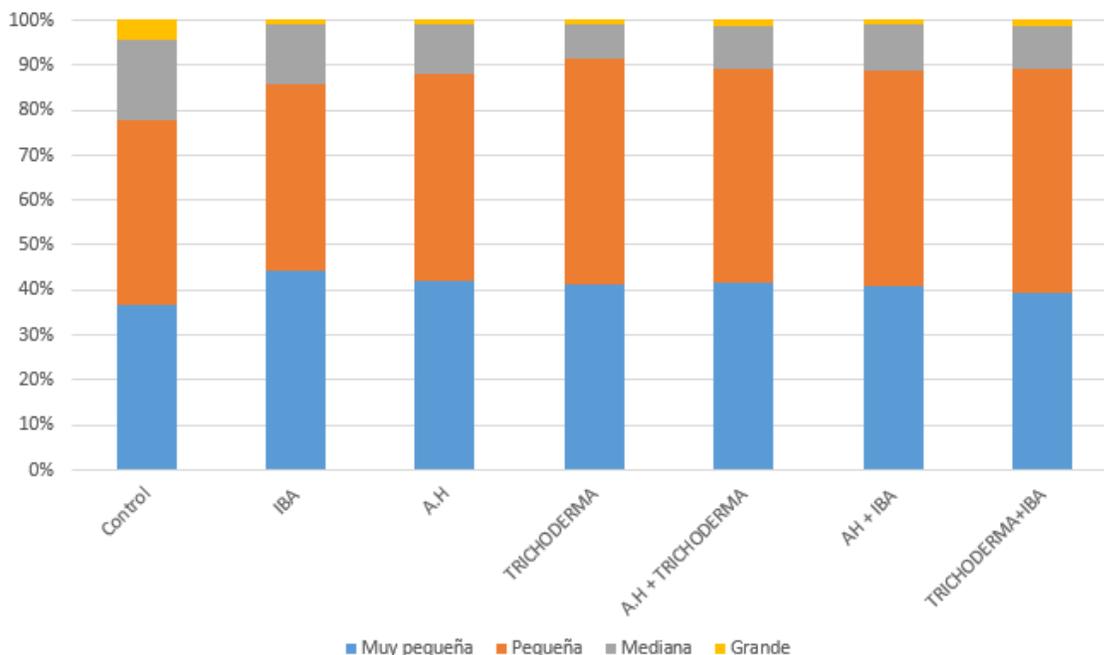


Figura 6.- Clasificación por peso de los tubérculos, expresado en porcentaje. Porcentaje de cantidad de tubérculos por planta, clasificado en clases por su peso. Muy pequeña menor a 6 gramos, pequeña de 7 a 20 gramos, mediana de 21 a 53 gramos y grande mayor a 54 gramos.

Se realizó una prueba de Chi cuadrado para el análisis de calidad (Anexo B. IX) donde se obtuvo que, si hay diferencia significativa de todos los tratamientos frente al control y se igual manera entre IBA y CB, AH + CB, AH + IBA y CB + IBA

Tabla 1.- Prueba de Chi cuadrado de calidad de tubérculos de acuerdo al peso.

	Control	IBA	A.H	TRIC HODE RMA	A.H + TRICHO DERMA	AH + IBA	TRICHO DERMA+ IBA
Control	1,00						
IBA	0,00	1,00					
A.H	0,00	0,33	1,00				
TRICHODERMA	0,00	0,00	0,09	1,00			
A.H + TRICHODERMA	0,00	0,03	0,64	0,54	1,00		
AH + IBA	0,00	0,04	0,79	0,36	0,96	1,00	
TRICHODERMA+IBA	0,00	0,00	0,24	0,43	0,83	0,71	1,00

VI.- Discusión:

En cuanto a la primera variable después de la primera aplicación de los tratamientos, para número de tallos principales se obtuvieron unos CVs de 36.58%, 29.83%, 41.34% de las tres fechas de evaluación. El CV interpreta el porcentaje de error respecto a la media; como se observa es mayor al 20% que es la variación que se esperaría en un experimento a nivel de campo. Hay que considerar que el experimento se implementó en bloques con diferentes pendientes y de acuerdo a un estudio en relación al impacto de la pendiente en otro cultivo, se determinó que hay un mayor contenido de nutrientes en el suelo cuando es menor la pendiente que cuando es mayor (Villar et al., 2013).

A los 57 días del cultivo se obtuvo que el mejor tratamiento fue el de IBA, seguido de la combinación de AH + IBA. A los 76 días se identificó al tratamiento con CB como el mejor seguido de IBA. Y finalmente a los 105 días el mejor tratamiento la combinación de AH + IBA. Los resultados mostraron diferencias entre los tratamientos, en las tres etapas del desarrollo del cultivo y no determinaron el mismo comportamiento para cada tratamiento para esta variable. Asimismo, la combinación de AH + IBA fue el mejor tratamiento tanto en la primera etapa como en la última. En un estudio realizado con esta combinación, se obtuvo un promedio de 5.2 tallos principales (Bautista et al., 2010) en el presente estudio donde obtuvo un promedio de 5.07 tallos principales. Mientras que, en otra investigación, también se contabilizó el número de tallos por planta con *Trichoderma* de diferentes cepas donde se obtuvo una media de 1 a 2 tallos por planta (García et al., 2012) sin embargo, en el experimento este tratamiento presentó el mayor valor en el número de tallos por planta a los 76 días con una media de 5.04, pero en el último registro en esta variable el CB no obtuvo el mejor resultado. Cabe recalcar que en la primera fecha se

contabilizó el número de brotes por planta, las cuales tenían muy poco tiempo de haber emergido a la superficie por lo tanto no todos los tallos principales se habían desarrollado, en las dos fechas siguientes se contabilizó el número de tallos principales, esto cambió de acuerdo a la fenología del cultivo. Sin embargo, no se observó cambios en cuanto al control, pero si frente a los otros tratamientos.

Esto atribuye, a que el Ácido Húmico reduce la pérdida de nutrientes del suelo tanto por lixiviación como insolubilización, aparte de estimular la raíz (Bautista et al., 2010) y en la combinación de AH + IBA promueve la absorción de nutrientes y acelera el crecimiento de las raíces, asimismo se potencian para obtener mejores resultados. No obstante, estos tratamientos funcionan mejor en combinación que como efectos individuales. Sin embargo, el CB tiene la capacidad de promover el desarrollo de la raíz, pero no es su función principal. Debido a esto, es probable que no sea el mejor tratamiento individual o en combinación como se esperaría.

En referencia a la segunda variable, longitud de tallos contabilizados en la anterior variable. En referencia a esta variable, longitud de tallos registrados. Se obtuvo diferentes CVs: 22.56%, 16.16% y 11.67% respectivamente de acuerdo a las tres fechas donde se realizó el registro de longitud. El coeficiente de variación va disminuyendo en el tiempo indicando que el experimento tuvo un menor porcentaje de error respecto a las medias, presentando menor variabilidad en los datos relacionados con las variables. En la primera fecha se estableció que el mejor tratamiento fue la combinación de AH + IBA, en la segunda fecha y tercera fecha fue el de CB seguido de AH + IBA, adicional en la tercera fecha CB + IBA es el tercer tratamiento que presenta diferencia con el control. En otro estudio realizado con un con Cal y un consorcio benéfico a base de dos cepas de *Bacillus*,

pseudomonas y *Trichoderma*, se registró la longitud de tallos a los 60 días es decir entre la primera y segunda fecha de este experimento; se obtuvo una media de entre 85cm (Leal et al., 2018), mientras que en la segunda fecha la media del tratamiento con CB fue de 46.70cm a los 76 días, y en la tercera fue de 74.05cm a los 105 días. *Trichoderma* tiene una actividad solubilizadora de fosfatos, aunque *Paecilomyces* no (Moreno et al., 2020), promoviendo el crecimiento de la planta y el desarrollo de la misma, además, produce metabolitos que estimulan procesos encargados del desarrollo vegetal. Además, es un promovedor natural de crecimiento de las plantas (Camargo & Ávila, 2013). La combinación entre ácido húmico y ácido indol 3 butírico resultó ser el mejor tratamiento en el estudio de Bautista la longitud de tallos de *Solanum tuberosum* con una media de 35.4cm a los 45 días (Bautista et al., 2010), mientras que en el presente estudio se obtuvo una media de 16.88, 46.60 y 72.09cm respectivamente en las tres fechas. Esto se debe a que la acción del ácido húmico incrementa la capacidad de absorción de nutrientes por la planta porque aumenta la permeabilidad de la pared celular o por tener su función quelatante, además, mantiene disponibles nutrientes y estimula el desarrollo vegetativo; cuando aumenta la actividad enzimática (Bautista et al., 2010) e IBA promueve el desarrollo de la raíz, generando una mejor absorción de nutrientes generando un mejor crecimiento de las plantas, en este caso la longitud de tallo (Cuesta & Mondaca, 2014). Al combinarse AH + IBA generan una mejor acción de ambos, generando una mayor altura de planta, sin embargo, el CB presenta una mayor altura de la planta.

En número de tubérculos es la tercera variable y la cuarta el peso de los mismos. Donde el mejor tratamiento resultó ser la combinación de AH + IBA con una media de 45.96 tubérculos por planta, mientras que en un estudio realizado por Bautista tuvo un promedio

de 29.58 tubérculos por planta, cabe recalcar que se realizó en papa chaucha que presenta un rendimiento de 14 toneladas por hectárea a diferencia de Superchola que tiene un rendimiento del doble (Bautista et al., 2010). Esto se debe que al igual que en la primera variable, los efectos de la combinación de AH + IBA favorecen a la raíz generando una mejor capacidad de producir tubérculos. Una mayor cantidad de tubérculos equivale a un mayor peso, siendo este el mejor tratamiento en cuanto a la producción y peso de tubérculos. La diferencia entre el peso da AH + IBA y el control es de 110 gramos por planta, en términos agronómicos esta cantidad genera una gran diferencia de 2.31 ton/ha, considerando que los tubérculos aún no comienzan a engrosar, esta cantidad al tiempo de cosecha va aumentar generando una mayor diferencia entre los tratamientos y el control. Se considera que el peso promedio de cada tubérculo es de 300 g (CIP, 2015) a los 6 meses y medio que dura el ciclo de cultivo en Mejía – Pichincha (Yáñez, 2021).

En cuanto a la calidad, se dividió por peso a los tubérculos considerando la calificación que se le da en el mercado, acompañada del color. Como se observó en la figura 5 el color de la papa es el característico rojizo de la Superchola. Los tubérculos fueron cosechados a los 3 meses y 10 días, lo que explica que no comenzaron su fase de engrosamiento, razón por la que se realizó una clasificación de acuerdo a los pesos obtenidos en el experimento, razón por la cual se establece una diferencia significativa de los tratamientos frente al control. El control, obtuvo la mayor cantidad de tubérculos grandes. De acuerdo a un estudio en el que se a término la cosecha, la combinación entre ácido húmico y ácido índole 3 butírico obtuvo la segunda mayor cantidad de gruesas. (Bautista et al., 2010).

Los tubérculos se desarrollan a través de estolones que se forman dentro de la tierra a partir de los tallos principales. Los tubérculos se forman a los 60 días y después se

desarrollan hasta llegar a la madurez y realizar la cosecha (CIP, 2015). Por esto se relaciona el número de tallos principales con la formación de tubérculos, razón por la que en este experimento obtenemos el mejor tratamiento en cuanto a número de tallos y número de tubérculos con la combinación de AH + IBA. No se han encontrado evidencias donde la longitud de tallos sea equivalente a un mayor número de tubérculos, de hecho, en otro estudio realizado por García se demostró que la tasa fotosintética se relaciona con una mayor cantidad de folíolos y desarrollo de la planta, que de acuerdo a las exigencias del cultivo por nutrientes para la formación de tubérculos es alta (García et al., 2012).

VII.- Conclusión:

- El mejor tratamiento para promover una mayor cantidad de tallos principales en la última etapa fenológica del cultivo fue la combinación de ácido húmico + ácido indol 3 butírico.
- Para la variable longitud de tallos principales el mejor tratamiento fue el de Trichoderma seguido de la combinación de ácido húmico + ácido indol 3 butírico de igual manera en la tercera etapa de la evaluación del cultivo.
- En la tercera etapa fenológica a los 107 días después de la siembra se obtuvo un mayor número de tubérculos por planta con el tratamiento de la combinación de ácido húmico + ácido indol 3 butírico.
- Para el peso de tubérculos por planta no se encontraron diferencias significativas entre los siete tratamientos bajo estudio.
- De acuerdo a la calidad se determinó que hay un mayor porcentaje de tubérculos pequeños y muy pequeños con el tratamiento AH + IBA, que se espera que en la fase de engrose al final de su fase vegetativa estos pasen a ser de un mayor tamaño.

VII.- Recomendaciones:

Obtener registros de datos de peso y número de tubérculos cuando el cultivo llegue al final del ciclo vegetativo, para determinar una mejor estimación del rendimiento de los diferentes tratamientos.

Incrementar el tamaño de la parcela de evaluación para tener una mejor estimación de todas las variables cuantificadas.

Implementar los experimentos aplicando enraizantes desde el día de la siembra para estimar de mejor manera el efecto de los tratamientos en las diferentes etapas fenológicas.

VIII.- Referencias:

- Abdo, P. (2013). *Evaluación de tre productos ecológicos con tres dosis para el control de lanchara (Phytophthora infestans) en el cultivo de papa (solanum tuberosum Cv. Fripapa) cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2985/1/13T0775%20.pdf>
- Acuña, I., Sandaña, P., Orena, S., Brava, R., Kalazich, J., Tejada, P., . . . Sandoval C. (2015). *Manejo del Riego*. Santiago de Chile: INIA. Recuperado el 2021 de 05 de 17, de <https://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=65>
- Ahmed, A., & Hasnain, S. (2010). *Auxin-producing Bacillus sp.: Auxin quantification and effect on the growth of Solanum Tuberosum*. Pakistan: Pure Appl. Chem. Recuperado el 21 de 05 de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/235764823_Auxin_producing_Bacillus_Sp_Auxin_quantification_and_effect_on_the_growth_of_Solanum_tuberosum
- Alvarado, S. (2017). *Efecto del Ácido Húmico en la Propagación de Smallanthus jelskii (Hieron) H. Rob. "Shita Blanca" por estacas, en el Caserío el Usnio*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de Universidad Nacional de Cajamarca: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1695/EFFECTO%20DEL%20ACIDO%20HUMICO%20EN%20LA%20PROPAGACION%20DE%20Smallanthus%20jelskii%20Hieron.%20Rob.%20E2%80%9CSHITA%20BLANCA%20E2%80%9D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrade-Piedra, J., & Torres, L. (2011). *Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador (en línea)*. Guaranda: CIP. Recuperado el 01 de 05 de 2021, de <https://cipotato.org/papaenecuador/introduccion/>

- Araque, E., Bohórquez, M., Pacheco, J., Correa, L., Urquijo, J., Castañeda, S., & Pacheco, J. (2017). *Propagación y tuberización in vitro de dos variedades de papa*. Bogotá: Ciencias del desarrollo. Recuperado el 04 de 05 de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v9n1/0121-7488-cide-9-01-21.pdf>
- Arroche, H., Asturias, L., Avelar, P., & Ávila, T. (2001). *Producción de papa*. Zamorano. Recuperado el 01 de 02 de 2021, de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2768/1/210896_0212.pdf
- Báez, A., González, L., Solís, E., Bautista, A., & Bernal, M. (2015). *Efecto de la aplicación del ácido indol 3 butílico en la producción y calidad de trigo (Triticum aestivum L.)*. Ciudad de México: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Recuperado el 13 de 03 de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000300007
- Balón, H. (2016). *Evaluación de Enraizadores Orgánicos en el crecimiento de la planta de Café, Variedad Robusta (Coffea canephora) en viveros en el Cantón General Villamil Playas*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5391/1/UPSE-TIA-2020-0002.pdf>
- Bautista, G., León, W., & Rojas, A. (2010). *Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum). Variedad chaucha con el manejo fisionutricional (MFN) frente al manejo tradicional en la hacienda "San Patricio" ubicada en la parroquia Tomebamba del cantón Paute provincia del Azuay*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede matriz Cuenca. Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3877/1/UPS-CT001967.pdf>
- BIO RESEARCH S.A. (s.f.). BIO RESEARCH S.A. *Meristemroot*. Recuperado el 08 de 05 de 2021, de <https://www.bioresearchecuadorsa.com/agroquimicos/meristemroot/>
- Bononi, L., Barros, J., Cristiane, C., Alves, M., & Soares, I. (14 de Agosto de 2020). Phosphorus-solubilizing Trichoderma spp. Amazon soils improve soybean plant growth. *Nature*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.nature.com/articles/s41598-020-59793-8>
- Boschi, C., Gandolfo, E., & Vence, L. (2017). *Evaluación del gel de Aloe vera en el enraizamiento de estaquillas de orpegano (Origanum vulgare)*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5391/1/UPSE-TIA-2020-0002.pdf>
- Camargo, D., & Ávila, E. (2013). *Efectos del Trichoderma sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (Pisum sativum L.)*. Colombia. Recuperado el 24 de 05 de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5039253.pdf>
- Carrión, G., & Desgarenes, D. (2011). *Efecto de Paecilomyces en Nemátodos de Vida Libre Asociados a la Rizósfera de Papas Cultivadas en la Región del Cofre de Perote, Veracruz, México*. México. Recuperado el 31 de 05 de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092012000100009

- CIP. (10 de 12 de 2015). *Cómo crecen las papas*. Recuperado el 25 de 04 de 2021, de <https://cipotato.org/es/lapapa/como-crecen-las-papas/>
- CIP. (08 de 02 de 2015). *Internacional Potato Center*. Recuperado el 08 de 02 de 2021, de [https://cipotato.org/es/lapapa/como-crecen-las-papas/#:~:text=La%20papa%20\(Solanum%20tuberosum\)%20es,tallos%20subterr%C3%A1neos%20\(o%20estolones\).](https://cipotato.org/es/lapapa/como-crecen-las-papas/#:~:text=La%20papa%20(Solanum%20tuberosum)%20es,tallos%20subterr%C3%A1neos%20(o%20estolones).)
- CIP. (10 de 12 de 2015). *International Potato Center*. Recuperado el 01 de 05 de 2021, de <https://cipotato.org/es/lapapa/como-crecen-las-papas/>
- CIP. (12 de 10 de 2017). *Centro Internacional de la Papa*. Recuperado el 11 de 03 de 2021, de [https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/19-superchola/#:~:text=Es%20susceptible%20a%20lancha%20\(Phytophthora,la%20papa%20\(Globodera%20pallida\).](https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/19-superchola/#:~:text=Es%20susceptible%20a%20lancha%20(Phytophthora,la%20papa%20(Globodera%20pallida).)
- CIP. (2017). *Inventario de Tecnologías e Información para el cultivo de papa en Ecuador*. Centro Internacional de la papa. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/labores-de-siembra/>
- Comunidad Andina. (2009). *Cuando Hielo*. Lima: Corporación OSSO. Recuperado el 2021 de 05 de 17, de http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/inicio/pdf/11_Cuando_hielo.pdf
- Cruz , P. (2011). *Evaluación de diferentes dosis de auxina (ANA -IBA) y citoquinina (BA) para el desarrollo de meristemas en Maxillaria grandis*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Recuperado el 04 de 05 de 2021, de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3034/1/tag296.pdf>
- Cruz, J. (2001). *Ácidos húmicos y fúlvicos en papa (Solanum tuberosum L.) en la sierra de Arteaga, Coahuila*. Coahuila. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1196/ACIDOS%20HUMICOS%20Y%20FLUVICOS%20EN%20PAPA%20%28Solanum%20tuberosum%20LIERRA%20DE%20ARTEAGA%2C%20COAHUILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=1.,sin%20merma%20en%20la%20producci%C3%B3n>
- Cuesta , G., & Mondaca, E. (2014). *Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate*. Argentina: Chapingo. Recuperado el 24 de 05 de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2014000200007
- ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018* . INEC. Recuperado el 01 de 02 de 2021, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf

- FAO. (2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 11 de 03 de 2021, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gaibor, F. (2020). *Determinación de la eficiencia de uso de nitrógeno y fósforo por el cultivo de papa (Solanum tuberosum L) en suelos volcánicos*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22835/1/T-UCE-0004-CAG-011-P.pdf>
- García, R., Arcia, M., Pérez, M., & Riera, R. (2012). *Efecto de Trichoderma sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de Rhizoctonia bajo tres tiempos de inicio de aplicación*. Maracay: Agronomía Trop. Recuperado el 13 de 03 de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100007
- Gonza, K. (2014). *Efecto de concentraciones de 2,4-D en el enraizamiento de esquejes de tallo juvenil de Solanum tuberosum Var. yungay en condiciones de invernadero Carabamba, La libertad, Perú*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4341/Gonza%20Carnero%2C%20Katty%20Aracely.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, F. (2012). *Evaluación de dos bioestimulantes en el crecimiento y producción de papa*. Santiago de Chile: Universidad de Talca. Recuperado el 03 de 05 de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/46751272.pdf>
- González, J. (2015). *Evaluación Agronómica de papa, Variedad superchola (Solanum tuberosum), con el uso de semilla prebásica, bajo dos modalidades de fertilización edáfica, complementada con fertilización foliar, Tabacundo, Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 04 de 05 de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4550/1/T-UCE-0004-16.pdf>
- Hernández, D., Ferrera, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnología y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial*. Ciudad de México: Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100098
- INIAP. (2019). *Preparación del suelo*. Quito. Recuperado el 04 de 05 de 2021, de <http://eva.iniap.gob.ec/web/papa/preparacion-del-suelo>
- INIAP. (2019). *Preparación del suelo*. Quito. Recuperado el 04 de 05 de 2021, de <https://eva.iniap.gob.ec/web/wp-content/uploads/2019/03/4.-Preparaci%c3%b3n-del-terreno-01.pdf>
- Leal, J., Gutiérrez, M., Castro, L., Lares, F., Cortes, J., & De los Santos, S. (2018). *Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (Solanum tuberosum L.) bajo casa sombra*. México: Agrociencia. Recuperado el 30 de 05 de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000801149

- León Reyes , A., & Ruales , C. (2019). *Microtech Services Cia. Ltda. Brumik - Enmienda Orgánica*. Recuperado el 08 de 05 de 2021, de <https://www.microtech.bio/productos/>
- MAG. (09 de 07 de 2018). *Plagas y factores climáticos continúan afectando la producción de papa*. Recuperado el 11 de 03 de 2021, de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/07/08/nota/7899012/ecuador-tiene-550-variedades-papa-se-estudian-mas-posibilidades/>
- Mamarandi , J., & Ojeda, A. (2019). *Evaluación de cepas de Bacillus spp. como microorganismos promotores de crecimiento vegetal (PGPR) en brócoli (Brassica oleracea) y lechuga (Lactuca sativa)*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Recuperado el 29 de 05 de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17293/1/UPS-QT13912.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (12 de 07 de 2020). *Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador*. Recuperado el 11 de 03 de 2021, de <https://www.agricultura.gob.ec/el-concurso-ecuador-full-papa-fomenta-el-consumo-de-papa-en-el-pais/>
- Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taipe, A., . . . Andrade, J. (2013). *Guía Fotográfica de las Principales Plagas del Cultivo de Papa en Ecuador*. Quito. Recuperado el 11 de 03 de 2021, de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/04/0060841-1.pdf>
- Moreno , A., Diánez, F., Sánchez, B., & Santos , M. (2020). *Paecilomyces variotti as A Plant-Growth Promoter in Horticulture*. España: Agronomy. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy10040597>
- Ochoa, J., & Licon, G. (2017). *Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (Coffea arabica L.) en vivero*. Honduras: Zamorano. Recuperado el 13 de 03 de 2021, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6012/1/CPA-2017-075.pdf>
- Payeras, A. (2016). *Ácidos húmicos y fúlvicos en bonsái*. España. Recuperado el 12 de 03 de 2021, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6012/1/CPA-2017-075.pdf>
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Calle, A., & Velarde, M. (2011). *Sistemas de producción vegetal II*. Caldas: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf
- Pinango, L. (2016). *Efecto de diferentes densidades de siembra y orígenes de semilla de papa (Solanum tuberosum) en la tasa de extracción de tubérculo-semilla*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 19 de 05 de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7989/1/T-UCE-0004-21.pdf>
- Pohanish , R. (2015). Indole-3-butyric acid. En *Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals* (pág. 493). Oxford: Elsevier. Recuperado el 04 de 05 de 2021

- Rivera, M. V., Gómez, L., & Cubillos, J. G. (2017). *Effect of humic acids on the growth and the biochemical composition of Arthrospira platensis*. La Guajira: Revista Colombiana de Biotecnología. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v19n1/0123-3475-biote-19-01-00071.pdf>
- Rojas, S., García, J., & Alarcón, M. (2020). *Propagación asexual de las plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Recuperado el 01 de 05 de 2021, de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5391/1/UPSE-TIA-2020-0002.pdf>
- Rout, G. (2006). *Auxins on Adventitious Root Development from Single Node Cuttings of Camellia sinensis (L.) Kuntze and Associated Biochemical Changes*. Recuperado el 04 de 05 de 2021, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-005-5665-1#citeas>
- Sánchez, J. (2018). *Introducción al diseño experimental*. Ecuador: Giro Creativo .
- SENASICA. (2013). *Ficha Técnica No 19 Nematodo dorado Globodera rostochiensis*. México: Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria LANREF-CP. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <http://www.cesaveson.com/files/e6c2020a0f2b2dbb10d144881f4139d2.pdf>
- Solano, E. (2018). *Evaluación de cuatro densidades de siembra de papa (Solanum tuberosum L) variedad superchola, categoría básica, para la producción de semilla registrada, en el cantón Bolívar, Carchi*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 2021 de 05 de 17, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8020/1/03%20AGP%20229%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Tkachenko, O., Evseeva, N., Boikova, N., Matora, L., Burygin, G., Lobachev, Y., & Shchyogolev, S. (2015). *Improve potato microclonal reproduction with the plant growth-promoting rhizobacteria Azospirillum*. Rusia: Agronomy for Sustainable Development. Recuperado el 30 de 05 de 2021, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-015-0304-3>
- Veobides, H., Guridi, F., & Vázquez, V. (2018). *Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones*. Mayabeque. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000400015
- Villar, B., Tosquy, O., López, E., Esqueda, V., & Palacios, G. (2013). *Impacto de la pendiente y tres sistemas de producción sobre el escurrimiento, la erosión y el rendimiento de maíz*. Chiapas: Tropical and Subtropical Agroecosystems. Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93929595019.pdf>
- Yáñez, C. (01 de 01 de 2021). Cultivo de papa. (K. Yáñez, Entrevistador)

Anexo A: Imágenes

I.- Primera aplicación de tratamientos en drench.



II. Segunda aplicación de tratamientos en drench.



III.- Tercera aplicación de tratamientos en drench.



IV.- Papas clasificadas.



Anexo B: Análisis estadístico

I.- Análisis de variancia para número de tallos principales a los 57 días después de la siembra.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	120,236	6	20,039	5,925	,000
	Error	1860,200	550	3,382 ^a		

Bloque	Hipótesis	60,162	3	20,054	5,929	,001
	Error	1860,200	550	3,382 ^a		

a. MS(Error)

II.- Análisis de variancia para número de tallos principales a los 76 días después de la siembra.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	86,036	6	14,339	7,572	,000
	Error	1041,607	550	1,894 ^a		
Bloque	Hipótesis	43,043	3	14,348	7,576	,000
	Error	1041,607	550	1,894 ^a		

a. MS(Error)

III.- Análisis de variancia para número de tallos principales a los 105 días después de la siembra.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	145,468	6	24,245	3,451	,002
	Error	3864,032	550	7,026 ^a		
Bloque	Hipótesis	58,243	3	19,414	2,763	,041
	Error	3864,032	550	7,026 ^a		

a. MS(Error)

IV.- Análisis de la variancia para longitud de tallos principales a los 57 días después de la siembra.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	254,942	6	42,490	2,572	,018
	Error	9084,714	550	16,518 ^a		
Bloque	Hipótesis	4053,722	3	1351,241	81,806	,000
	Error	9084,714	550	16,518 ^a		

a. MS(Error)

V.- Análisis de la variancia para longitud de tallos principales a los 76 días después de la siembra.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	1026,626	6	171,104	3,232	,004
	Error	29118,135	550	52,942 ^a		
Bloque	Hipótesis	9030,957	3	3010,319	56,861	,000
	Error	29118,135	550	52,942 ^a		

a. MS(Error)

VI.- Análisis de la variancia para longitud de tallos principales a los 105 días después de la siembra.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	2255,318	6	375,886	5,494	,000
	Error	37630,250	550	68,419 ^a		
Bloque	Hipótesis	7001,679	3	2333,893	34,112	,000
	Error	37630,250	550	68,419 ^a		

a. MS(Error)

VII.- Análisis de la variancia para número de tubérculos a los 107 días en la cosecha.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	6500,125	6	1083,354	3,009	,007
	Error	198017,511	550	360,032 ^a		
BLOQUE	Hipótesis	15383,077	3	5127,692	14,242	,000
	Error	198017,511	550	360,032 ^a		

a. MS(Error)

VIII.- Análisis de la variancia para peso de tubérculos a los 107 días en la cosecha.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tratamiento	Hipótesis	715099,586	6	119183,264	1,998	,064
	Error	32806091,950	550	59647,440 ^a		
BLOQUE	Hipótesis	1658348,462	3	552782,821	9,268	,000
	Error	32806091,950	550	59647,440 ^a		

a. MS(Error)

Anexo C: Prueba de rango múltiple de Tukey

I.- Rangos de Tukey para número de tallos principales a los 57 días después de la siembra.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Control	80	4,4375		
A.H+TRICHODERMA	80	4,5125		
A.H	80	4,6250	4,6250	
TRICHODERMA+IBA	80	5,2250	5,2250	5,2250
TRICHODERMA	80	5,2375	5,2375	5,2375
A.H+IBA	80		5,4250	5,4250
IBA	80			5,7250
Sig.		,088	,088	,603

II.- Rangos de Tukey para número de tallos principales a los 76 días después de la siembra.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Control	80	4,1125		
A.H	80	4,1250		
A.H+TRICHODERMA	80	4,2750	4,2750	
A.H+IBA	80		4,8375	4,8375
TRICHODERMA+IBA	80		4,9000	4,9000
IBA	80			5,0125
TRICHODERMA	80			5,0375
Sig.		,990	,064	,969

III.- Rangos de Tukey para número de tallos principales a los 105 días después de la siembra.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Control	80	4,3000	

A.H+TRICHODERMA	80	4,5625	
A.H	80	5,1000	5,1000
IBA	80	5,2750	5,2750
TRICHODERMA	80	5,3000	5,3000
TRICHODERMA+IBA	80	5,3375	5,3375
A.H+IBA	80		5,9750
Sig.		,170	,361

IV.- Rangos de Tukey para longitud de tallos principales a los 57 días después de la siembra.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Control	80	16,8776	
A.H+TRICHODERMA	80	17,2458	17,2458
A.H	80	18,0030	18,0030
TRICHODERMA+IBA	80	18,2335	18,2335
IBA	80	18,2609	18,2609
TRICHODERMA	80	18,5194	18,5194
A.H+IBA	80		18,9839
Sig.		,142	,099

V.- Rangos de Tukey para longitud de tallos principales a los 76 días después de la siembra.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Control	80	43,0582	
A.H+TRICHODERMA	80	43,4429	43,4429
A.H	80	44,4044	44,4044
IBA	80	45,0423	45,0423
TRICHODERMA+IBA	80	45,8972	45,8972
A.H+IBA	80		46,6032
TRICHODERMA	80		46,7056
Sig.		,173	,070

VI.- Rangos de Tukey para longitud de tallos principales a los 105 días después de la siembra.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
IBA	80	67,8409		
Control	80	68,4424	68,4424	
A.H	80	70,6309	70,6309	70,6309
A.H+TRICHODERMA	80	71,0670	71,0670	71,0670
TRICHODERMA+IBA	80		72,0735	72,0735
A.H+IBA	80		72,0881	72,0881
TRICHODERMA	80			74,0474
Sig.		,174	,080	,124

VII.- Rangos de Tukey para número de tubérculos a los 107 días en la cosecha.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Control	80	34,2625	
A.H+TRICHODERMA	80	39,1750	39,1750
A.H	80	39,9625	39,9625
TRICHODERMA	80	40,0375	40,0375
TRICHODERMA+IBA	80	42,6500	42,6500
IBA	80	42,9375	42,9375
A.H+IBA	80		45,9625
Sig.		,060	,264

VIII.- Rangos de Tukey para peso de tubérculos a los 107 días en la cosecha.

Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Control	80	485,4500
IBA	80	503,1125
A.H+TRICHODERMA	80	506,3750
TRICHODERMA	80	507,0125
A.H	80	523,5000
TRICHODERMA+IBA	80	560,6000
A.H+IBA	80	595,4375
Sig.		,068

