



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
Departamento de Ingeniería Agrícola

Aplicación de microorganismos nativos (*Trichoderma harzianum*) como promotores de crecimiento en el cultivo de la papa en 3 centros experimentales (CEA-UNI, Finca Las Mercedes-UNA, Centro Experimental UNAN-León)

TRABAJO MONOGRAFICO ELABORADO POR:

Br. Fernán Rodrigo Guadamuz Barnuty
Br. Walter Arnulfo Solórzano Guerrero
Br. Luis Alberto Reyes Mena

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

TUTOR:

Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

Managua, Nicaragua
Febrero 2016

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darme la sabiduría y salud durante el transcurso de mi carrera, la fuerza que me dio cada día para seguir adelante y llegar hasta el final.

A MIS PADRES:

A mi padre Gustavo Guadamuz González que me ha transmitido sus ejemplos de perseverancia, constancia y superación que lo caracterizan y me ha inculcado siempre, siendo un excelente profesional muy preparado y competente.

A mi madre Mercedes Barnuty Navarro por el gran apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la constante motivación que me provee las que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que todo por su amor incondicional.

Br. Fernán Rodrigo Guadamuz Barnuty.

DEDICATORIA

A DIOS:

Nuestro señor y creador que ha sido mi guía toda mi vida, quien me ha dado la fuerza para seguir adelante y culminar mis estudios.

A mis padres:

Walter Solórzano y Elizabeth Guerrero por su gran apoyo incondicional en el afán de ayudarme a terminar mis estudios.

A mis maestros:

Que me ayudaron durante la formación de mis estudios profesionales, especialmente a los Ingenieros José Méndez Úbeda, Luis López Duarte, Leoncio Vanegas, que me brindaron todo su apoyo incondicional durante mi preparación profesional.

A mis compañero de estudio durante los cinco años que compartimos muchas experiencias.

Br. Walter A. Solórzano Guerrero

DEDICATORIA

A DIOS por ser el que cada día me da la fuerza para seguir a delante, por permitirme terminar con mi carrera y por darme siempre su apoyo y su amor.

A MI FAMILIA por siempre creer en mí y siempre apoyarme en el transcurso de mi carrera.

A MIS MAESTROS que a lo largo de la carrera me dejaron una gran enseñanza y fueron esa luz para poder terminar mis estudios.

A MIS COMPAÑEROS de clase por todo el apoyo que me dieron y por todos los momentos que pasamos juntos, fueron unos grandes compañeros.

Br. Luis Alberto Reyes Mena.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por su gran amor incondicional en el que me ha permitido llegar hasta esta etapa de mi vida dándome fuerzas día a día para concluir con mis estudios superiores.

A mis Padres:

Gustavo Adolfo Guadamuz Gonzalez y Mercedes Barnuty Navarro por haberme apoyado incondicionalmente y aconsejarme en todo el lapso de mi vida mostrándome los valores necesarios para luchar en la vida.

A mi Tutor:

Ingeniero José Mamerto Méndez Úbeda le doy gracias por darnos su Apoyo, Paciencia, Tiempo y Consejos en todas las etapas de la Monografía.

A mis Docentes:

Que me han enseñado con su paciencia y arduamente en todo este tiempo en mi paso por la universidad doy gracias a todos aquellos docentes que me apoyaron.

Br. Fernán Rodrigo Guadamuz Barnuty.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por su gran amor incondicional y gran misericordia que me ha permitido llegar hasta esta etapa de mi vida dándome fuerzas día a día para concluir con mis estudios profesionales.

A mis padres:

Les agradezco a mis familiares por su apoyo incondicional con el cual me he sentido fortalecido para seguir luchando día a día.

A mi Tutor:

Ingeniero José Méndez Ubeda le doy gracias por darnos su Apoyo, Paciencia, Tiempo y Consejos en todas las etapas de la Monografía.

A mis Docentes:

Muy en especial al Ingeniero José Mamerto Méndez Ubeda que con su apoyo durante el transcurso del proyecto nos ha permitido culminar y gracias a todos aquellos docentes que me apoyaron durante mi ciclo universitario.

EL Ing. Leoncio Vanegas por aportarnos sus conocimientos como Agrónomo y al personal del CEA-UNNI.

Br. Walter A. Solórzano Guerrero.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por regalarme la oportunidad de terminar mi carrera, por el don de la vida y por todo las bendiciones que me ha regalado, que él ha sido ese maestro por excelencia y el que ha permitido terminar mis estudios.

A MIS PADRES Carmelo José Reyes y Martha Sofía Mena por brindarme su apoyo incondicional en todo el transcurso de la carrera, en especial a Luis Alberto Mena Lacayo QEPD por todos sus consejos y ayuda incondicional quien ya no esta mas a mi lado pero que siempre deseo que llegara a este momento que Dios lo guarde siempre .

A MI TUTOR Ing. José Mamerto Méndez Úbeda por brindarnos la oportunidad de guiar nuestro trabajo monográfico y por su apoyo incondicional y al Ing. Alfredo Sandino por todo el apoyo brindado durante mi formación.

A MI COMPAÑEROS les doy gracias por haber estado conmigo en los buenos momentos y por su apoyo.

Br. Luis Alberto Reyes Mena.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en 3 centros de experimentación agrícola CEA-UNI, ubicado en el municipio de Tisma departamento de Masaya, CEA-UNAN LEÓN, departamento de León y finca Las Mercedes de la UNA, ubicada en el municipio de Managua. Los 3 sitios presentan un clima similar tropical de sabana y con una altitud que no supera los 100 msnm.

El propósito de esta investigación fue evaluar la capacidad de promover el crecimiento de dos cepas de hongo *Trichoderma Harzianum* en el cultivo de papa *Solanum Tuberosum L.*

En el CEA-UNI el área total de trabajo fue 143 m² (13 x 11 m). El área se dividió en 8 bloques (4 bloques para cada cepa), cada bloque con 3 parcelas de tratamientos. En el Centro Experimental de la UNAN-LEON se realizó un diseño de 3 parcelas con 3 tratamientos (2 de *Trichoderma harzianum* y un testigo) sin ninguna repetición y en la Finca Las Mercedes de la UNA, se realizó un Diseño de bloques completos al azar pero se dispuso de solo 2 tratamientos (una combinación de las dos cepas y un testigo sin ningún tratamiento). Se realizaron comparaciones de variables, tanto en el desarrollo vegetativo como en la cosecha por cada tratamiento de *Trichoderma Harzianum*, esto con el fin de conocer el tratamiento que se desarrolló mejor y también se realizó una comparación in vitro de las dos cepas para conocer cual posee una mayor capacidad de colonización.

Los datos de las variables respuestas recolectados en este experimento se sometieron al método de comparación de medias. Los resultados demostraron que en todas las variables de desarrollo a los 25 DDS el tratamiento de *Trichoderma H.* Cepa UNAN presentó mejor comportamiento que los demás tratamientos superando en promedio en un 30% a los tratamientos testigos y en un 15 % al tratamiento de Cepa UNA. Por tanto se cumple la hipótesis alternativa formulada que señala que al menos una de las 2 cepas de *Trichoderma Harzianum* promueve el crecimiento del cultivo de la papa. Los resultados de las pruebas in vitro demuestra que la Cepa UNAN presenta un crecimiento mucho más rápido y agresivo que la Cepa UNA ya que en un periodo de incubación de 24 horas la cepa UNA cubre una décima parte del área cubierta por la Cepa UNAN.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
IV.I	OBJETIVO GENERAL	4
IV.II.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
V.	MARCO TEÓRICO	5
V.I.	CULTIVO DE PAPA	5
V.I.I.	Origen	5
V.I.II.	Clasificación Taxonómica	5
V.I.III.	Descripción Botánica	5
V.I.IV.	Desarrollo vegetativo	8
V.I.V.	Requerimientos nutricionales	9
V.I.VI.	Requerimiento Edafoclimáticos	13
V.I.VII.	Labores Culturales.....	15
V.I.VIII.	Plagas.....	17
V.I.IX.	Enfermedades del cultivo de papa.....	21
V.I.X.	Variedad Calwhite	31
V.II.	TRICHODERMA SPP	32
V.II.I.	Taxonomía y Morfología	33
V.II.II.	Estructura del género Trichoderma	33
V.II.III.	Ventajas del Trichoderma.....	34
V.II.IV.	Mecanismo de Biocontrol del Trichoderma spp.....	35
V.III.	EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA	36

V.III.I. Diseño de bloques completos al azar	37
V.IV. SIEMBRA Y CULTIVO IN VITRO DE MICROORGANISMOS	38
VI. HIPÓTESIS	39
VI.I. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	39
VI.II. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	39
VI.III. HIPÓTESIS NULA.....	39
VII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	40
VII.I. LOCALIZACIÓN.....	40
VII.I.I. Macrolocalización	40
VII.I.II. Microlocalización	41
VII.II. CONDICIONES CLIMÁTICAS	42
VII.III. MUESTREO DEL SUELO.....	42
VII.IV.DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO.....	43
VII.V. MANEJO AGRONÓMICO	43
VII.V.I. Preparación del terreno	43
VII.V.II. Surqueo	43
VII.V.III. Desinfección del suelo.....	44
VII.V.IV.Fertilización.....	44
VII.V.V. Siembra	44
VII.V.VI Riego	45
VII.VI.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	45
VII.VI.1.Diseño de bloques completos al azar	45
VII.VII.DOSIS DE LOS TRATAMIENTOS.....	47
VII.VIII VARIABLES DE RESPUESTA.....	47
VII.VIII.I Variables de desarrollo	48
VII.VIII.IV Variables de cosecha	48
VII.IX.COMPARACIÓN DE MEDIAS.....	48
VII.X.SIEMBRA Y CULTIVO INVITRO DE MICROORGANISMOS	49
VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50

VIII.I. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO	50
VIII.I.I.Resultados de análisis fisicoquímico	50
VIII.II. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS ARITMÉTICAS	52
VIII.II.I.Resultado de comparación de medias del ensayo CEA-UNI para cepa UNA.....	52
VIII.II.II. Resultado de comparación de medias del ensayo CEA-UNI para cepa UNAN.....	57
VIII.II.III. Comparación de resultado de medias aritméticas para los 3 ensayos.....	61
VIII.VIII.ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE COLONIZACIÓN DE DOS CEPAS DE TRICHODERMA HARZIANUM A TRAVÉS DE PRUEBAS IN VITRO.....	70
IX.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
IX.I. CONCLUSIONES.....	74
IX.II. RECOMENDACIONES	75
X. BIBLIOGRAFÍA.....	76

INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Figuras

Figura 1. Clases Texturales.....	84
Figura 2. Análisis físico-químico del suelo CEA-UNI.....	85

Anexo II. Fotografías

Fotografía 1. Semillas de papa Cal White.....	87
Fotografía 2. Siembra de semillas de papa CEA-UNI.....	88
Fotografía 3. Aplicación de Trichoderma H. CEA-UNI.....	89

Fotografía 4. Planta a los 20 DDS CEA-UNI.....	90
Fotografía 5. Parcela a los 20 DDS CEA-UNI.....	90
Fotografía 6. Parcela a los 25 DDS CEA-UNI.....	91
Fotografía 7. Medición de las variables a los 25 DDS CEA-UNI.....	91
Fotografía 8. Aplicación de caldo bordelés	92
Fotografía 9. Floración de la papa CEA-UNI.....	93
Fotografía 10. Afectación por mosca blanca CEA-UNI.....	93
Fotografía 11. Mediciones de variables a los 50 DDS CEA-UNI.....	94
Fotografía 12. Mediciones de variables a los 50 DDS CEA-UNAN.....	94
Fotografía 13. Poda a los 65 DDS CEA-UNAN.....	95
Fotografía 14. Poda a los 65 DDS CEA-UNAN.....	95
Fotografía 15. Plantas podadas CEA-UNAN.....	96
Fotografía 16. Plantas de papa 60 DDS Finca Las Mercedes UNA.....	96
Fotografía 17. Parcela de papa 60 DDS Finca Las Mercedes UNA.....	97
Fotografía 18,19. Cosecha CEA-UNI.....	98
Fotografía 20. Medición de diámetro polar	99
Fotografía 21. Pesaje del tubérculo.....	99
Fotografía 22,23. Siembra de cepas de Trichoderma H.....	100

I. INTRODUCCIÓN

La papa o patata (*Solanum Tuberosum L.*) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas originaria de Suramérica y cultivada por todo el mundo por sus tubérculos comestibles. La papa (*Solanum tuberosum L*) es el cuarto cultivo sembrado, en más de cien países siendo el alimento básico de los países desarrollados (Europa y Estados Unidos), quienes consumen 75 kg per cápita anuales. En Nicaragua la FAO reporta un consumo per cápita de 8 kg anuales, en Nicaragua se cultivan entre 800 - 1200 ha, donde se obtiene una producción de 35 - 40 por ciento de la demanda nacional. La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial, contiene 80% de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A y C proporcionan una dieta balanceada, además son utilizadas en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas, papas a la francesa, chips, hojuelas y puré (INTA 2004).

Reportes del 4to Congreso Mundial de la Papa sitúan las pérdidas de cosecha atribuibles a plagas, enfermedades y malezas en valores superiores al 40 % de la producción obtenida (Rhodes, 2000), entre los que sobresalen los hongos *Phytophthora infestans* (Mont.) y *Alternaria solani*, agentes causales de las enfermedades conocidas como Tizón Tardío y Tizón Temprano de la papa respectivamente (Collins, 2000).

Este estudio se realizó de forma interinstitucional entre la UNAN-LEON, UNA y UNI, con el fin de evaluar el efecto de microorganismos nativos como *Trichoderma harzianum* en la mejora de la productividad del cultivo de papa.

II. ANTECEDENTES

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) a partir del año 2012, inicio los estudios del cultivo de la papa para identificar variedades que demostraran adaptabilidad a zonas de poca altura, resultando la Variedad Cal White promisorio, la cual fue evaluada con ocho variedades más, en el Centro Experimental Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), localizado en el Departamento de Masaya, municipio de Tisma (Solís Chávez, Vanegas Carrero, et. al. 2014).

Consecuentemente en el año 2013 se establecieron parcelas demostrativas en nueve zonas del pacifico y una décimo como testigo en el CEA – UNI, en Tisma. Las tres variedades confrontadas fueron: Cal White, Cardinal y Monte Carlo, demostrando Cal White mayor índice de adaptabilidad.

Considerando los resultados positivos en ambos estudios, la UNI estableció con la Universidad Nacional Agraria y la Universidad Nacional Autónoma de León, acuerdo para realizar la investigación en los centros experimentales de cada universidad usando *Trichoderma harzianum* como promotor de crecimiento del cultivo de la papa.

Entre las especies benéficas estudiadas con más amplitud están las del genero *Trichoderma harzianum* debido a la eficiencia en el control y capacidad reproductiva, plasticidad ecológica, efecto estimulante sobre los cultivos y recientemente se detectó su acción como inductor de resistencia sistémica en la planta a diferentes patógenos (Cervantes, 2010 y Harman, 2004). *Trichoderma harzianum* como un controlador biológico y antagonista natural de fitopatógenos, muestra una amplia gama de hospedantes dentro de los cuales están los hongos fitopatógenos de importancia tales como: *Fusarium oxisporium*, *Fusarium roseum*, *Botrytis cinérea*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia spp*, *Pythium spp*, *Phytoptera spp*, *Alternaria spp* (Danay et al., 2009).

III. JUSTIFICACIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) ha cobrado interés en la economía productiva nicaragüense. Las tendencias indican que dado la demanda y lo atractivo desde el punto de vista económico del rubro, los productores locales se ven estimulados, en un futuro, a incrementar el número de áreas y rendimientos por unidad producida, reduciendo la dependencia del exterior. El alto costo de la semilla, las condiciones de almacenamiento inadecuadas y la falta de aplicación de buenas prácticas de manejo son limitantes para la conservación de la calidad de la semilla y del tubérculo. Además, el uso excesivo de agroquímicos pone en riesgo la sostenibilidad del sistema de producción de papa debido a la contaminación residual de los suelos y se asocia a un riesgo potencial a la salud pública.

El tratar de incrementar la oferta de papa de manera sostenible y consistente con las exigencias del mercado, conlleva a desarrollar innovaciones y cambios en las estrategias de producción y en el uso de tecnologías productivas, debido a que este cultivo está limitado por diferentes factores de tipo biótico y abiótico. Por otra parte, es muy conocida la existencia de hongos y bacterias benéficas que presentan un efecto antagónico sobre microorganismos que ocasionan enfermedades en las plantas. Entre las especies benéficas más ampliamente estudiadas se encuentran las del género *Trichoderma*, debido a su eficaz control, capacidad reproductiva, plasticidad ecológica, efecto estimulante sobre los cultivos y recientemente se detectó su acción como inductor de resistencia sistémica en la planta a diferentes patógenos (Cervantes, 2010 y Harman, 2004). Además de estas propiedades benéficas el uso de estos microorganismos surge como una alternativa económica frente al alto costo que representa el uso de agroquímicos.

Para esta investigación se llevan a cabo 3 ensayos con manejos agronómicos distintos, pero en todos los ensayos se incluye el uso de *Trichoderma harzianum*, al final de la investigación se determinara el rendimiento por hectárea, se analizaran las variables de desarrollo de las plantas y por medio de laboratorio se comprobará si el *Trichoderma harzianum* permaneció en el suelo luego de realizar la cosecha.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar el efecto de microorganismos nativos (*Trichoderma harzianum*) en la mejora de la productividad en el cultivo de la papa en el CEA-UNI, Finca Las Mercedes-UNA y el Centro Experimental UNAN-LEON.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el efecto del uso de *Trichoderma harzianum* como promotor de crecimiento en el cultivo de papa a través de ensayos de campo.
- ✓ Realizar la comparación de los resultados obtenidos de las variables de cosecha en el cultivo de papa utilizando *Trichoderma harzianum*.
- ✓ Comparar la capacidad de colonización de dos cepas *Trichoderma harzianum* a través de pruebas in vitro,
- ✓ Realizar en el CEA-UNI análisis fisicoquímico del suelo para determinar si este presenta condiciones óptimas para el cultivo de la papa.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 CULTIVO DE PAPA

5.1.1. Origen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) se originó hace unos 8000 años en las montañas de los Andes, donde descendencias de campesinos han creado 5500 variedades de este cultivo (FAO, 2006). Es originaria de América Andina, el centro de domesticación del cultivo se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca, cerca de la frontera entre Perú y Bolivia. Es una de las especies domesticadas más antiguas (J., 2009).

5.1.2. Clasificación Taxonómica

La papa (*Solanum tuberosum* L) tiene la clasificación taxonómica que se describe a continuación (J, 1990):

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la Papa

Reino:	Plantae
Tipo:	Spermatophyta
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Dicotiledóneas
Orden:	Tubiflorineas
Familia:	Solanáceas
Género:	Solanum
Especie:	Tuberosum
Nombre científico:	Solanum Tuberosum
Nombre vulgar:	Papa, Patata

Fuente: Ger. Tamar. 2014

5.1.3. Descripción Botánica

La papa (*Solanum Tuberosum*), pertenece a la familia de las solanáceas, la peculiaridad principal de este grupo es la solanina que se encuentra de modo natural en hojas, frutos y tubérculos, en particular en todas las especies del género *Solanum*, de ahí su nombre. (Horton, 1992).

✓ Raíces

Las raíces se desarrollan principalmente en verticilo, en los nudos del tallo principal. Su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo arable,

luego horizontal de 25-50 cm, y a veces, cuando el suelo lo permite, nuevamente vertical hasta los 90 cm. La planta de papa posee un sistema radicular fibroso muy ramificado. (Montaldo, 1984).

✓ Flores

La inflorescencia es cimosa, las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras, el cáliz es gemosépalo lobulado, la corola es rotácea pentalobulada del color blanco al púrpura, con 5 estambres. Cada estambre posee dos anteras de color amarillo pálido, amarillo más fuerte o anaranjado, que producen polen a través de un tubo terminal, gineceo con ovario bilocular. (Montaldo, 1984).

✓ Hojas

Las hojas son alternas, igual que los estolones. Las primeras hojas tienen aspectos de simples, vienen después las hojas compuestas, imparipinadas con 3-4 pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal. Entre las hojuelas laterales hay hojuelas pequeñas de segundo orden (Montaldo, 1984).

✓ Tallo

Posee un tallo principal, y a veces varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo. Los tallos son de sección angular, y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias (Montaldo, 1984).

✓ Frutos

El fruto es una baya bilocular de 15-30 mm de diámetro, color verde, verde-amarillento o verde azulado cada fruto posee aproximadamente 200 semillas (Montaldo, 1984).

✓ Tubérculo

El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado. En la superficie posee yemas axilares en grupos de 3-5 y protegidas por hojas escamosas (ojos). Una yema representa una rama lateral del tallo subterráneo. El tubérculo es un sistema morfológico ramificado, los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo distal, donde los ojos son más abundantes. La yema apical del extremo distal es la que primero se desarrolla y domina el crecimiento de todas las otras (Montaldo, 1984).

En la anatomía del tubérculo se distinguen las siguientes zonas: Peridermo, corteza, anillo vascular, parénquima de reserva, médula y brotes.

- ✓ **Peridermo.** Es la cáscara o piel, tiene la función de controlar la pérdida de humedad e impedir la entrada de patógenos. El Peridermo consta de 6 a 14 capas corchosas de células.
- ✓ **Parénquima externo de almacenamiento o reserva.** Es la parte que abarca la mayor parte del tubérculo, rico en contenido de almidón. Esta región está compuesta por la corteza y el anillo vascular.
- ✓ **Corteza.** Es una estrecha capa de tejido parenquimatoso localizada debajo del peridermo. Las capas celulares más externas de la corteza contienen proteínas, gránulos de almidón y pigmentos de diferentes colores.
- ✓ **Anillo vascular.** Anillo delgado constituido por el xilema y el floema, por el cual circula el agua y los elementos foto sintetizados, respectivamente. Este anillo hace contacto entre el estolón y los ojos.
- ✓ **Médula.** Es la parte central del tubérculo, constituida por células grandes y transparentes, las que forman el parénquima medular o interno de almacenamiento.
- ✓ **Brotes.** Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos de los tubérculos; el color de los brotes es una característica varietal: Pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice o casi totalmente coloreados. El extremo basal de los brotes, forma normalmente la parte subterránea del tallo y se caracteriza por la presencia de lenticelas. Después de la siembra, esta parte produce rápidamente raíces y luego estolones o tallos laterales; el extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo. El tamaño, forma, profundidad de los ojos, color de la piel y de la pulpa, color de los brotes, número de tubérculos por planta y contenido de materia seca de los tubérculos, son características hereditarias.

5.1.4. Desarrollo vegetativo

Crecimiento se entiende como la ganancia irreversible de materia seca, que se manifiesta en el incremento del tamaño de la planta; desarrollo es una serie de cambios estructurales o diferenciación de órganos, ocurridos a lo largo del ciclo vegetativo. A continuación se hace una descripción de las principales fases del cultivo de papa, para lo cual el ciclo vegetativo de la planta, se dividirá en dos etapas: vegetativa y reproductiva.

El tubérculo-semilla pasa por cuatro edades fisiológicas que responden al balance hormonal entre sustancias que inhiben inicialmente la brotación y sustancias que la activan:

- ✓ **Reposo.** Corresponde al estado en que la semilla se encuentra inactiva y no ha emitido aún brotes.
- ✓ **Dominancia apical.** El tubérculo desarrolla un primer brote que domina sobre los demás y es el brote que se encuentra en el extremo opuesto al punto de inserción del estolón o extremo apical.
- ✓ **Brotación múltiple.** Se presenta cuando la mayor parte de los brotes se ha desarrollado. Es el estado ideal de siembra pues cada brote tiene oportunidad de generar un tallo principal para la nueva planta y por tanto, mayor número de tallos sobre el suelo.
- ✓ **Senescencia o vejez.** Es la última edad fisiológica caracterizada por la deshidratación del tubérculo y la presencia de brotes alargados, a veces ramificados que fácilmente se desprenden ya que han perdido buena parte de su vigor.

La etapa vegetativa comienza una vez el tubérculo-semilla ha superado el periodo de reposo durante el almacenamiento, con la elongación y diferenciación de las yemas o brotes. Al sembrar el tubérculo-semilla se inicia el crecimiento de la planta de papa; la semilla absorbe humedad del suelo, los brotes emergen sobre la superficie del suelo para formar los primeros tallos principales originados del tubérculo madre e inicia al crecimiento y desarrollo de las primeras raíces en la base de los brotes emergidos; en ésta época, el tubérculo madre es la fuente de nutrientes y energía para el crecimiento de la planta.

Durante la etapa vegetativa se forman todas las estructuras vegetativas y el área foliar se incrementa. La planta de papa continúa su aumento de tamaño con la

formación y expansión de hojas, la elongación y ramificación de tallos y el despliegue de ramas en la parte aérea; el proceso de fotosíntesis se incrementa con la producción de carbohidratos, fuente de energía para el desarrollo de la planta. En la parte subterránea, los nudos de los brotes se alargan, emergen más raíces que se encargan de sostener la planta y tomar los nutrientes del suelo y se forman los primeros estolones.

La etapa reproductiva incluye eventos como floración, fructificación, llenado de tubérculo y madurez fisiológica. Esta etapa se inicia con la diferenciación de los tubérculos debido al incremento de hormonas que promueven dicho desarrollo en la parte sub-apical de los estolones; en algunos cultivares de papa de año, este fenómeno se presenta simultáneamente con la emisión de los primeros botones florales o con el inicio de la floración o, en otros casos, un poco antes.

5.1.5. Requerimientos nutricionales

El cultivo requiere de 16 elementos nutritivos esenciales, los que aparecen en la tabla 2. Cuantitativamente, los tres más importantes son el carbono, hidrógeno y oxígeno. El primero alcanza el 44% aproximadamente de la materia seca, y el resto, corresponde a H y O, que forman las estructuras carbonadas como carbohidratos, ácidos orgánicos, etc. Los otros 13 nutrientes minerales aportan el 6 % aproximadamente (Sierra B, Santos Rojas, & Kalazich B, 2002).

Tabla 2. Nutrientes minerales y orgánicos esenciales requeridos por la planta

Símbolo	Nombre	Nutriente
N	Nitrógeno	Primario
P	Fósforo	Primario
K	Potasio	Primario
S	Azufre	Secundario
Ca	Calcio	Secundario
Mg	Magnesio	Secundario
Fe	Hierro	Micronutriente
Mn	Manganeso	Micronutriente
Cu	Cobre	Micronutriente
Zn	Zinc	Micronutriente
B	Boro	Micronutriente
Cl	Cloro	Micronutriente
Mo	Molibdeno	Micronutriente
C	Carbono	Estructural
O	Oxígeno	Estructural
H	Hidrógeno	Estructural

Fuente: Manual de Fertilización del Cultivo de Papa en la Zona Sur de Chile. 2002.

✓ **Nitrógeno**

Este elemento esencial primario forma parte de las estructuras proteicas en la planta y se considera un elemento estructural que estimula el crecimiento, especialmente hojas y tallos. El déficit de nitrógeno produce una clorosis o amarillez en las hojas, en caso extrema deficiencia de las hojas basales se amarillean debido a la traslocación del elemento hacia la parte superior de la planta por ser este nutriente móvil dentro de la planta, una falta de humedad en el suelo o falta de luz también produce el mismo síntoma. El exceso de nitrógeno produce una coloración verde intensa en las plantas y un tono brillante y verde muy oscuro, determinando un retraso de la madurez del cultivo. Por el contrario una deficiencia tiende a producir un adelantamiento de la madurez del cultivo. Es absorbido como NH_4 o NO_3 .

El exceso de nitrógeno produce diversos efectos negativos sobre el desarrollo del cultivo, lo hace más susceptible a enfermedades como el oidio, además los tubérculos producidos con exceso se pudren más fácilmente en las bodegas y toleran menos el maltrato. El exceso de nitrógeno no permite una adecuada coloración de la papa frita para chips, debido a un incremento del contenido de azúcares reductores en el tubérculo, esto produce un pardeamiento de la papa frita.

✓ **Fósforo**

El fósforo es un elemento primario esencial que es determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces. Es absorbido desde la solución suelo como H_2PO_4 o HPO_4 según el pH del suelo, especialmente por difusión y contacto directo. Se requiere en cantidades muy inferiores al nitrógeno. Su déficit produce plantas pequeñas de color violáceo o amoratado por la acumulación de antocininas (H., 1986), debido a la detención del crecimiento celular. Es un elemento móvil en la planta por lo que se trasloca desde las hojas basales hacia las hojas superiores. Cuando la deficiencia no es severa, se produce un color verde oscuro.

El exceso de este elemento en las plantas, generalmente no se produce, y en el caso de los suelos trumaos es más posible detectar una deficiencia. Al contrario del nitrógeno, un adecuado contenido de fósforo tiende a producir una adecuada madurez del cultivo. Un buen contenido de este elemento determina una mejor calidad de los tubérculos semillas producidas.

✓ **Potasio**

Este elemento se considera de gran importancia en la nutrición de las plantas, especialmente en su aspecto sanitario. El potasio es un elemento responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas, desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos. Esta última función es muy importante en cultivos como la papa debido al gran contenido de carbohidratos que debe formar la planta y almacenar en los tubérculos. Este elemento presenta una gran movilidad en la planta. Su deficiencia produce plantas con hojas algo cloróticas y luego desarrollan puntos necróticos dispersos, los tallos del cultivo son débiles y quebradizos cuando falta potasio en el suelo. En el caso de la papa, su deficiencia produce un tono bronceado de las hojas, especialmente basales y con aplicaciones altas de potasio, el cultivo tiende a producir grandes tubérculos.

El potasio, a diferencia del nitrógeno y del fósforo, no forma parte estructural estable de las moléculas en las células de la planta. Como se señaló es un catalizador de muchas reacciones que actúan en la síntesis de proteínas y carbohidratos.

✓ **Calcio**

El calcio es un elemento estructural que forma parte de la pared celular, integrando los pectatos del calcio, en la lamela media. Una buena parte de este elemento se encuentra en la planta al interior de las vacuolas, donde precipita como oxalato de calcio. Su deficiencia produce una inhibición del crecimiento de los brotes y del ápice de las raíces. El calcio junto al fósforo es muy importante al inicio del crecimiento del cultivo, especialmente en el desarrollo de las raíces. Un adecuado contenido de calcio en las raíces determina un adecuado crecimiento y mejora la selectividad parcial de los iones, en el proceso de absorción de nutrientes del suelo. Así se evita parcialmente por ejemplo, la toxicidad por aluminio. Niveles tóxicos de calcio en las plantas no se reportan, este es un elemento químico probiótico por excelencia. Es un elemento no móvil en la planta, niveles bajos en el suelo pueden favorecer la aparición de pie negro, enfermedad producida por la bacteria *Erwinia carotovora*.

✓ **Magnesio**

Este elemento forma parte integral de la molécula de clorofila. Es un nutriente móvil en la planta. Su deficiencia produce una clorosis internerval de las hojas basales, debido a su traslocación hacia las hojas superiores. La papa es un

cultivo especialmente sensible a la deficiencia de este elemento al igual que el maíz. Excesos de magnesio que puedan producir toxicidad por este elemento no se reportan en la literatura. Su deficiencia se puede inducir por desbalance en el suelo por aplicaciones excesivas de potasio o de calcio, por exceso de encalado.

✓ **Azufre**

Elemento esencial, activador enzimático, interviene en el metabolismo del nitrógeno. Su deficiencia produce clorosis generalizada y es muy poco móvil en la planta.

✓ **Micronutrientes**

- **Hierro:** Su deficiencia se caracteriza por una marcada clorosis internerval parecida a la del magnesio pero en las hojas jóvenes. En suelos muy ácidos se puede transformar en un elemento tóxico. La deficiencia de hierro puede producirse en suelos con pH mayor de 7,6.
- **Manganeso:** La deficiencia de este elemento sigue la misma dinámica que el hierro, es decir, en suelos de pH ácido, se puede producir toxicidad de este elemento y en suelos de pH alcalino se produce deficiencia. La carencia de manganeso se manifiesta como una clorosis internerval en hojas viejas o jóvenes. Este microelemento es un activador enzimático.
- **Boro:** Este elemento puede ser deficiente en suelos de pH ácido su deficiencia produce la desintegración de los tejidos internos como en tallos. El boro es inmóvil en la planta. Favorece la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico en las flores.
- **Zinc:** La carencia de zinc produce hojas pequeñas y arrosetadas, con escasa longitud de los entrenudos. Los márgenes de las hojas muchas veces se presentan deformadas y arrugadas. Este elemento ayuda en la formación del ácido indol acético. Además es un activador enzimático. Un exceso de fósforo puede inducir una deficiencia de este elemento.
- **Molibdeno:** Su deficiencia produce una clorosis internerval que aparece primero en las hojas más viejas y va progresando hacia las más jóvenes. Este síntoma se puede producir de preferencia al usar una fuente de nitrógeno nítrica debido, a que el molibdeno actúa como co-factor enzimático en la nitroreductasa. En suelos trumaos puede manifestarse como elemento deficitario.
- **Cloro:** La deficiencia es muy poco común en papa, pero su toxicidad puede ser más frecuente en suelos con elevada salinidad. Su deficiencia produce marchitez de las hojas.

5.1.6. Requerimiento Edafoclimáticos

✓ Clima

La papa se cultiva en más de 150 países, en clima templado, subtropical y tropical. Es esencialmente un “cultivo de clima templado”, para cuya producción la temperatura representa el límite principal: las temperaturas inferiores a 10° C y superiores a 30° inhiben decididamente el desarrollo del tubérculo, mientras que la mejor producción ocurre donde la temperatura diaria se mantiene en promedio de 18° a 20° (Quevedo, Oviedo, & Casanova, 2012).

Por ese motivo la papa se siembra a principios de la primavera en las zonas templadas y a fines del invierno en las regiones más cálidas, y en los lugares de clima tropical caliente se cultiva durante los meses más frescos del año. En algunas tierras altas subtropicales, las temperaturas benignas y la elevada radiación solar permite a los agricultores cultivar la papa todo el año, y cosechar los tubérculos a los 90 días de haberlos sembrado (en climas más fríos, como en el norte de Europa, pueden ser necesarios hasta 150 días).

La papa es una planta que tiene una gran capacidad de adaptación y a pesar que el suelo ni las condiciones de cultivo sean ideales. Sin embargo, también es víctima de una serie de plagas y enfermedades. Para prevenir la acumulación de patógenos en el suelo los agricultores evitan cultivar papas en las mismas tierras todos los años, rotan los cultivos en ciclos de tres o más años, alternando por ejemplo con maíz, frijoles y alfalfa. Se evita producir otros cultivos vulnerables a los mismos patógenos de la papa como el tomate a fin de interrumpir el ciclo de desarrollo de las plagas. Las condiciones de cultivo varían de una variedad a otra, pero por lo general prefiere suelos ricos en materia orgánica, sueltos y francos arenosos.

✓ Fotoperiodo

Con respecto a la respuesta a la longitud del día o fotoperiodo, la misma depende de la subespecie y variedad considerada. La subespecie *tuberosum* requiere para desarrollar su área foliar de fotoperiodo largo (más de 14 horas de luz) y en su proceso de tuberización (formación y engrosamiento de los tubérculos), de fotoperiodo corto (menor de 14 horas de luz). Bajo condiciones de día corto (latitudes cercanas a la línea ecuatorial) las plantas de *tuberosum* muestran una tuberización temprana, los estolones son cortos y el follaje permanece reducido. Bajo condiciones de día largo (sobre 25° de latitud norte o sur) ocurre lo contrario.

✓ Luz

La intercepción de luz por el cultivo depende de la intensidad lumínica de la arquitectura del follaje (planófila o erectófila), de la edad de las hojas y del porcentaje de suelo cubierto por el follaje. El proceso fotosintético se efectúa cuando los rayos de sol incidan sobre la totalidad de las hojas verdes y no sobre el suelo desnudo. La asimilación bruta de la papa en un día luminoso pleno (50.000 lux) a 18-20 °C es de 1,92 g CO₂ por m² de área foliar por hora, con una concentración de 0.03 % de CO₂.

Esto equivale a un rendimiento neto potencial de 1.23 gr de materia seca. Hojas más viejas fotosintetizan menos que las muy jóvenes. En los cultivos con baja densidad de plantación (menos de 35,000 plantas/ha) no se produce competencia entre plantas, pero parte de la luz se pierde porque no toda el área de suelo está cubierta de follaje. Ello estimula a una mayor producción por planta y a un mayor tamaño de sus tubérculos, pero el rendimiento por unidad de superficie será inferior a aquel que presenta una densidad superior. (Quevedo, Oviedo, & Casanova, 2012).

✓ Suelo

Los suelos pesados con arcilla y limo son menos adecuados para este cultivo. Las papas pueden crecer casi en todos los tipos de suelos, salvo donde son muy salinos o alcalinos. Los suelos naturalmente que ofrecen menos resistencia al crecimiento de los tubérculos son los más convenientes, y los suelos arcillosos o de arena con arcilla y abundante materia orgánica con buen drenaje y ventilación, son los mejores. Se considera ideal un pH de 5,2 a 7.5 en el suelo y con una profundidad entre 25 y 30 cm.

El cultivo de papas requiere una gran preparación del suelo. Es necesario rastrillar el suelo hasta eliminar todas las raíces de la maleza hasta una profundidad de por lo menos 40 cm. Por lo general es necesario arar dos veces, pasar la rastra en forma cruzada y si es necesario aplicar el rodillo o desmenuzador, para que el suelo adquiriera la condición adecuada: suave, bien drenado y bien ventilado. En algunos casos, se puede usar el tablón o nivelador. (Quevedo, Oviedo, & Casanova, 2012).

✓ Agua

Las variedades modernas de papa son sensibles a la falta de agua en el suelo y necesitan una irrigación frecuente y superficial. Un cultivo de papa de 120 a 150 días consume de 500 a 700 mm de agua, y la producción se reduce si se agota

más del 50 % del total del agua disponible en el suelo durante el período de crecimiento.

Se debe considerar que el exceso de agua en el suelo, provoca una falta de oxígeno, un desarrollo pobre de las raíces, la pudrición de los tubérculos recién formados y de los que se utilizan como semilla, los cuales son especialmente susceptibles a la pudrición, máximo si se siembran y tapan estando húmedos.

La papa puede cultivarse tanto bajo condiciones de lluvia natural, como bajo riego, pero un exceso de la humedad ambiental alta favorece el desarrollo de la enfermedad conocida como tizón tardío.

La etapa más crítica en que la deficiencia de humedad en el suelo perjudica el cultivo, es al inicio de la formación de tubérculos hasta el final de la tuberización.

La excesiva variación de la humedad del suelo afecta la calidad de los tubérculos. Además, después de una sequía prolongada, el agua puede causar un segundo crecimiento de las plantas y presencia de “corazón vacío”.

5.1.7. Labores Culturales

- Rascadillo o deshierba: de 30 a 40 días después de la siembra.
- Medio aporque: entre los 60 y 80 días de la siembra.
- Aporque: entre los 25 y 30 días después de la siembra.

Estas tres labores tienen como objetivos: aflojar superficialmente al suelo para evitar la pérdida de humedad y lograr el control oportuno de malezas; dar sostén a la planta y cubrir los estolones para favorecer la tuberización. Tratar en los aporques de no dañar el follaje y las raíces. Estas labores se realizan en forma manual (azadón) o mecanizada (tractor o yunta).

✓ Preparación de suelo

La preparación del suelo debe ser hecha de tal manera que asegure una rápida emergencia de los tallos, una penetración profunda de las raíces y un buen drenaje. Para lograr esto se pueden seguir los siguientes pasos:

- Arar el terreno un mes antes de la siembra, a una profundidad entre 25 y 30 cm.
- Realizar una aradura profunda en dirección a los surcos de siembra.

- Realizar tres pases de grada para lograr la consistencia fina del suelo, quedando sin niveles de compactación que detengan la penetración de las raíces y el drenaje del agua.

✓ **Siembra**

El suelo deber ser rico en nutrientes, profundo y limpio de malezas, en cada surco se colocan tubérculos a una profundidad de aproximadamente 10 cm la distancia entre tubérculo depende de la densidad de siembra que se haya escogido

✓ **Control de malezas**

Rotaciones: Las rotaciones también pueden contribuir al manejo exitoso de las malezas, aun cuando la papa, por sí misma, se considera un cultivo competitivo con las malezas en la rotación.

Cultivos asociados: La sombra producida por un cultivo asociado tiene un doble beneficio para la papa: mantener la superficie del suelo fresca y asfixiar a las malezas. Los cultivos asociados más comunes son el maíz (en los trópicos cálidos. China, Filipinas y Sudamérica), trigo (China y Pakistán), caña de azúcar (Bangladesh y la India) y varias hortalizas.

Labores de cultivo: Una total dependencia del desyerbe manual solo es factible donde existe abundante mano de obra y a bajo costo. La escarda manual y la labranza mecanizada se pueden usar fácilmente en el cultivo de la papa, ya que su amplia distancia entre surcos permite el acceso.

Métodos químicos: Los herbicidas ofrecen una alternativa a las labores de cultivo, siempre que sean efectivos, no costosos y que no sean tóxicos a las plantas ni a los consumidores de la papa. Durante los últimos treinta años se han desarrollado muchos compuestos que son apropiados para su uso en campos de papa, tales como herbicidas de contacto, residuales de pre-emergencia y de post-emergencia.

✓ **Fertilización**

Nitrógeno se aplica el 50% al momento de la siembra y el resto a los 45 días aproximadamente. Todo el Fosforo, Potasio y Azufre es mejor aplicarlos al momento de la siembra. También es importante la incorporación de abonos orgánicos.

La mayoría de los cultivos prosperan mejor en suelos con pH 6.0 a 7.0, sin embargo el cultivo de la papa se desarrollara en suelos con pH ligeramente ácido por el mismo hecho de su cultivo. En casos extremos de acidez es necesario la aplicación de cal (encalado), es que un método para rectificar la acidez del suelo, con la finalidad de elevar el pH, aumentar la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio y elementos menores. (FUNDAGRO, 1991).

✓ **Cosecha**

Cuando las hojas de la planta de la papa se ponen amarillas y los tubérculos se desprenden con facilidad de sus estolones, significa que la papa está madura. Si las papas van a almacenarse en vez de consumirse enseguida, se dejan en el suelo para que la piel se haga más gruesa, porque una piel más gruesa previene las enfermedades que se producen durante el almacenamiento y evitan que la papa se encoja por pérdida de agua.

5.1.8. Plagas

✓ **Gallina ciega (*Phyllophaga spp.*)**

La gallina ciega es una de las plagas del suelo más importantes en América Central, esta es la larva de los escarabajos o ron rones, esta plaga es de importancia para el cultivo ya que pueden causar pérdidas importantes principalmente en cultivos jóvenes. Los adultos de la Gallina Ciega conocidos salen del suelo después de las primeras lluvias, una vez que aparecen vuelan hacia los árboles cercanos en donde se aparean y las hembras regresan al suelo donde ponen huevos de tamaños pequeños, de los cuales salen larvas de color blanco cremoso que miden de 1.0 a 2.5 centímetros. Tienen forma de C y el cuerpo arrugado y la cabeza es de color café o café amarillento.

La gallina ciega pasa por las siguientes etapas de desarrollo: Huevo, larva, pupa y adulto. La etapa de larva recibe el nombre de gallina ciega y es el estadio más dañino para el cultivo causando la destrucción de los tubérculos. Las larvas se alimentan de materia orgánica y de los rastrojos dejados en el suelo.

- **Daños:** La gallina ciega ataca las raíces del cultivo por lo que puede causar pérdidas porque las plantas se debilitan por la falta de anclaje y de absorción de nutrientes, también se pueden presentar problemas por la entrada de patógenos como hongos del suelo, los cuales causan pérdidas considerables en el cultivo. Las larvas destruyen los tubérculos recién sembrados y causan serios daños a la cosecha. También se alimentan de

las raíces aproximadamente a una pulgada por debajo de la superficie del suelo.

- **Control:** El uso de diferentes medidas de control en el momento indicado son la mejor herramienta para controlar esta plaga. La siembra de cultivos en meses bien definidos, la eliminación de plantas hospederas así como una buena preparación del terreno y el uso de insecticidas biológicos son medidas eficientes antes del uso de insecticidas químicos. Los insecticidas químicos son comúnmente utilizado por su rapidez de acción, su eficacia y por su espectro de control.

✓ **Gusano alambre (*Agriotes spp.*)**

Los gusanos de alambre son coleópteros, en los que el adulto, que no es dañino, es pardo negruzco, mide de 10 a 15 mm y se caracteriza por su salto y haciendo un ruido seco para reestablecerse a la marcha. Las larvas tienen un tamaño comprendido entre 5 y 25 mm según su edad. Las especies más dañinas pertenecen al género *Agriotes*.

Al llegar la larva a su mayor desarrollo profundiza en el terreno, se fabrica una pequeña celda terrosa, en la que se aloja y pierde su última muda, convirtiéndose en pupa. La pupa es blanca y muy delicada, al acercarse la época de su transformación se oscurece. Este período dura tres o cuatro semanas, apareciendo después el adulto.

- **Daños:** En el cultivo de la patata las larvas, cuando han llegado a cierto grado de madurez, abren galerías en los tubérculos más o menos profundas, de 2 a 4 mm de diámetro como máximo según el estado larvario y cuyas paredes se recubren muy pronto de un tejido tuberoso de cicatrización. Además los agujeros que realizan son vía de entrada para organismos patógenos como hongos y bacterias. Sin embargo, a diferencia de la polilla de la patata (*Phthorimaea operculella*) el agujero suele ser bastante limpio. Estas galerías inhabilitan los tubérculos para su comercialización, ya que las actuales exigencias del mercado dan una importancia relevante a la calidad.
- **Control:** Evitar es a menudo el mejor control para las plagas difíciles como el gusano de alambre. Evita plantar papas en áreas en las que sabes que tienes estos gusanos. Evitar plantar el cultivo de papa en áreas que alguna vez fueron césped o eran simplemente malezas. Los gusanos de alambre proliferan en estas áreas y se alimentarán rápidamente de las papas plantadas en ellas. Son menos propensos a sobrevivir en suelos bien drenados. Los gusanos de alambre están más cerca de la superficie del

suelo cuando la temperatura está alrededor de 70 grados. Labrar la tierra a esta temperatura, ya sea en primavera o en otoño puede llevarlos a la superficie y atraer a los depredadores.

✓ **Mosca blanca (*Bemisia tabaco*)**

Las moscas blancas son una de las plagas más importantes de las hortalizas, los adultos son pequeños insectos de aproximadamente 1 mm de longitud, con el cuerpo amarillo y las alas blancas. Hay tres especies de moscas blancas que atacan normalmente a las hortalizas. Las más importantes son *Trialeuorodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* que atacan a casi todos los cultivos de huerta. A la hora de un buen control es importante diferenciar ambas moscas.

- **Daños:** Los daños ocasionados por mosca blanca en los cultivos son diversos, dichos daños se mencionan a continuación: Ataques muy severos hacen que la planta no desarrolle, ocasionando pérdida total en etapas iniciales del cultivo. Ataques no muy severos (baja población), pero infección por virus: puede ocasionar un daño severo si el ataque es temprano debido a que transmite virus que deforma la planta con apariencia de clorosis muy severa, principalmente en brotes y frutos nuevos. Frutos no maduran: cuando el ataque es al fruto, estos no maduran adecuadamente (rojo), se observan franjas blancas en donde hubo el ataque.
- **Control:** Cuando se aplican insecticidas contra la mosca blanca, estos deben ser sistémicos y aplicarse a la semilla para que la plántula esté protegida cuando salga de la tierra. Después de unos 20 días de crecer las plantas en el campo o en túneles, se debe aplicar otra vez un insecticida sistémico foliar para que las plantas estén protegidas durante el primer mes.

✓ **Pulgón saltador (*Paratrioza cockerelli*).**

La *Paratrioza* es un insecto que posee una alta tasa de reproducción, produce migraciones explosivas y colonizan muy rápidamente; su dinámica poblacional no tiene un patrón definido. Son transmisores de virus que causan daños irreversibles son de difícil control con insecticidas convencionales por su biología y hábitos. Un control eficaz requiere de un programa de manejo donde se usen productos específicos y otros de mantenimiento efectivos para cada condición. El adulto es un insecto chupador de color café oscuro a negro, con alas transparentes en forma de tejado. Deposita huevecillos amarillo-naranja. El estado juvenil se llama ninfa, las cuales son en forma de escamas y color verde amarillento, consta de 5 instares, viven por lo general, en el envés de la hoja, durante las 3 primeras

etapas son casi inmóviles. Los adultos son los responsables de la diseminación de la enfermedad a corta y larga distancia.

- **Daños:** Esta plaga puede succionar la savia de la planta, la saliva de la ninfa es toxinífera y provoca el amarillamiento de la planta. Además, las ninfas producen secreciones cerosas blanquecinas con apariencia de sal (salerillo), que llega a afectar la calidad de los frutos. Ocasiona la transmisión de fitoplasmas tanto por las ninfas como por los adultos, transmite el fitoplasma asociado al síndrome permanente del tomate y el asociado a la punta morada de la papa. Ambos son transmitidos por el insecto en forma semi persistente; es decir, puede transmitirse a partir de 15 minutos de adquirido. En todas las etapas de desarrollo, la paratritioza se alimenta de las hojas mediante un estilete.
- **Control:** El uso de diferentes medidas de control en el momento indicado son la mejor herramienta para controlar esta plaga. La siembra de cultivos en meses bien definidos, la eliminación de plantas hospederas así como una buena preparación del terreno son medidas eficientes antes del uso de insecticidas químicos. Los insecticidas químicos son comúnmente utilizados por su rapidez de acción, su eficacia y por su espectro de control.

✓ **Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*)**

En las zonas paperas de Nicaragua, han sido reportadas las especies *Phthorimaea operculella* que por su daño y distribución tiene mayor importancia y la especie *Tecia solanivora*. Los adultos de la polilla de la papa son de hábitos nocturnos y ovipositan individualmente sobre la superficie de las hojas. Las larvas recién emergidas minan las hojas y a medida que se desarrollan afectan los brotes uniéndolos con hilos de seda. La especie *P. operculella* barrena las ramas terminales y minan la superficie de la base del tallo. Al finalizar el período vegetativo pueden ovipositar directamente sobre las yemas de los tubérculos cuando éstos están expuestos. El empupamiento lo realiza en el suelo o sobre las yemas de los tubérculos.

- **Daños:** Los daños de ambas especies son producidos por las larvas al minar las hojas y afectar los brotes, produciendo un desecamiento del follaje. El daño más importante es el causado a los tubérculos, generalmente, las larvas entran por las yemas y construyen galerías irregulares cerca de la piel, al segundo o tercer día se observa el excremento de color café oscuro en la entrada de las galerías. Los adultos y larvas pueden alcanzar fácilmente a los tubérculos, al introducirse por las grietas que se forman cuando el terreno está seco.

- **Control:** Destruir los tubérculos contaminados, asegurar rotaciones largas, desinfectar el suelo o hacer tratamientos insecticidas en vegetación o antes de la conservación.

5.1.9. Enfermedades del cultivo de papa

✓ Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

El tizón tardío de la papa (*Solanum tuberosum* L.), causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary es la más devastadora enfermedad de plantas reportada en la historia de la humanidad (Abad, 1995). Está presente en todas las áreas paperas del mundo y es considerada como la más importante del cultivo de la papa, porque si los campos no están protegidos adecuadamente con aplicaciones planificadas de fungicidas y por otra parte, las condiciones ambientales, son al mismo tiempo, óptimas para el desarrollo del patógeno (temperatura de 12 a 15°C y humedad relativa de 95 a 100%), los sembríos de papa pueden ser destruidos en 10 a 15 días.

• Síntomas

En las hojas: La enfermedad se inicia mostrando pequeñas manchas irregulares de color verde pálido a verde oscuro. En condiciones ambientales óptimas de temperatura (12 a 15°C) y humedad relativa (100%), estas pequeñas manchas irregulares que se desarrollan generalmente en los bordes y en el ápice de los folíolos

Figura 1. Desarrollo inicial de *P. infestans* en los folíolos



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la

crecen rápidamente, dando lugar a lesiones necróticas grandes de color marrón a negro, rodeadas de un halo amarillento. (Torres, 2002).

En tallos: Los síntomas se presentan como lesiones oscuras continuas, ubicadas generalmente en el tercio medio o superior de la planta y alcanzan en algunos casos, más de 10 cm de longitud. Estas lesiones son frágiles y de consistencia vidriosa, se quiebran fácilmente con la fuerza del viento o por contacto con la maquinaria (tractor) o las personas que transitan por el campo durante las labores culturales. (Torres, 2002).

En tubérculos: En la parte externa de los tubérculos infectados se observan depresiones muy superficiales e irregulares, de tamaño variable y de consistencia dura. Al hacer un ligero raspado (con un cuchillo o con la uña), debajo de la piel afectada el tejido es de color marrón. Cortando transversalmente un tubérculo afectado,

se observa en la superficie de corte una necrosis de forma irregular, de color marrón, de apariencia granular que avanza de la periferie hacia el centro de la médula. En los tubérculos afectados que aparentemente se muestran sanos al momento del almacenamiento, la enfermedad desarrolla lentamente y el patógeno esporula, sin embargo, los tubérculos infectados pueden destruirse completamente, debido a que las lesiones son puerta de entrada de bacterias patógenas como *Erwinia* spp y hongos como *Fusarium* spp que se encuentran en la superficie de los tubérculos y causan pudrición. (Torres, 2002).

- **Control**

Para prevenir la infección de tubérculos, hay que aporcar bien las plantas, asperjar íntegramente el follaje durante el período de crecimiento y dejar que las

Figura 2. Lesión necrótica causada por P. Infestans



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

Figura 3. Sección transversal de un tubérculo de papa, mostrando necrosis



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

ramas maduren y mueran de manera natural o desecharlas antes de la cosecha. (INTA, 2004).

La enfermedad se controla mediante la implementación de medidas culturales, agronómicas, genéticas y químicas como:

- Eliminación de residuos de cosecha.
- Establecimiento de barreras rompe vientos.
- Rotación de cultivos (maíz, repollo, etc.).
- Uso de semilla sana.
- Aporque adecuado.
- Densidad de siembra apropiada.
- Uso de variedades tolerantes como la Papanica.
- Protegiendo el cultivo con fungicidas de contacto como mancozeb, (Manzate 80WP) con aplicaciones cada 7–8 días en condiciones de clima normal, si el tiempo es lluvioso aplicar cada 4–5 días.

Al utilizar fungicidas de protección o sistémicos, se aconseja agregar un adherente para garantizar un control eficiente. Las aspersiones con maneb, ejercen un buen control y se pueden alternar con un fungicida sistémico como positron, cymoxamil y oxadixil cuando la presión del inóculo se incrementa. (INTA, 2004).

✓ **Tizón temprano (*Altenaria Solani*)**

La enfermedad aparece en forma de manchas foliares irregulares constituidas por anillos concéntricos. Las manchas tienen un color que varía de marrón a negro y pueden ser pequeñas, profundas y con bordes bien definidos. En las hojas y en menor grado en los tallos, se forman manchas necróticas, marcadas internamente por serie de anillos concéntricos. Usualmente, aparecen cerca de la floración y van aumentando a medida que madura la planta. (INTA, 2004).

Control: Se controla haciendo uso de semilla tratada libre de la enfermedad o con aspersiones con fungicidas. Las aplicaciones deben repetirse a intervalos de 1 a 2 semanas dependiendo de la severidad e intensidad de la enfermedad y frecuencia de lluvias.

Otras prácticas efectivas son la rotación de cultivos, eliminación y quema de restos

Figura 4. Tizón temprano



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

de plantas infectadas y la erradicación de malezas. (INTA, 2004).

✓ **Sarna Negra (*Rhizoctania Solani*)**

La rizoctoniasis conocida también con los nombres de costra negra (por la presencia de esclerocios en la superficie de los tubérculos afectados) y cancro del tallo (por las lesiones necróticas en los tallos), es una enfermedad que está presente en todas las zonas productoras de papa del mundo (Frank, 1979)¹). La enfermedad afecta la calidad culinaria y sanitaria de los tubérculos, pero en relación a las pérdidas en los rendimientos, en la literatura existen reportes contradictorios. Algunos dicen que la enfermedad afecta los rendimientos, otros dicen que no (Castro, 1989).

• **Síntomas**

En plantas: La enfermedad afecta a los brotes del tubérculo semilla en los estados de pre y post emergencia. Los brotes afectados muestran en la base lesiones necróticas de color marrón, que cuando son profundas los estrangulan. Sin embargo, aún en este estado, la planta puede desarrollar desde la parte inferior del tallo estrangulado, brotes nuevos, que si no son afectados emergen finalmente del suelo (Torres, 2002).

Si las lesiones son más o menos superficiales, la planta afectada se muestra débil y crece lentamente. Posteriormente, cuando las plantas llegan a ser adultas, las lesiones necróticas llamadas también canchros, interfieren en el normal movimiento de nutrientes dando lugar a la formación de tubérculos aéreos en las axilas de las hojas. Los tubérculos aéreos, sin embargo, no son exclusivos de esta enfermedad, porque también se forman por una serie de otras causas tales como, el bloqueo de los haces vasculares causado por daños mecánicos, corte parcial del tallo causado por insectos o por patógenos como *Verticillium*. Otro de los síntomas asociados con la rizoctoniasis es el encarrujamiento de las hojas apicales y esto último ocurre cuando las raíces están afectadas. (Torres, 2002).

Figura 5. Planta recién emergida mostrando algunos brotes muertos



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

En estolones: La enfermedad ataca a los estolones, ocasionando lesiones necróticas que pueden estrangularlos o matarlos. Cuando esto ocurre, los tubérculos que están en pleno desarrollo se quedan pequeños. (Torres, 2002).

En raíces: La enfermedad afecta a las raíces y como consecuencia produce encarrujamiento de las hojas apicales. En algunos casos este síntoma puede ser confundido con el producido por el virus del enrollamiento de la papa (PLRV) (Torres, 2002).

Figura 7. Tallo mostrando capa miceliana blanquecina



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

muestra completamente sano. (Torres, 2002).

En tubérculos: En la superficie de los tubérculos afectados se observa la presencia de costras negras, llamadas esclerocios que son las estructuras de conservación del hongo. Estas estructuras son producidas solamente por los grupos de anastomosis GA3 y GA7. Las costras negras le dan un mal

Figura 6. Tallo y Estolón con lesiones necróticas



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

En la base del tallo: Durante el desarrollo de las plantas en suelos infestados, se puede observar la presencia de una capa miceliana de color blanco grisáceo en la base de los tallos, desde el nivel del suelo hacia arriba en una longitud aproximada de 10 cm. En esta capa se encuentran las estructuras que corresponden a la fase sexual del hongo, la misma que no produce ningún daño a la planta, ya que al frotarse con la yema de los dedos, el tejido del tallo que estuvo cubierto con esta capa se

Figura 8. Tubérculo mostrando Rhizoctonia



Fuente: Manual de las enfermedades más

aspecto a los tubérculos y en un mercado exigente, los tubérculos afectados son rechazados por los consumidores. (Torres, 2002).

En Plántulas: La enfermedad afecta a plántulas procedentes de semilla botánica en el estado de pre y postemergencia. Cuando las plántulas de papa que han desarrollado en bandejas o en camas de almácigos son trasplantadas al campo, son severamente afectadas por un complejo de patógenos, entre los cuales se encuentra *Rhizoctonia*. La muerte de plántulas trasplantadas, puede llegar en algunos casos hasta un 70%. (Martin, 1989).

- **Control.**

Prácticas culturales:

- Utilizar como semilla tubérculos sanos. El uso de tubérculos libres de esclerocios (GA3) es una buena medida para evitar la infección de los brotes en estado de pre emergencia.

- Rotación de cultivos. Esta práctica es eficiente para controlar el GA3 de *R. solani*, porque afecta sólo a la papa y cebada y no para el GA4 que afecta a muchos otros cultivos.

- Eliminar o quemar los restos de cosecha. Esta práctica es válida para eliminar el micelio del hongo que se encuentra en restos de tallos y estolones infectados en el campo después de la cosecha.

Control químico: El uso de fungicidas (aplicados al suelo o como desinfectantes de tubérculos), no incrementa los rendimientos, pero, incrementa la calidad sanitaria de los tubérculos.

Control biológico: Entre los enemigos naturales de *R. solani*, los más eficientes son *Trichoderma harzianum*, *Rhizoctonia binucleada*, (Gutierrez, 1990) y *Verticillium biguttatum*, aunque en la práctica el control biológico debe ser considerado sólo como un componente del control integrado.

✓ Roña (*Spongospora subterranea*)

La roña es una enfermedad que afecta la calidad de los tubérculos pero no los rendimientos. En variedades susceptibles puede afectar hasta un 97.5% de los tubérculos con una severidad (porcentaje de la superficie del tubérculo cubierta con pústulas) de 81 a 95% (H. T. , 1995). La severidad depende de la susceptibilidad del cultivar (F., 1989), grado de infestación del suelo y condiciones de humedad y temperatura del suelo, favorables para el desarrollo del hongo (M.J., 1987); (C.H. & Mckenzie, 1981). Además, la enfermedad es muy importante porque el hongo *Spongospora subterranea* es vector del virus mop top de la papa (PMTV) (Harrison, 1989).

• Síntomas

En raíces: Las raíces de las plantas enfermas muestran agallas o tumores lisos, de 0.5 a 1.5 cm de tamaño y de forma más o menos irregular; al inicio los tumores son de color blanquecino y cuando alcanzan la madurez fisiológica se vuelven oscuros, debido al color marrón de las paredes de los esporangios de descanso.

En estolones: La infección de los estolones ocurre paralelamente a la infección de las raíces y los síntomas son similares a los de las raíces, pero las agallas son más pequeñas.

En tubérculos: Los tubérculos enfermos muestran pústulas que son inicialmente lisas, de color blanquecino y de 2 a 3 mm de diámetro. Las pústulas continúan desarrollándose hasta alcanzar aproximadamente 1 cm de

Figura 9. Agallas jóvenes de *Spongospora subterranea* formadas en las raíces



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

Figura 10. Tubérculos afectados por roña



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

diámetro y cuando esto ocurre se vuelven oscuras

- **Control**

Prácticas culturales:

- Utilizar como semilla tubérculos sanos.
- Realizar rotaciones de cultivo por más de 6 años.
- No incorporar a los campos de papa estiércol de animales que hayan consumido tubérculos infectados.
- Sembrar pastos y otras gramíneas además de otras plantas que no sean hospedantes de *S.subterranea*.

✓ **Sarna común (*Streptomyces scabiei*)**

La sarna común está presente en la mayoría de las zonas paperas más importantes del mundo (Hooker, 1981), (Loria, 1997). La sarna reduce la calidad comercial de los tubérculos que se utilizan en procesamiento y la calidad sanitaria cuando son usados como semilla. De acuerdo a (Loria, 1997), la sarna está considerada por los agricultores como la cuarta enfermedad más importante en EUA.

- **Síntomas:**

La enfermedad afecta a los órganos subterráneos de la planta. En casos muy severos las plantas detienen su crecimiento y puede causar marchitez (Loria, 1997). Los tubérculos son los más afectados y los síntomas más comunes son:

- a) Pústulas o lesiones levantadas de forma circular, aspecto corchoso, color marrón y entre 5-10 mm de diámetro en la superficie de los tubérculos. Las pústulas pueden unirse y formar superficies afectadas más grandes.
- b) Lesiones hundidas o cavidades semiprofundas.
- c) Lesiones necróticas en forma de figuras poliédricas y/o lesiones necróticas de forma reticular o estrellada.

Figura 11. Tubérculo con síntomas de sarna común

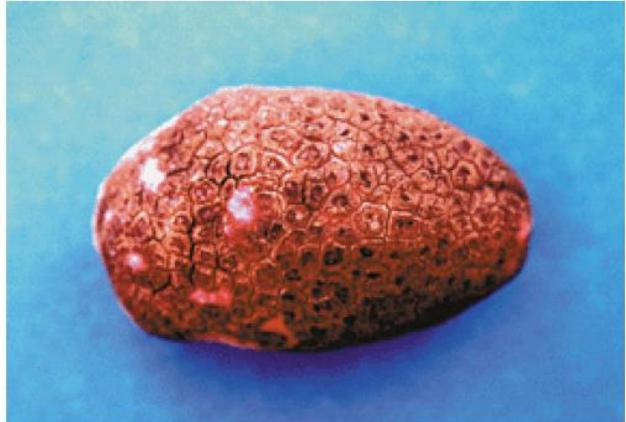


Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

Los diferentes síntomas que muestran los tubérculos de papa, están asociados a la tolerancia o susceptibilidad de las variedades. Los síntomas pueden cubrir el 100% de la superficie de los tubérculos afectados. No se han observado síntomas en el follaje, pero experimentalmente se ha obtenido infección en hojas de papa y otras plantas (Hooker, 1981).

- **Control.**

Figura 12. Tubérculo afectado por sarna mostrando figuras poliédricas superficiales



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

Prácticas culturales. Se recomienda realizar las siguientes prácticas culturales:

- Usar como semilla tubérculos sanos, procedentes de campos sanos.
- Rotar el cultivo con maíz, trigo, cebada, alfalfa. Evitar las rotaciones con plantas hospedantes como: remolacha, betarraga, zanahoria y trébol rojo. *S. acidiscabies* no sobrevive en plantas no hospedantes.
- Mantener el pH del suelo entre 5 a 5.2, utilizando fertilizantes que producen acidez como el sulfato de amonio, especialmente para controlar *S. scabiei*
- Evitar o limitar las aplicaciones de estiércol de ganado vacuno en suelos infestados. El estiércol mantiene la sobrevivencia del patógeno y favorece el desarrollo de *S. scabiei*.

Mantener la humedad del suelo, al nivel de capacidad de campo, desde el inicio de la tuberización hasta 6 semanas después. Evitar los riegos pesados, porque puede proporcionar ambiente favorable para el desarrollo de otras enfermedades.

✓ **Pudrición Negra (*Rosellina spp.*)**

La enfermedad está presente en las zonas paperas de los 5 continentes, ubicadas en ambientes de clima cálido, húmedo y en suelos con bastante materia orgánica. (Torres, 2002).

Las plantas afectadas se quedan pequeñas, muestran clorosis en las hojas del tercio inferior y necrosis en el cuello de la raíz. Muestran además, marchitez que avanza de abajo hacia arriba hasta una marchitez total. El micelio del hongo causa pudrición de raíces y cubre parcial o totalmente a las raíces y a los tallos de las plantas afectadas, ocasionando la no tuberización. En un campo de cultivo afectado, se observan focos de infección de tal manera que a partir de una planta enferma se infectan otras plantas, debido a que los rizomorfos del hongo avanzan en todas direcciones (Turkensteen, 1981) y se muestran como si enlazaran unas plantas con otras.

- **Síntomas:**

En plantas: Las plantas afectadas se quedan pequeñas, muestran clorosis en las hojas del tercio inferior y necrosis en el cuello de la raíz. Muestran además, marchitez que avanza de abajo hacia arriba hasta una marchitez total. El micelio del hongo causa pudrición de raíces y cubre parcial o totalmente a las raíces y a los tallos de las plantas afectadas, ocasionando la no tuberización. En un campo de cultivo afectado, se observan focos de infección de

Figura 13. Desarrollo miceliano blanco



Fuente: Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en Perú. 2002

tal manera que a partir de una planta enferma se infectan otras plantas, debido a que los rizomorfos del hongo avanzan en todas direcciones (Turkensteen, 1981) y se muestran como si enlazaran unas plantas con otras.

En tubérculos: Cuando se siembran tubérculos sanos en suelos fuertemente infestados y húmedos, estos se recubren de un crecimiento miceliano de color blanco que les causa pudrición y muerte de brotes. En el momento de la cosecha, los tubérculos afectados presentan pudrición y un desarrollo miceliano que los recubre total o parcialmente. Los tubérculos con pudrición, tienen consistencia blanda en suelos húmedos y dura en estaciones secas. Al cortar transversalmente un tubérculo afectado, se observan estrías necróticas formadas por rizomorfos que avanzan de afuera hacia adentro. Las estrías son de color negruzco (Turkensteen, 1981) o blanquecino (Torres M. , 1998). Cuando el tubérculo está severamente afectado, la pulpa a partir del anillo vascular, se separa del resto del tubérculo.

- **Control**

Prácticas culturales: Se recomienda realizar las siguientes prácticas culturales:

- Usar como semilla tubérculos sanos, procedentes de campos sanos.
- Evitar sembrar papa en suelos infestados.
- Mejorar el drenaje de los suelos incorporando materia orgánica, para evitar la acumulación de agua.
- Mantener los campos limpios de material leñoso y libre de malezas. El hongo se propaga en todo material leñoso que se encuentre en el suelo y se mantiene en las raíces de malezas.
- Quemar todos los residuos de plantas infectadas.

Figura 14. Sección de un tubérculo enfermo



Fuente: Manual de las enfermedades más

Control químico: Aplicaciones de metano de sodio y/o pentacloronitrobenceno, reducen la incidencia de la enfermedad. (Turkensteen, 1981).

5.1.10. Variedad Calwhite

Es una variedad de madurez precoz. Produce un buen promedio de tubérculos uniformes en tamaño y forma. Tiene un potencial de producción en peso fresco alto y materia seca lo cual la hace adecuada para el consumo fresco o para el proceso de deshidratación. Liberado en 1997 por Universidad de California sin PVP (University of California Vegetable Research and Information Center).

Características de tubérculo:

Forma: Largo, ovalado.

Yemas: Superficiales o medianamente profundas.

Piel: Blanca.

Cáscara: Blanca.

Pulpa: Blanca.

Gravedad específica: Mediana.

Dormancia: Corta.

Uniformidad: Mediana.

Otras: Resistente a “corazón hueco”, moderadamente resistente a necrosis interna, manchas negras, rajado durante el crecimiento y sarna común. Muy susceptible a la brotación por calor.

Características de la planta:

Emergencia y crecimiento inicial: Rápido.

Tamaño/Forma: Porte mediano a largo, semirecta a postrada.

Flor: Blanca.

Madurez: Precoz a medianamente precoz.

Hojas: Verde moderado.

Figura 15. Tubérculos de variedad Cal White



5.2 TRICHODERMA SPP

Trichoderma spp., es un hongo anaerobio facultativo, que se encuentra de manera natural, en suelos y otros tipos de medios; se caracteriza por tener un comportamiento saprófito o parásito, propiedades que benefician su actividad antagónica (H. C. , 2005). Se conoce que existen más de 30 especies alrededor del mundo. (FIA, 2008). Las especies del genero *Trichoderma* presenta conidióforos complejos altamente ramificados en forma piramidal o cónica dando

Figura 16. Cepas de Trichoderma spp., purificadas en laboratorio



Fuente: Biocontrol mechanism of Trichoderma strains. International Microbiology. 2004
origen a esterigmas, con extremos ahusados.

Las especies de *Trichoderma* han sido investigadas como agentes de control biológico debido a su alta capacidad reproductiva, habilidad para sobrevivir bajo condiciones ambientales desfavorables, eficiencia en la utilización de nutrientes, capacidad para modificar la rizósfera, fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos y eficiencia en promoción de crecimiento en plantas e inducción de mecanismos de defensa (Benitez, Rincon, Limón, & Codón, 2004).

5.2.1. Taxonomía y Morfología

Tabla 3. Clasificación Taxonómica *Trichoderma* spp

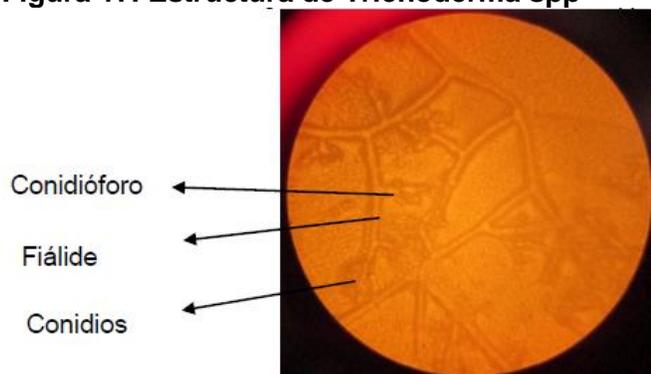
Reino	Fungi
División	Eucomycota
Subdivisión	Eumycota
Clase	Hyphomycetes
Orden	Hyphales
Familia	Moniliaceae
Genero	<i>Trichoderma</i>

Fuente: Wikipedia.

5.2.2. Estructura del género *Trichoderma*

El micelio en su mayoría es ralo, y al observarlo en el microscopio es fino, los conidióforos son ramificados, parecen un árbol pequeño, terminan en fialides donde se forman las esporas asexuales o conidios, de gran importancia para la identificación taxonómica a nivel de especies. Los conidios aseguran las generaciones del hongo durante gran parte del periodo vegetativo de las plantas. Son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucanos. Además de los conidióforos, éstas se pueden producir sobre fialides que emergen directamente del micelio. (Infante, Martínez, González, & Reyes, 2009).

Figura 17. Estructura de *Trichoderma* spp



Fuente: Biocontrol mechanism of *Trichoderma* strains. International Microbiology. 2004

5.2.3. Ventajas del Trichoderma

La herramienta desarrollada fundamentalmente cumple con una función de apoyo al manejo productivo de las explotaciones agrícolas orgánicas, ya que permite controlar algunas enfermedades fungosas como *Botrytis*, *Phytophthora* y *Venturia*, responsables de importantes pérdidas en el campo. Asimismo, protege las raíces de enfermedades causadas por *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, con lo cual permite el desarrollo de sistemas radiculares más fuertes y sanos; como consecuencia, aumenta su capacidad de captura de nutrientes y humedad.

La aplicación de formulados de Trichoderma se inserta en un plan de manejo preventivo y no paliativo de enfermedades, como es el caso de la agricultura convencional; por esta razón su uso es más generalizado en la agricultura orgánica. (Cruzat, Lonannidis, & Consultores, 2008).

Destacan las siguientes ventajas de Trichoderma:

- Es un agente natural, no agresivo con plantas o suelos.
- Aumenta la capacidad de crecimiento de la planta y le confiere mayor resistencia a condiciones de estrés (mayor desarrollo radicular).
- Carece de toxicidad sobre las partes comestibles de los cultivos, asimismo aminora el daño al medio ambiente por la ausencia de químicos persistentes en el suelo.
- Se aplica fácilmente mediante formulación líquida o sólida, pulverizándolo sobre el terreno o sobre la planta; no requiere de equipamiento especial para su aplicación.
- Compatible con otros fungicidas, como el azufre.
- Bajo costo, comparado con productos alternativos (extractos vegetales).
- Compatible con inoculantes de leguminosas; es posible aplicarlo a semillas que han sufrido un tratamiento fungicida químico.
- Disminuye y, en algunos casos, elimina la necesidad de tratar con fungicidas químicos, con lo cual se reducen los costos y el uso de fertilizantes, pues las plantas tienen más raíces y las utilizan mejor.
- Por ser un habitante natural del suelo, su registro comercial suele ser más fácil que el de un producto químico.
- Es considerado un producto no tóxico ni alergénico, no presenta toxicidad en mamíferos y es inocuo para abejas y abejorros.
- El control biológico por microorganismos presenta ventajas como: especificidad, permanencia en el tiempo e inocuidad para el ser humano y el medio ambiente, ya que se realiza con organismos presentes naturalmente en los ecosistemas del país.

- A diferencia del control biológico con insectos depredadores o parásitos, las formulaciones con microorganismos controladores son de más fácil aplicación.

5.2.4. Mecanismo de Biocontrol del *Trichoderma* spp.

Trichoderma como agente de biocontrol genera diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos, estos mecanismos son: competencia por el espacio y nutrientes, el micoparasitismo y la antibiosis (producción de metabolitos). (Infante, Martínez, González, & Reyes, 2009).

- ✓ **Fungistiasis:** Un buen antagonista es capaz de superar el efecto fungistático que resulta de la presencia de diferentes metabolitos producidos por otras especies. Incluyendo plantas, y sobrevive bajo condiciones adversas o competitivas (Benitez, Rincon, Limón, & Codón, 2004). Las cepas de *Trichoderma* sp., crecen rápidamente cuando se inoculan en el suelo ya que son naturalmente resistentes a muchos compuestos tóxicos incluyendo herbicidas, fungicidas recuperándose rápidamente después de ser aplicados estos compuestos (Chet, 1987).
- ✓ **Competencia por nutrientes:** Se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento también conocida como inanición (Chet & Hadar, 1997). El factor esencial para que pueda ocurrir competencia es que exista escasez de un elemento, si hay exceso no hay competencia. La competencia se da por nutrientes, oxígeno o espacio (Infante, Martínez, González, & Reyes, 2009).
- ✓ **Antibiosis:** La antibiosis ocurre durante la interacción de los compuestos difusibles de bajo peso molecular o antibióticos producidos por cepas de *Trichoderma* que inhiben el crecimiento de otros microorganismos. Además las cepas de *Trichoderma* producen metabolitos tóxicos volátiles y no volátiles que impiden colonización por microorganismos antagonizados; entre estos metabolitos, la producción de ácido harzánico, alameticinas, tricholinas, peptaiboles, antibióticos, etc (Howell, 1998).
- ✓ **Micoparasitismo:** Según Harman citado por (López & González, 2004), indica que el micoparasitismo es un proceso complejo, que involucra el crecimiento trófico del agente de biocontrol hacia el hongo objetivo, el enrollamiento mediado por lectina y la adherencia de las hifas en torno al patógeno, finalmente el ataque y disolución de la pared celular de éste por

actividad de las enzimas que puede asociarse por una penetración física de la pared celular.

El ataque directo de un hongo a otro es un proceso muy complejo en donde se involucra eventos secuenciales, incluye reconocimiento, ataque y penetración subsecuente y muerte al huésped. *Trichoderma spp.*, puede ejercer control directo por el rango de parasitismo de hongo, detectando otros hongos y creciendo sobre estos (Benitez, Rincon, Limón, & Codón, 2004). El proceso de micoparasitismo por parte de *Trichoderma* se produce en varias etapas sucesivas. Comienza por el crecimiento quimiotrófico de *Trichoderma* hacia el hospedador con la producción de aminoácidos y azúcares.

Trichoderma se adhieren con carbohidratos unidos a lectinas en la pared celular del patógeno, *Trichoderma* se adhiere, enrosca al patógeno y forma apresorio (C., 2003) (Howell C, 2003), produciendo enzimas hidrolíticas, que facilitan la entrada de la hifa de *Trichoderma* dentro del lumen del hongo parasitado y la asimilación del contenido de la pared celular.

- ✓ **Degradación de pared celular:** La lisis es el mecanismo en el cual intervienen las enzimas hidrolíticas producidas por los microorganismos antagonistas como factores biocontroladores. Se ha observado que *Trichoderma spp.*, produce celulasas, glucanasas y quitinasas que degradan las paredes de microorganismos (Elad & Chet, 1982).
- ✓ **Sinergismo:** El sinergismo entre las actividades de enzimas líticas antibióticas, es la mejor estrategia para ser un buen controlador, además de abrir el campo para posibles cepas transformantes que pueden producir las diferentes enzimas logrando un sinergismo que sea revolante (Benitez, Rincon, Limón, & Codón, 2004).

5.3 EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA

En la experimentación Agrícola, conjuntamente con la adecuada definición de los elementos fundamentales que componen el experimento, la decisión acerca del diseño experimental que deberá ser aplicado constituye uno de los aspectos decisivos dentro de la fase de planificación de las investigaciones.

El diseño experimental como tal puede ser definido como la disposición en tiempo y espacio de las variantes o tratamientos.

Se puede decir también que los diseños experimentales son las formas que se han ideado para arreglar las parcelas y satisfacer las necesidades de cada

experimento, sus objetivos y el cultivo de que se trate. No es más que el esquema de distribución de las variantes en el experimento.

El objetivo fundamental que se persigue al seleccionar el diseño experimental es asegurar condiciones iguales para la comparación de las variantes, eliminando al máximo la variabilidad de la fertilidad del suelo. (Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2009).

5.3.1. Diseño de bloques completos al azar

En este diseño, los tratamientos se asignan aleatoriamente, a un grupo de unidades experimentales denominado bloque o repetición.

El objetivo consiste en mantener la variabilidad entre unidades experimentales dentro de un bloque tan pequeño como sea posible, y maximizar las diferencias entre bloques. Si no hay diferencia entre los bloques, este diseño no contribuirá a la precisión para detectar las diferencias de tratamientos.

Cada tratamiento es asignado el mismo número de veces a unidades experimentales dentro de un bloque, usualmente una vez; pero todos o ciertos tratamientos pueden repetirse dos o más ocasiones dentro de un bloque. Por regla general, es más eficiente tener una sola repetición de cada tratamiento por bloque. A fin de minimizar el error experimental, deben de tomarse todas las precauciones para tratar las unidades experimentales dentro de un bloque lo más uniformemente posible.

Los bloques pueden estar constituidos por áreas compactas de un campo, grupos de animales que pueden manipularse de un modo uniforme, o diferentes tiempos de aplicación de tratamientos a unidades experimentales.

Por lo que respecta a sembradíos, las parcelas de campo adyacentes suelen producir en forma más parecida que aquellos separados por alguna distancia. Los bloques se pueden mantener compactos, disponiendo las parcelas, usualmente de forma larga y estrecha, cercanas unas a las otras. El número de tratamientos debe ser el menor posible; no obstante, debe ser suficiente para lograr los objetivos del experimento. Cuando el tamaño del bloque aumenta, se incrementará la variabilidad dentro de éste. No es necesario que cada bloque sea de la misma forma; pero en los experimentos de campo con sembradíos, esto es normalmente deseable, puesto que las diferencias en las formas de los bloques generalmente incrementan la variabilidad dentro del bloque.

Después de que las unidades experimentales han sido agrupadas en los bloques deseados, los tratamientos se asignan aleatoriamente a las unidades dentro de cada bloque, con una distribución aleatoria hecha para cada bloque.

5.4 SIEMBRA Y CULTIVO IN VITRO DE MICROORGANISMOS

Sembrar o inocular es introducir artificialmente una porción de muestra (inóculo) en un medio adecuado, con el fin de iniciar un cultivo microbiano, para su desarrollo y multiplicación. Una vez sembrado, el medio de cultivo se incuba a una temperatura adecuada para el crecimiento.

Las reglas fundamentales para efectuar la siembra exigen:

- Que se efectúen asépticamente
- Que los medios de cultivo y el instrumental a utilizar estén esterilizados
- Que se realicen solo los manipuleos indispensables
- Que se trabaje fuera de toda corriente de aire. De ser posible utilizando un mechero o bien Flujo laminar.

Existen diferentes tipos de siembra de acuerdo al medio utilizado y los requerimientos del microorganismo a estudiar.

VI. HIPÓTESIS

6.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La utilización de *Trichoderma harzianum* promueve el desarrollo vegetativo del cultivo de papa en diferentes condiciones de manejo.

6.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Al menos una de las cepas de *Trichoderma harzianum* utilizadas promueve el desarrollo vegetativo del cultivo de papa en diferentes condiciones de manejo.

6.3 HIPÓTESIS NULA

Ninguna de las cepas de *Trichoderma harzianum* utilizadas promueve el desarrollo vegetativo del cultivo de Papa en diferentes condiciones de manejo.

VII. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en 3 ubicaciones: el Centro Experimental Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería (CEA-UNI), ubicado en la comunidad “Santa Clara” de la comarca “Las Cortezas”, en el municipio de “Tisma”, departamento de Masaya, localizado entre las coordenadas geográficas: 86° 8' y 86° 1' longitud oeste; 13° 7' y 13° 29' latitud norte, a una altura entre 40 y 60 msnm; el Campo Agropecuario de la UNAN-LEON, ubicado en el municipio de León, localizado entre las coordenadas geográficas 86°51' oeste y 12°24' norte a 100 msnm aproximadamente y el centro experimental Finca Las Mercedes de la UNA ubicado en el municipio de Managua, localizado en las coordenadas 86°10' oeste y 12°09' norte a 60 msnm.

7.1.1. Macrolocalización

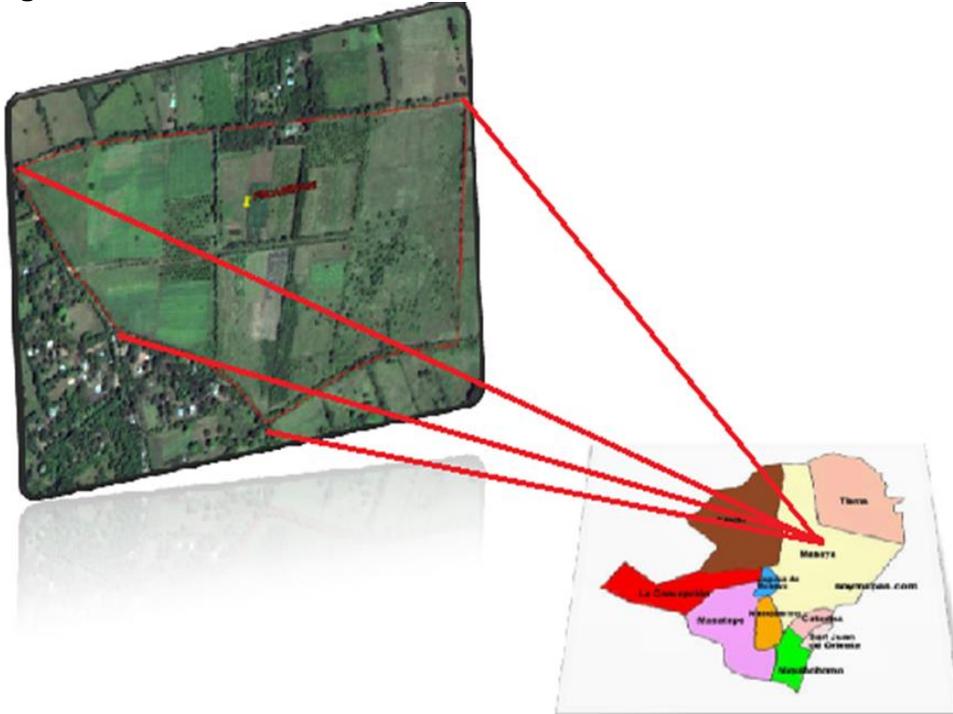
Figura 18. Macrolocalización



Fuente: Elaboración propia basado en Google Maps

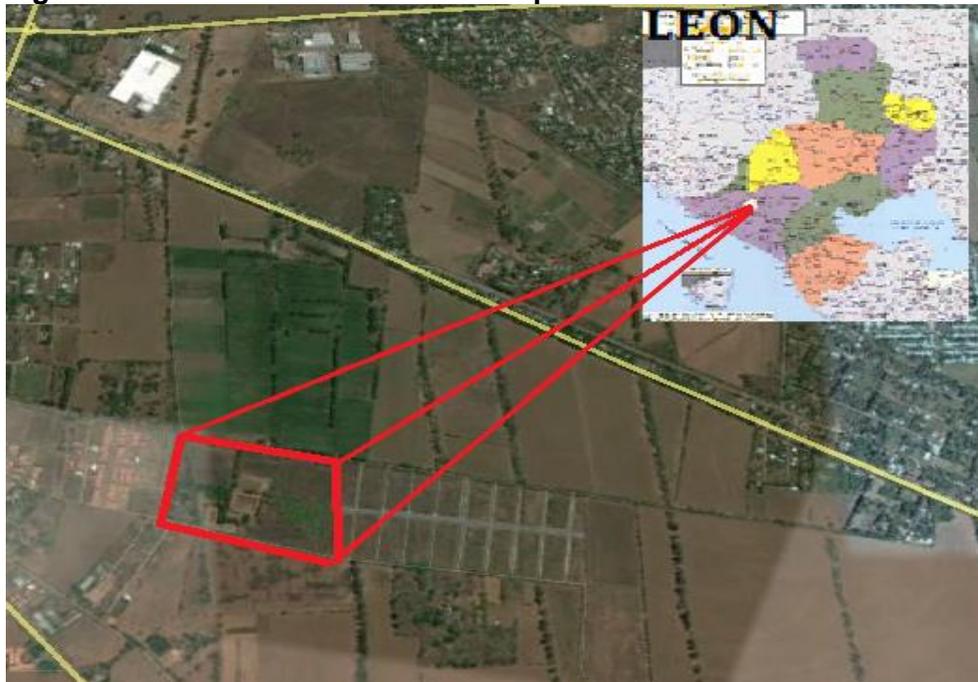
7.1.2. Microlocalización

Figura 19 Microlocalización CEA-UNI



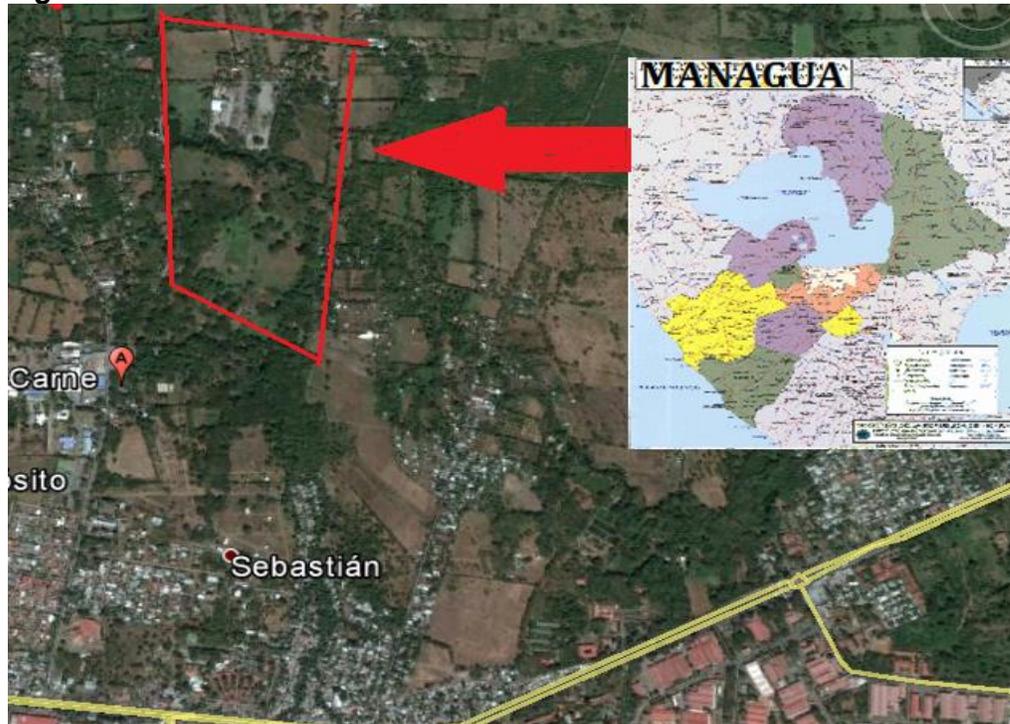
Fuente: Elaboración propia basado en Google Earth

Figura 20. Microlocalización centro experimental UNAN-LEON



Fuente: Elaboración propia basado en Google Earth

Figura 21. Microlocalización Finca Las Mercedes UNA



Fuente: Elaboración propia basado en Google Earth

7.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El paisaje de Tisma se identifica por su clima de trópico Sub-húmedo, con veranos cálidos, húmedos e inviernos fríos con fuertes precipitaciones que van de 1,100 - 1,300 mm anualmente, la fisiología corresponde a terrenos de 0-200 msnm (INETER, 2012).

El clima de Managua se caracteriza como tropical de sabana, con una prolongada estación seca y altas temperaturas que oscilan entre 27° y 32° , con precipitaciones medias de 1125 mm de agua (INETER, 2012)

El municipio de León tiene un clima tropical de sabana con una pronunciada estación seca con una temperatura que oscila entre 27° y 30° con una precipitación media de 1200 mm de agua (INETER, 2012).

7.3 MUESTREO DEL SUELO

Situados en el área establecida en el CEA-UNI se realizó un muestro al azar y se recolectaron muestras, a las cuales se le realizo análisis en laboratorio; asimismo se extrajo una muestra inalterada de la superficie del terreno a través de un cilindro de volumen conocido, los muestreos fueron realizados únicamente en el

CEA-UNI. En los demás centros experimentales no se realizó el muestreo de suelos.

7.4 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO

La realización del análisis físico-químico del suelo se llevó a cabo en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Tecnología de la Construcción, donde recurriendo a los procedimientos pertinentes se determinó las siguientes propiedades:

Tabla 4. Propiedades Físicas y Químicas del suelo

Propiedades Físicas	Propiedades Químicas
Densidad Aparente	Potencial Hidrógeno (pH)
Densidad Real	Conductividad Eléctrica (CE)
Capacidad de Campo	Materia Orgánica
Punto de Marchitez Permanente	Fosforo Disponible
Textura	
Porosidad	

Fuente: Guía de laboratorios de fundamentos de suelos UNI. 2012

7.5 MANEJO AGRONÓMICO

7.5.1. Preparación del terreno

En el CEA-UNI una vez seleccionada el área de estudio se procedió a limpiar; para roturar el suelo se utilizó tracción mecánica, realizando un pase de arado y 2 pases de grada, esta labor se llevó a cabo un mes antes de la siembra.

En la Finca Las Mercedes se utilizó un sustrato de 25 cm de altura compuesto de suelo y compost, construyendo terrazas para el cultivo.

En la UNAN-LEON se realizó de forma manual con pala y azadón removiendo el suelo a unos 30 cm de profundidad.

7.5.2. Surqueo

En el CEA-UNI la distancia entre surcos fue de 1 m y 2 m dependiendo de la disposición de los tratamientos y su longitud de 2 m, una vez finalizada esta labor se aplicó un pre-riego abundante para llevar el suelo a capacidad de campo

En la finca las mercedes se construyeron camellones de 1.25 metros de ancho por 4 metros de largo, con 2 surcos por camellón a 0.40 metros

En la UNAN-LEON, se construyeron camas de 1.1 metros de ancho por 8 metros de largo con una separación de 60 cm entre cama, se construyeron un total de 3 camas.

7.5.3. Desinfección del suelo

En el CEA-UNI se realizó dos tipos de desinfección: La primera con un tratamiento tradicional con agroquímico (CUPRIMICIN 20 SP) y la segunda con un controlador biológico (*Trichoderma harzianum*).

En la Finca Las Mercedes antes de realizar la siembra se solarizó el sustrato. La solarización consistió en la desinfección del suelo con ayuda del sol; también 3 días antes de realizar la siembra se aplicó *Trichoderma harzianum*.

En el CEA-UNAN también se usó un sustrato solarizado y se aplicó 3 días antes de la siembra *Trichoderma harzianum*.

7.5.4. Fertilización

En el CEA-UNI una vez construidos los surcos, se realizó una fertilización base de 18-46-0 y 0-0-60 (muriato de potasio) en una proporción de 82 gr (51 gr y 31 gr respectivamente) por cada surco. Aplicado el fertilizante al fondo del surco se cubrió con una pequeña capa de tierra. Esta aplicación de fertilizante se realizó 3 días antes de la siembra.

Se aplicó una segunda fertilización 30 DDS esta vez con una mezcla de Urea 46% y Muriato de potasio 0-0-60, se aplicó a un costado del surco y luego se cubrió a través de aporque.

En la finca Las Mercedes se aplicó humus de lombricultura utilizando fertirriego antes de la siembra y 30 días después de la siembra.

En la UNAN-LEON se aplicó también humus de lombricultura de forma edáfica antes de la siembra y 30 días después de la siembra. También se utilizó Bocashi.

7.5.5. Siembra

En el CEA-UNI se procedió a identificar cada una de las parcela con su respectivo rotulado, cada estaca se rotuló con la abreviatura del tratamiento aplicado. 3 días después de ser aplicado el fertilizante, se depositó la semilla de papa en el surco a una distancia de siembra de 25 cm alcanzando en promedio 7 tubérculos-semilla por surco, después con ayuda de un azadón se tapó el surco, ya finalizada la

siembra se colocaron los laterales de riego encima del surco y se aplicó riego para favorecer la germinación.

En la finca Las Mercedes se depositó la semilla de papa a una distancia de siembra de 30 centímetros y a una profundidad de 10 centímetros

En la UNAN-LEON se realizó la siembra colocando los tubérculo-semillas a una profundidad de 10 cm y una distancia entre semilla de 30 cm, luego se aplicará riego para favorecer la germinación

7.5.6. Riego

En el CEA-UNI se utilizó riego por goteo convencional utilizando cintas de goteo de 16 mm de diámetro y caudal de 1 lph, conectadas a tuberías de 2 pulgadas abastecidas por un tanque de 5 m³ a 9 m de altura sobre el nivel del suelo.

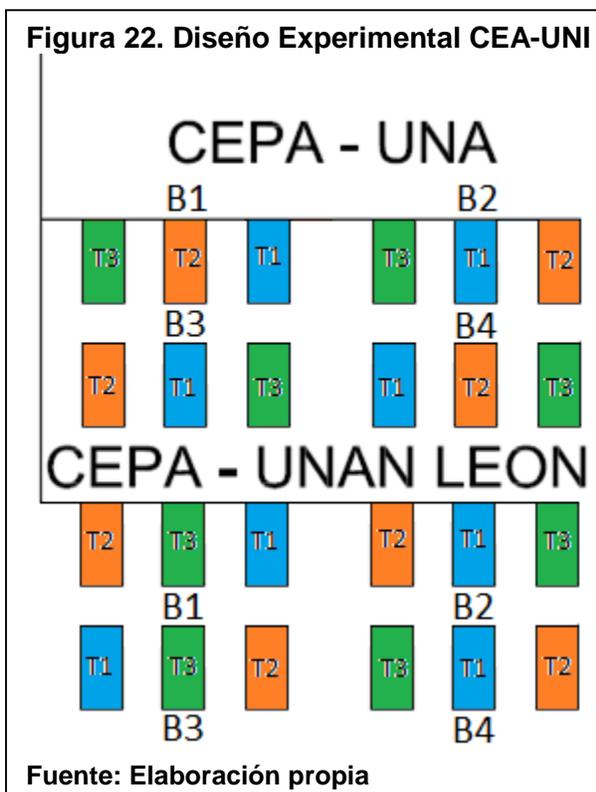
En la finca las mercedes se utilizó riego por goteo artesanal auxiliado de un tanque de agua de 200 litros ubicado a una altura de 1.70 metros de altura sobre una torre hecha de 6 ramas de árbol.

En la Unan-León se utilizó riego por goteo convencional con cintas de 16mm de diámetro y caudal de 1 lph conectadas a la red del centro experimental.

7.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

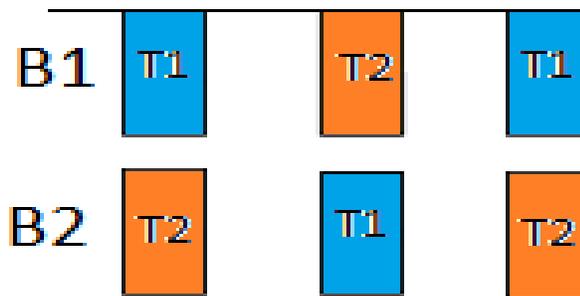
7.6.1. Diseño de bloques completos al azar

En el CEA-UNI el área total de trabajo fue 143 m² (13 x 11 m). El área se dividió en 8 bloques (4 bloques para cada cepa), cada bloque con 3 parcelas de tratamientos se tuvo 2 surcos por parcela de tratamiento con una distancia entre surco de 1 m y 2 metros de longitud. En total se construyeron 24 parcelas lo que corresponde a 4 repeticiones de cada tratamiento.



En la Finca Las Mercedes de la UNA, se realizó un diseño de bloques completos al azar pero se dispuso de solo 2 tratamientos (una combinación de las dos cepas y un testigo sin ningún tratamiento).

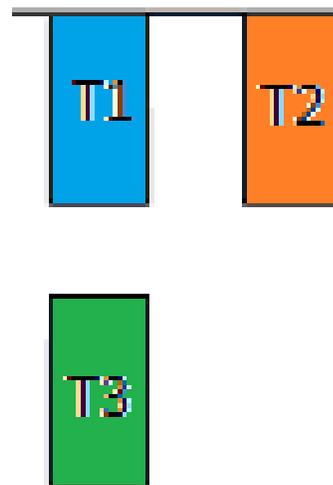
Figura 23. Diseño Experimental UNA



Fuente: Elaboración propia

En el Centro Experimental de la UNAN-LEON se realizó un diseño de 3 parcelas con 3 tratamientos (2 de *Trichoderma harzianum* y un testigo) sin ninguna repetición.

Figura 24. Diseño Experimental UNAN-LEON



Fuente: Elaboración propia

7.7 DOSIS DE LOS TRATAMIENTOS

Tabla 5. Descripción de las dosis en los ensayos

CEA UNI Ensayo 1		CEA UNA Ensayo 2	CEA UNAN León Ensayo 3
T1=Testigo (Cuprimicin 20 SP) 600gr/Ha = 0.24 gr/lt	T1=Testigo (Cuprimicin 20 SP) 600gr/Ha = 0.24 gr/lt	T1=Testigo (Suelo Solarizado)	T1= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA 1 Kg/Ha = 0.4 gr/litro de agua
T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA 500gr/ Ha = 0.2 gr/ litro	T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNAN 500gr/ Ha = 0.2 gr/ litro	T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA + Cepa UNAN-León 1 Kg/Ha = 0.4 gr/litro de agua.	T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNAN-León 1 Kg/ Ha = 0.4 gr/litro de agua.
T3= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA 1 Kg/Ha = 0.4 gr/ litro	T3= <i>Trichoderma</i> Cepa UNAN 1 Kg/Ha = 0.4 gr/ litro		T3=Testigo absoluto

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la fertilización se realizó la aplicación de las diferentes dosis de *Trichoderma*, dicha aplicación se realizó pesando previamente las cantidades del hongo en una balanza de precisión y posteriormente disolviendo el contenido en 2 litros de agua; en la aplicación se utilizó una bomba manual con capacidad de 2 litros. Con cada dosis se tuvo el cuidado de enjuagar el envase de la bomba para evitar contaminación, procediendo a aplicar de primero la dosis más baja y por último la dosis más alta. La aplicación de Cuprimicín 20 SP se realizó luego de aplicar el hongo para evitar que este altere la integridad de la cepa.

Una vez aplicadas las dosis de *Trichoderma* de ambas cepas se cubrió con una capa de suelo y se procedió a regar para mantener el suelo húmedo y asegurar la sobrevivencia del microorganismo.

7.8 VARIABLES DE RESPUESTA

Se tomó en cuenta un grupo de variables en la elaboración de este estudio, todo esto con el fin de obtener datos de cada uno de los tratamientos, los cuales

posteriormente fueron evaluados y comparados. De esta manera se miden distintas variables al momento del desarrollo vegetativo y durante la cosecha.

7.8.1. Variables de desarrollo

- **Diámetro del tallo (mm):** Diámetro de Tallo (mm). La Medición de la variable diámetro del tallo se realizó a los 25 y 50 DDS, las medidas se tomaron en la base del tallo haciendo uso de un vernier.
- **Número de tallos:** Se contabilizó el número de tallos a los 25 y 50 DDS, observando cada planta muestreada con sumo cuidado para evitar daños.
- **Altura del tallo(cm):** Se midió la variable altura de tallo a los 25 y 50 DDS, seleccionando mediante observación el tallo con mayor desarrollo, para este proceso se usó una cinta de medición (centímetro) tomando la longitud desde la base del tallo hasta la yema apical.
- **Numero de hojas:** El total de hojas compuestas de cada planta muestreada se contabilizó manualmente a los 25 y 50 DDS.

7.8.2. Variables de cosecha

Se realizó la cosecha a los 85 DDS y se tomó en cuenta las siguientes variables:

- **Número de tubérculos:** Se inspeccionó cada una de las plantas muestreadas y se contabilizó el número de tubérculos.
- **Diámetro polar (mm):** La medición del diámetro polar se efectuó a lo largo de cada tubérculo de las plantas muestreadas, haciendo uso de un vernier.
- **Diámetro ecuatorial (mm):** La medición del diámetro ecuatorial se efectuó en la zona media alrededor de cada tubérculo de las plantas muestreadas, haciendo uso de un vernier.
- **Peso del tubérculo (gr):** Se tomó el peso de cada uno de los tubérculos de todas las plantas muestreadas haciendo uso de una balanza de precisión.
- **Rendimiento (Kg/Ha):** Para determinar esta variable se promedió el rendimiento (peso total de los tubérculos de cada planta dividido entre el número de plantas) de las plantas muestreadas aleatoriamente y utilizando el marco de plantación y la separación entre surco se calculó el rendimiento por metro cuadrado y luego se proyectó a kilos por hectárea.

7.9 COMPARACIÓN DE MEDIAS

Los datos recopilados de las variables respuesta tomadas en este trabajo de investigación se promediaron utilizando Microsoft Excel 2013; estos datos se sometieron a una comparación utilizando histogramas generados en Excel 2013.

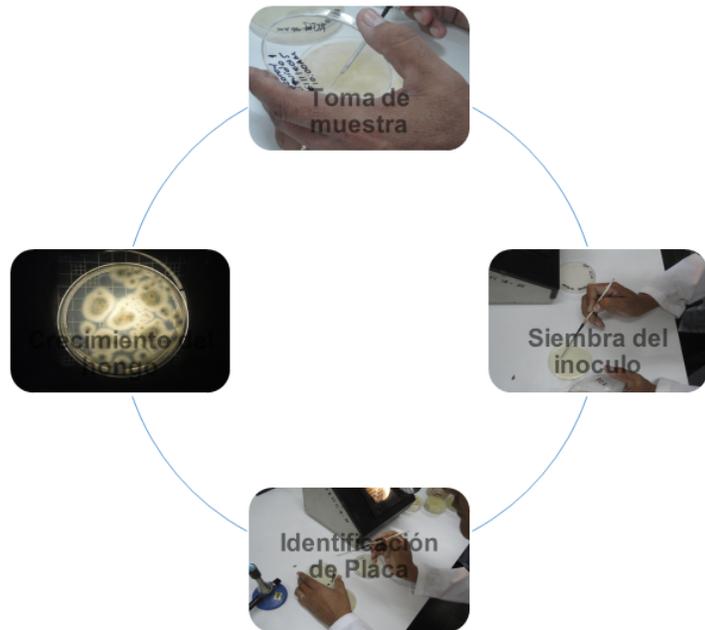
1.10 SIEMBRA Y CULTIVO INVITRO DE MICROORGANISMOS

Se procedió a realizar la siembra de las dos cepas de *Trichoderma* después de la cosecha, se utilizó el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), haciendo la siembra en placas de Petri individuales para comparar la velocidad de crecimiento de cada cepa utilizada. También se hizo la siembra de ambas cepas en un mismo medio para observar comportamiento de crecimiento entre ambas.

Para la siembra y cultivo in vitro del microorganismo, se procedió a realizar el siguiente procedimiento:

- a) Se tomó una pequeña muestra de la cepa (Cepa UNA y Cepa UNAN) con un asa de siembra estéril.
- b) En una placa de Petri de 9 cm de diámetro con medio de cultivo PDA previamente preparado se colocó la muestra de la cepa.
- c) Se identificó cada placa y se colocó en una incubadora con ambiente controlado con temperatura de 30° C para favorecer el crecimiento de las cepas.
- d) Luego de 72 horas se retiraron las cajas para observar el crecimiento de las cepas de hongos de *Trichoderma*.

Figura 25. Procedimiento para el cultivo invitro de *Trichoderma*



Fuente: Elaboración propia

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO

Para este estudio se determinaron algunas de las características fisicoquímicas del suelo con el fin de obtener información de apoyo para realizar una mejor labor de fertilización y riego, las muestras analizadas fueron obtenidas del área de ensayo del CEA-UNI.

8.1.1 Resultados de análisis fisicoquímico

Tabla 6. Tabla de Resultados CEA-UNI

PROPIEDAD	VALOR	CLASIFICACIÓN
Capacidad de campo (Cc)	51 %	Elevada
Punto de marchitez permanente (PMP)	27.77 %	Alta
Densidad aparente (Da)	1.08 gr/cm ³	Baja
Densidad real (Dr)	2.185 gr/cm ³	Baja
Porosidad (P)	50.74 %	Alta
Textura	Arcilla 29%, Limo 32 %, Arena 39 %	Franco arcilloso
Potencial Hidrogeno (pH)	6.86	Neutro
Conductividad Eléctrica (CE)	0.0775 (mmhos/cm)	No salino
Materia Orgánica (MO)	3 %	Medio

Fuente: Laboratorio de Edafología UNI. La escala de clasificación utilizada por el laboratorio se muestra en Anexos

Según los resultados obtenidos en el análisis de suelo que se realizó a las muestras del CEA-UNI en laboratorio, se observa que en el área del ensayo el suelo posee una capacidad de campo de 51% por consecuencia tiende a ser alta este valor se considera conveniente ya que las variedades modernas de papa son sensibles a la falta de agua en el suelo y reducen su producción si se agota más del 50 % del agua disponible por lo que los requerimientos óptimos del cultivo de la papa oscilarían entre 60-80 % de este valor y el punto de marchitez permanente medio de 27.7 %.

La densidad aparente (Da) se interpreta como baja con un valor de 1.08 gr/cm³, no obstante para el desarrollo del cultivo y la formación del tubérculo es aceptable.

Como muestra la tabla la densidad real (D_r) es baja correspondiente a 2.185 gr/cm³, lo que nos indica un contenido medio de materia orgánica.

La porosidad se encuentra relacionada con las propiedades anteriores, el valor obtenido de 50.74 % muestra que es alta, esto indica que el suelo tiene una buena capacidad de aireación y circulación de agua lo que propicia un buen desarrollo de los tubérculos.

Se observa que es un suelo Franco arcilloso conteniendo 29% de Arcilla, 32 % de Limo y por ultimo 39 % de Arena, los suelos que naturalmente ofrecen menos resistencia al desarrollo de los tubérculos son los más convenientes y los suelos que contienen buena cantidad de arena y arcilla con buen drenaje y ventilación son los mejores. El suelo del área del ensayo presenta características adecuadas para el cultivo de la papa siendo complementado con un buen laboreo del mismo.

El resultado obtenido de la prueba de pH fue de 6.86, según clasificación es suelo neutro y debido a que la papa crece bien entre un rango de 5.2 a 7.5 se puede considerar una medida optima por lo tanto favorece al desarrollo del cultivo, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están fácilmente disponibles.

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo, de acuerdo con el resultado de 0.0775 (mmhos/cm), es un suelo no salino, evitando así problemas de salinización debido al sistema de riego con el que se cuenta.

La materia orgánica se refiere a la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados en el suelo dando lugar al aumento del contenido de nutrientes, es un parámetro muy útil para conocer de forma indirecta la fertilidad del suelo, como se observa en la tabla nuestro suelo se encuentra en un rango medio con un 3 %.

8.2 ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS ARITMÉTICAS

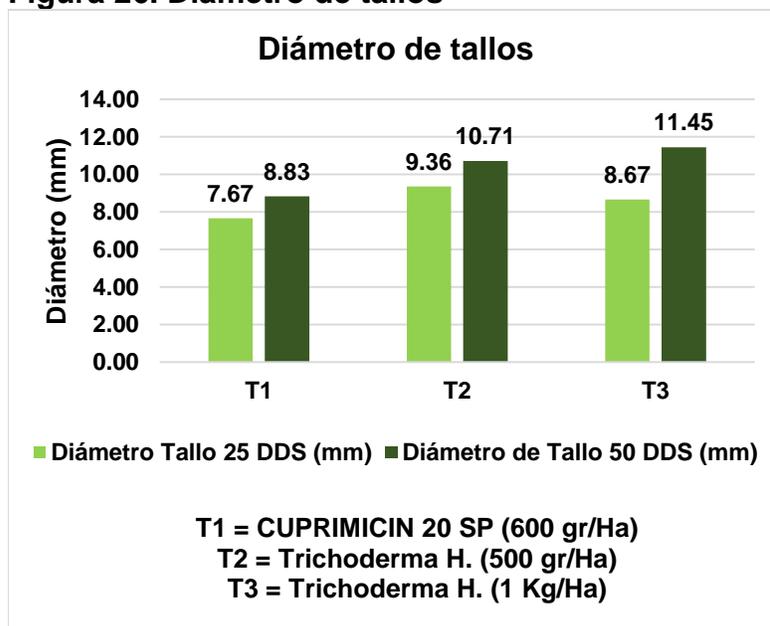
Debido a que en el ensayo realizado en el CEA-UNI se trabajó con 2 dosis de *Trichoderma harzianum* de cada cepa, se hizo una comparación preliminar de estos resultados para posteriormente comparar los mejores resultados de ambas cepas con los demás ensayos.

8.2.1 Resultado de comparación de medias del ensayo CEA-UNI para cepa UNA

ANÁLISIS DE VARIABLES DURANTE EL DESARROLLO

✓ Variable
diámetro del tallo

Figura 26. Diámetro de tallos

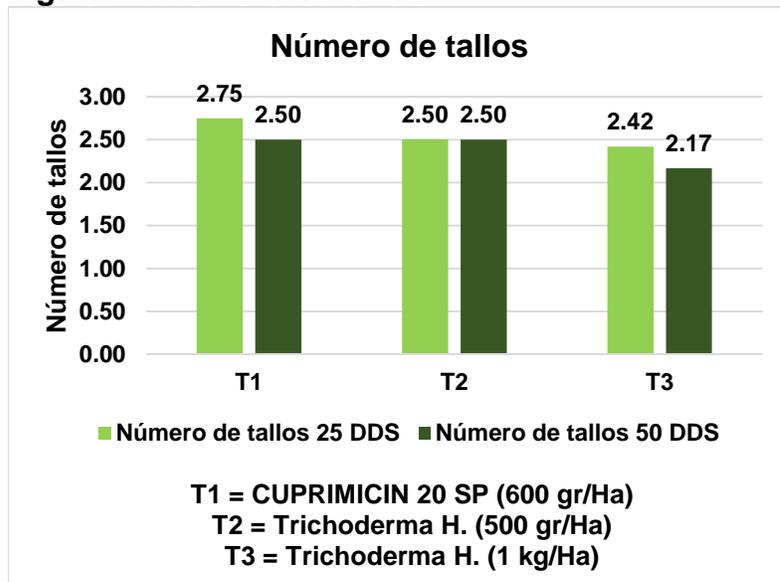


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Diámetro de tallos**, se observa que los tratamientos de *Trichoderma H.* sobresalen con un mayor diámetro de tallo con respecto al T1; siendo el T3 a los 50 DDS el que presenta el mayor diámetro de tallo con 11.45 mm.

✓ **Variable**
Número de tallos

Figura 27. Número de tallos



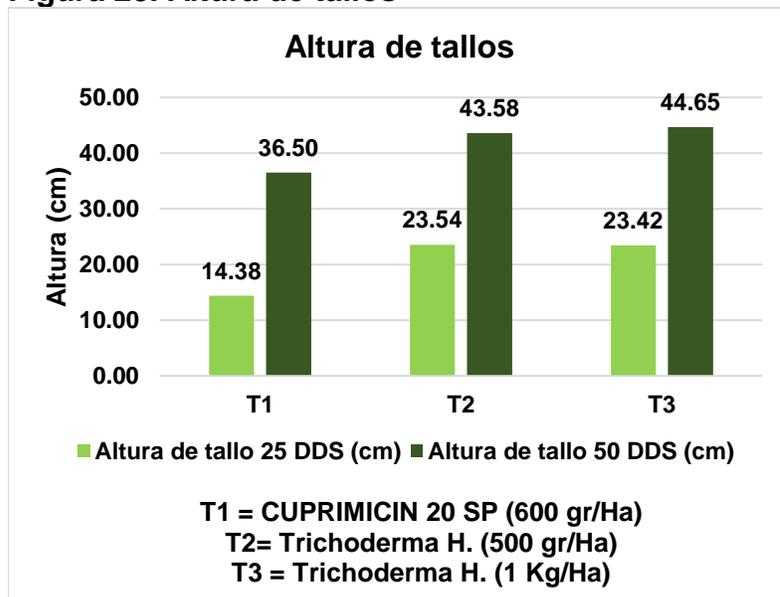
Fuente: Elaboración propia

debido a que en las labores de cultivo algunas plantas recibieron daños mecánicos causando la pérdida de algunos de estos.

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Tallos** se observa que los tratamientos tuvieron un comportamiento similar, sobresaliendo con el mayor número de tallos T1 con 2.75 tallos a los 25 DDS. A los 50 DDS se observa una disminución del número de tallos,

✓ **Variable Altura de tallo**

Figura 28. Altura de tallos



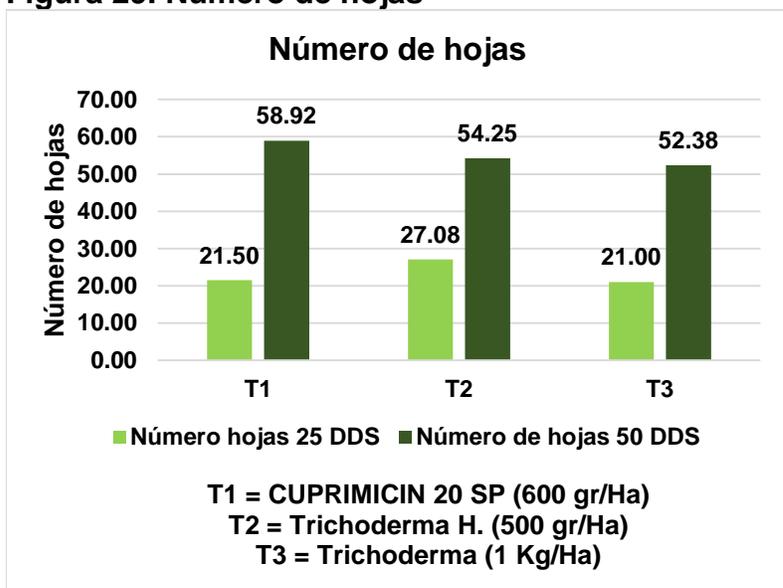
Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Altura de Tallos** los resultados muestran que los tratamientos de *Trichoderma H.* superaron al tratamiento T1, sobresaliendo T3 con

44.65 cm de altura a los 50 DDS.

✓ **Variable**
Número de hojas

Figura 29. Número de hojas



Fuente: Elaboración propia

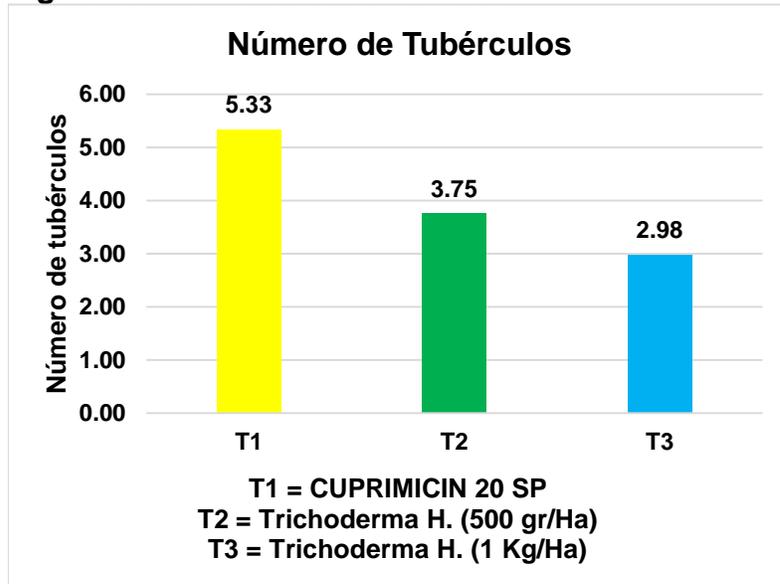
Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Hojas** se observa un comportamiento similar en todos los tratamientos sobresaliendo T1 con 58.92 hojas a los 50 DDS.

Según los resultados obtenidos en las variables de desarrollo medidas a los 25 DDS y 50 DDS se observa que los tratamientos de *Trichoderma H.* promueven el crecimiento durante los 25 DDS ya que en este periodo la diferencia entre ambos tratamientos de *Trichoderma H.* y el tratamiento químico es mayor; a los 50 DDS la diferencia se reduce, esto debido a que el cultivo a finalizado la etapa de desarrollo vegetativo, estando en etapa reproductiva.

ANÁLISIS DE VARIABLES DURANTE LA COSECHA

✓ Variables Número de tubérculos

Figura 30. Número de tubérculos

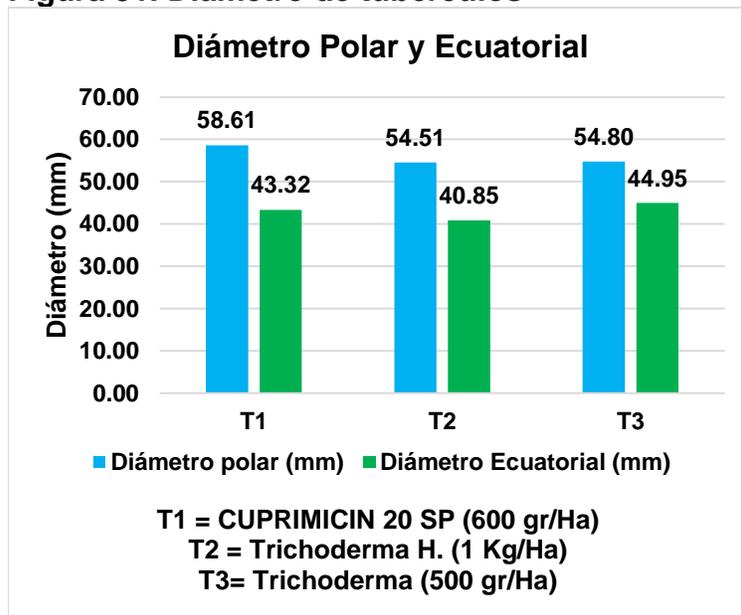


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Tubérculos**, se observó que T1 sobresale con un mayor número de tubérculos frente a los tratamientos de *Trichoderma*, con 5.33 tubérculos por planta.

✓ Variable diámetro de tubérculos

Figura 31. Diámetro de tubérculos

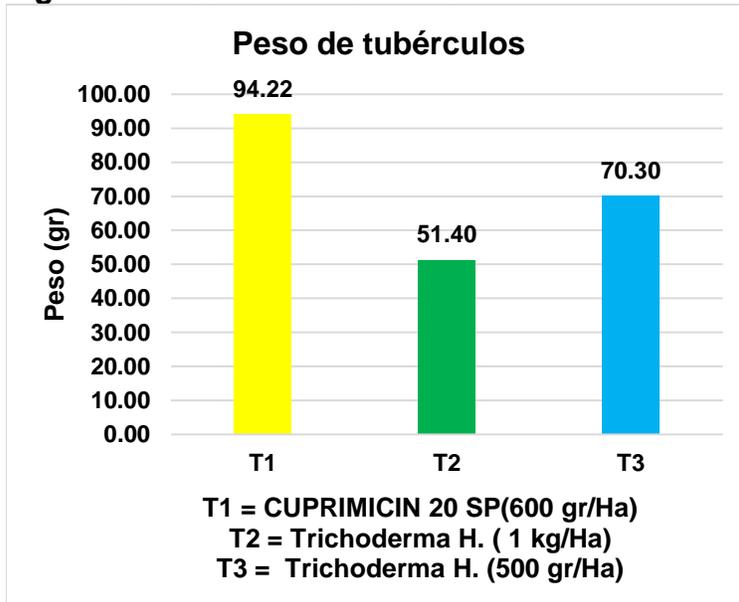


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Diámetro de Tubérculos** se observó un comportamiento similar de todos los tratamientos, sobresaliendo T1 con un diámetro polar de 58.61 mm y un diámetro ecuatorial de 43.32 mm.

✓ Variable **Peso de tubérculos**

Figura 32. **Peso de tubérculos**

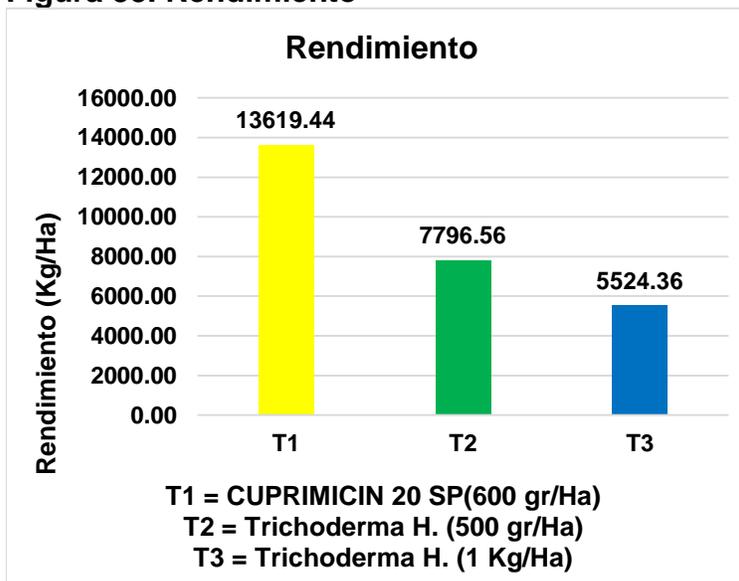


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Peso de Tubérculos**, se observa que el T1 sobresale con respecto a los tratamientos de *Trichoderma H.* con un peso de tubérculos de 94.22 gr.

✓ Variable **Rendimiento**

Figura 33. **Rendimiento**



Fuente: Elaboración propia

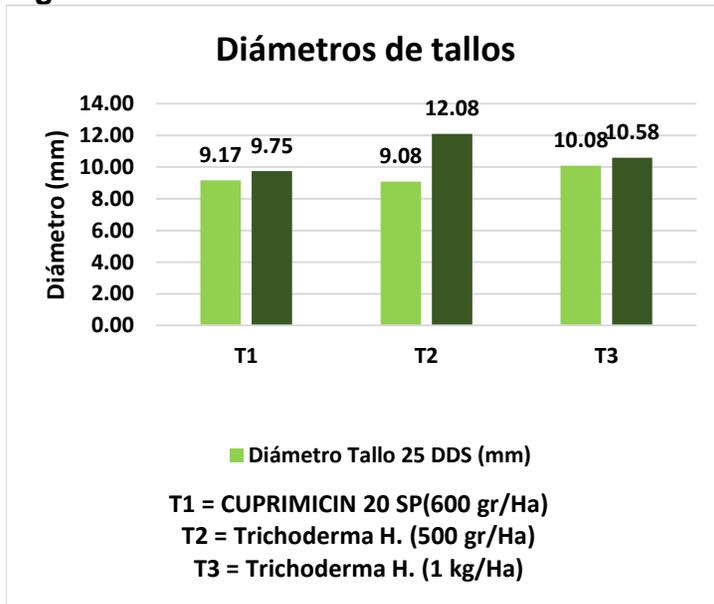
Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Rendimiento**, se observa que el T1 sobresale con respecto a los tratamientos de *Trichoderma H.* con un rendimiento de 13619.44 kg/Ha.

8.2.2. Resultado de comparación de medias del ensayo CEA-UNI para cepa UNAN

ANÁLISIS DE VARIABLES DURANTE EL DESARROLLO

✓ Variable diámetro del tallo

Figura 34. Diámetro de tallos

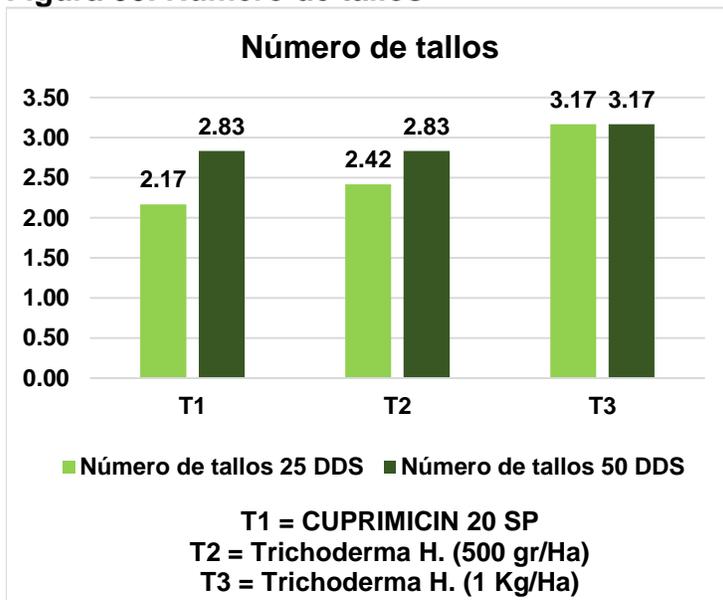


Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Diámetro de Tallos**, los tratamientos de *Trichoderma H.* superaron al T1, siendo T2 el que obtuvo el mayor diámetro de tallos a los 50 DDS con 12.08 mm.

Fuente: Elaboración propia

✓ Variable Número de tallos

Figura 35. Número de tallos

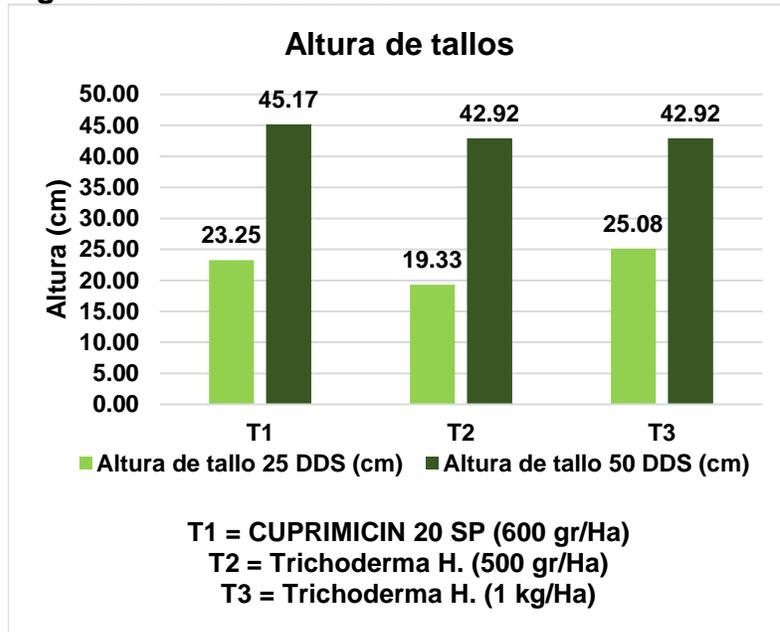


Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Tallos** se observó un comportamiento similar de todos los tratamientos, sobresaliendo T3 con 3.17 tallos por planta a los 50

Fuente: Elaboración propia

✓ **Variable**
Altura de tallo

Figura 36. Altura de tallos

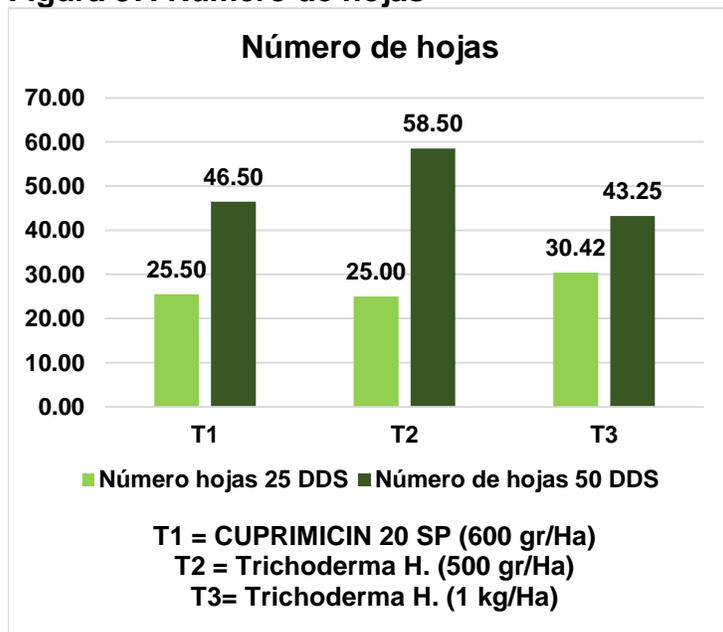


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Altura de Tallos** se observó un comportamiento similar de todos los tratamientos sobresaliendo T1 con 45.17 cm de altura de tallos a los 50 DDS.

✓ **Variable** **Número de hojas**

Figura 37. Número de hojas



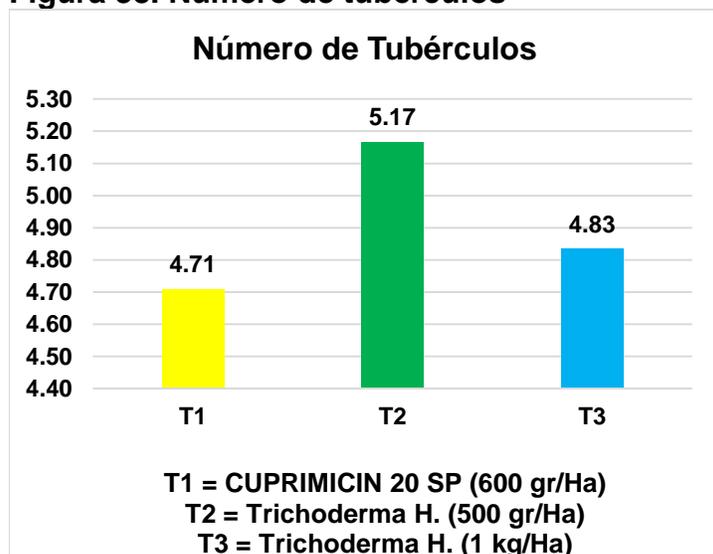
Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Hojas** se observó que T2 sobresale con respecto a los otros dos tratamientos con 58.50 hojas a los 50 DDS.

ANÁLISIS DE VARIABLES DURANTE LA COSECHA

✓ Variables Número de tubérculos

Figura 38. Número de tubérculos

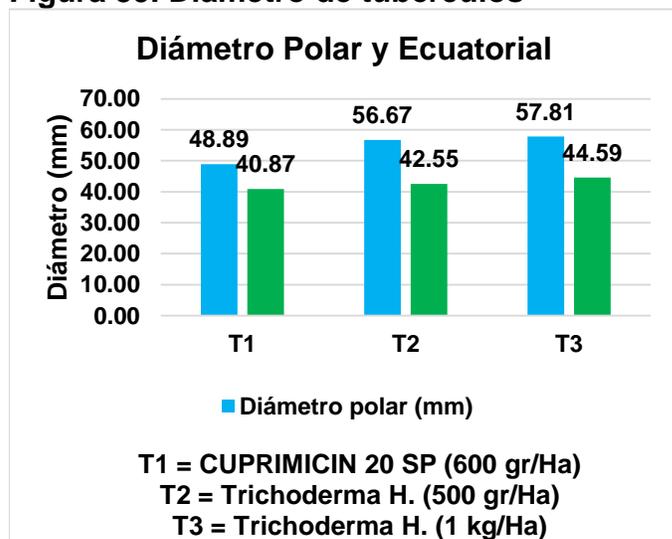


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Tubérculos**, se observa que los tratamientos se comportaron de manera similar sobresaliendo el T2 con 5.17 tubérculos por planta.

✓ Variable diámetro de tubérculos

Figura 39. Diámetro de tubérculos

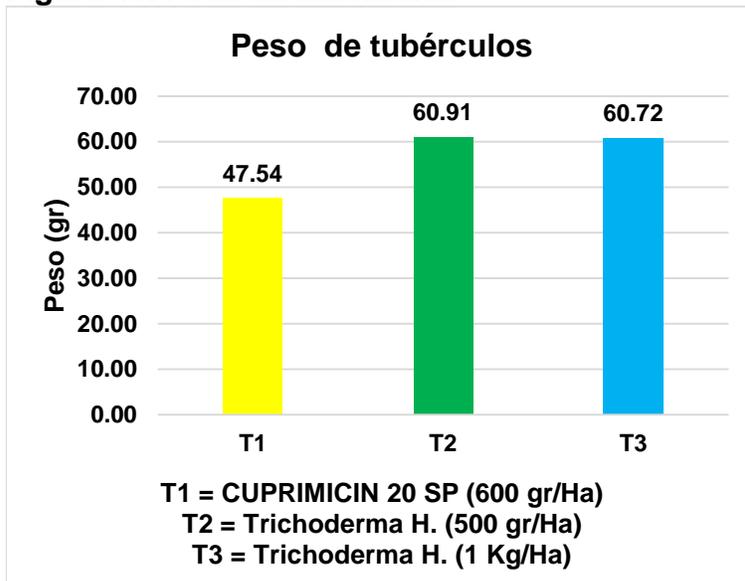


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Diámetro de Tubérculos** se observa que ambos tratamientos de Trichoderma H. poseen un tamaño similar sobresaliendo el T3 con un diámetro polar de 57.81 mm y un diámetro ecuatorial de 44.59 mm.

✓ Variable Peso de tubérculos

Figura 40. Peso de tubérculos

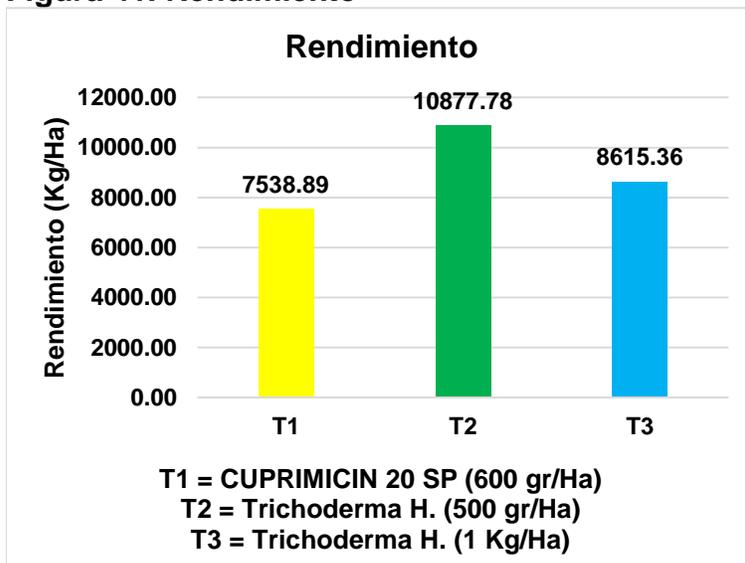


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Peso de Tubérculos** los tratamientos de Trichoderma H. se comportan de manera similar y superan al T1, sobresaliendo T2 con 60.91 gr de peso de tubérculos.

✓ Variable Rendimiento

Figura 41. Rendimiento



Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Rendimiento** los tratamientos de *Trichoderma H.* presentan el mejor resultado en rendimiento que el T1, sobresaliendo T2 con 10877 kg/ha.

8.2.3 Comparación de resultado de medias aritméticas para los 3 ensayos

Para realizar una comparación entre los 3 ensayos, se seleccionó del CEA-UNI 3 tratamientos los cuales correspondieron a los mejores resultados de las variables de desarrollo.

Se seleccionó el tratamiento químico del área del ensayo de la cepa-UNA, se seleccionó el tratamiento 3 de la cepa-UNAN correspondiente a una dosis de 1 Kg/Ha, el cual para esta comparación se renombró como T2 y el tratamiento 2 de la cepa-UNA correspondiente a una dosis de 500 gr/Ha, el cual se renombró como T3.

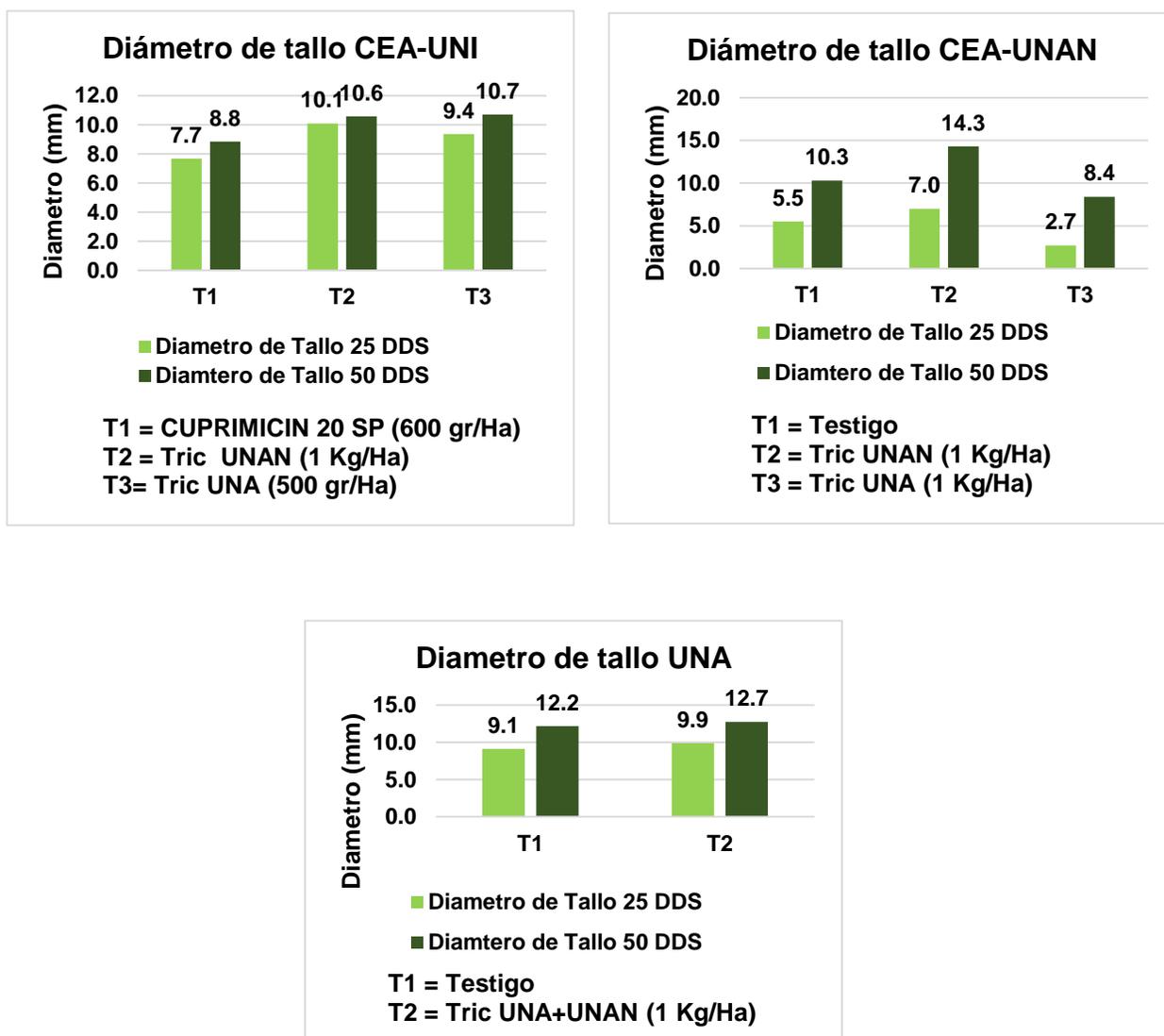
A continuación se detallan los tratamientos en comparación:

Tabla 7. Tratamientos de los 3 ensayos

CEA UNI Ensayo 1	CEA UNA Ensayo 2	CEA UNAN León Ensayo 3
T1=Testigo (Cuprimicin 20 SP) 600gr/Ha = 0.24 gr/lit	T1=Testigo (Suelo Solarizado)	T1= Testigo absoluto
T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNAN 1 Kg/ Ha = 0.4 gr/litro	T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA + Cepa UNAN-León 1 Kg/Ha = 0.4 gr/litro de agua.	T2= <i>Trichoderma</i> Cepa UNAN-León 1 Kg/ Ha = 0.4 gr/litro de agua.
T3= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA 500 gr/Ha = 0.2 gr/ litro		T3= <i>Trichoderma</i> Cepa UNA 1 Kg/Ha = 0.4 gr/litro de agua

✓ Variables de desarrollo

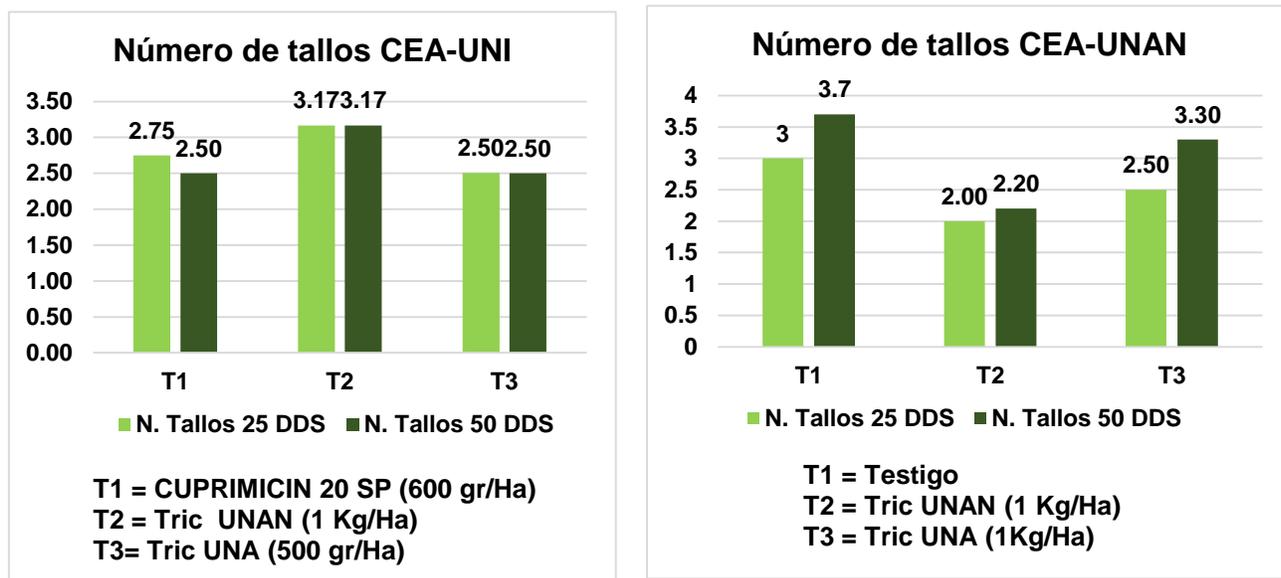
Figura 42. Comparación de variable Diámetros de tallo



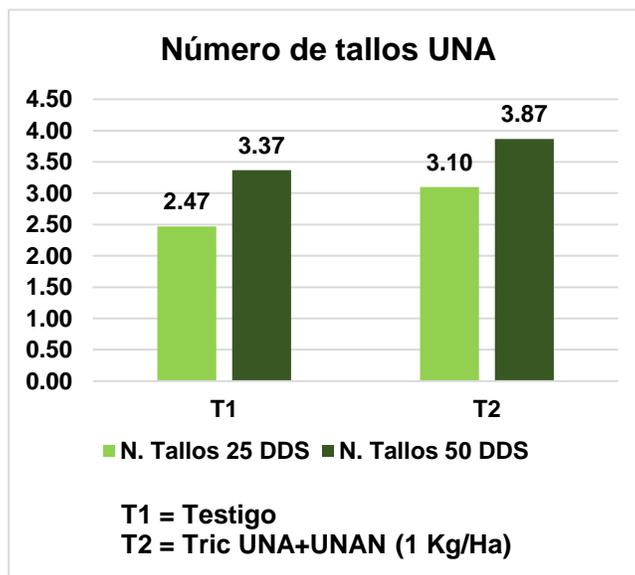
Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Diámetro de Tallo** en los 3 ensayos realizados a los 50 DDS se observó que los tratamientos de *Trichoderma H.* obtuvieron los mejores resultados, en los ensayos de CEA-UNI y CEA-UNAN destacó el T2 y en el ensayo CEA-UNA el tratamiento de *Trichoderma H.* combinado mostró mejor resultado que el T1.

Figura 43. Comparación de variable



Número de tallos

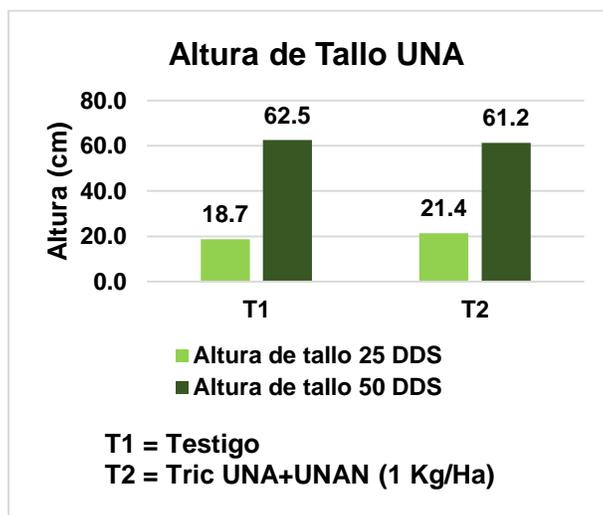
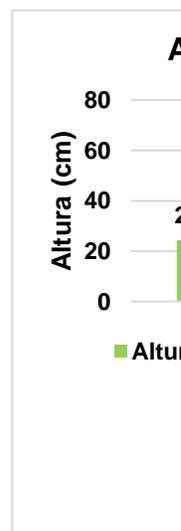
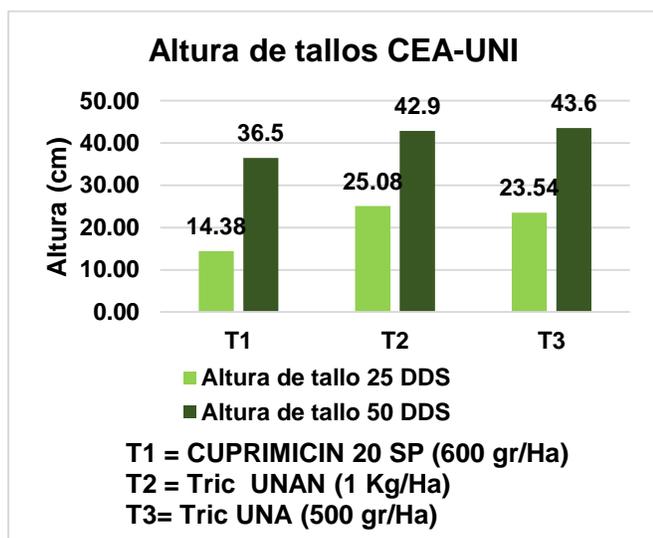


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Tallos** se observó que los tratamientos de *Trichoderma H.* sobresalieron en los ensayos

de CEA-UNI y CEA-UNA, mientras que en el ensayo CEA-UNAN el T1 mostró un mejor comportamiento.

Figura 44. Comparación de variable Altura de tallo

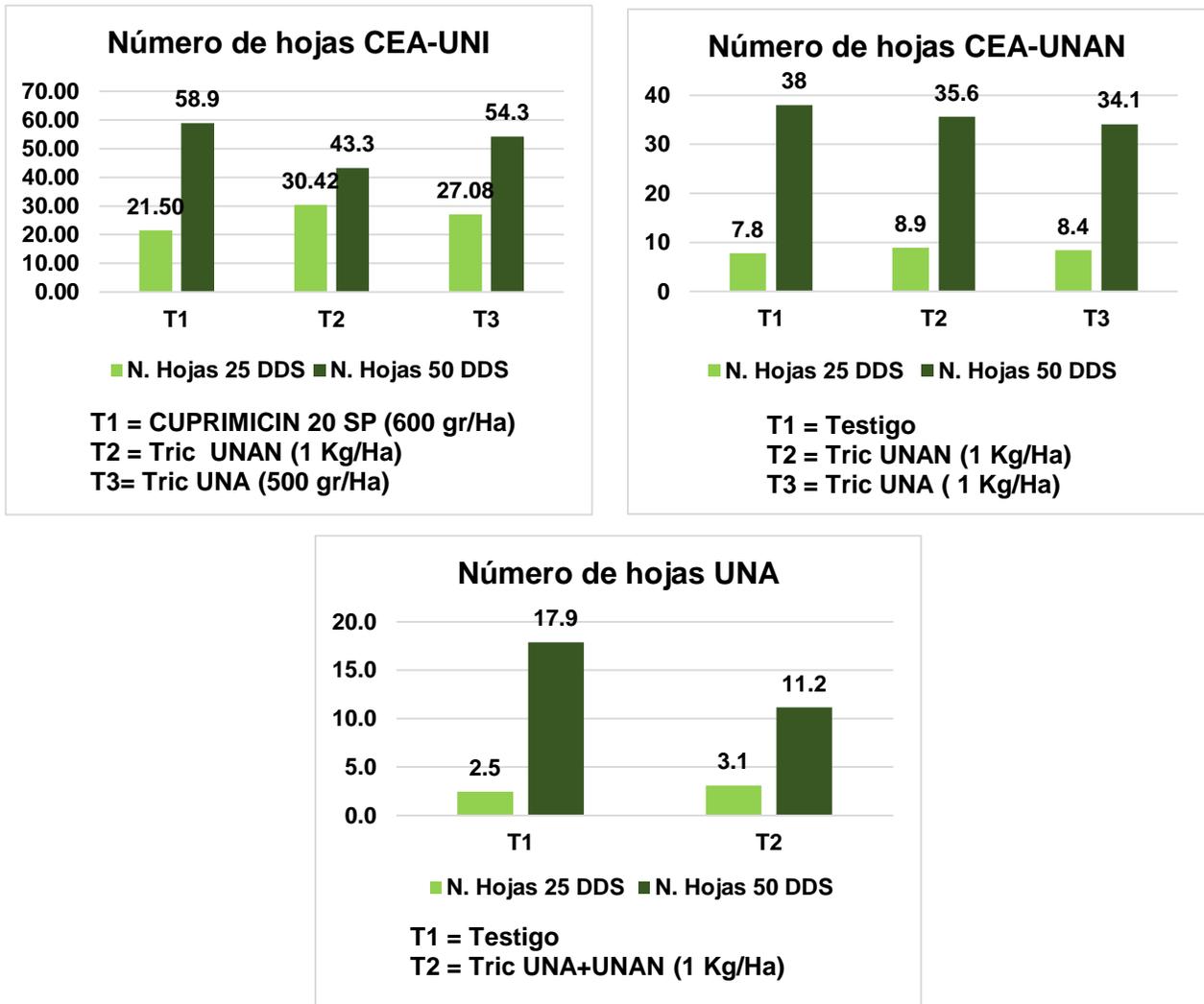


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Altura de Tallo** se observó que los tratamientos de Trichoderma se comportan mejor que el T1,

siendo el T2 el que mejor resultado obtuvo en el ensayo CEA-UNI y CEA-UNAN; mientras tanto el Trichoderma combinado obtuvo resultado similar al T1 en el ensayo CEA-UNA.

Figura 45. Comparación de variable Número de hojas

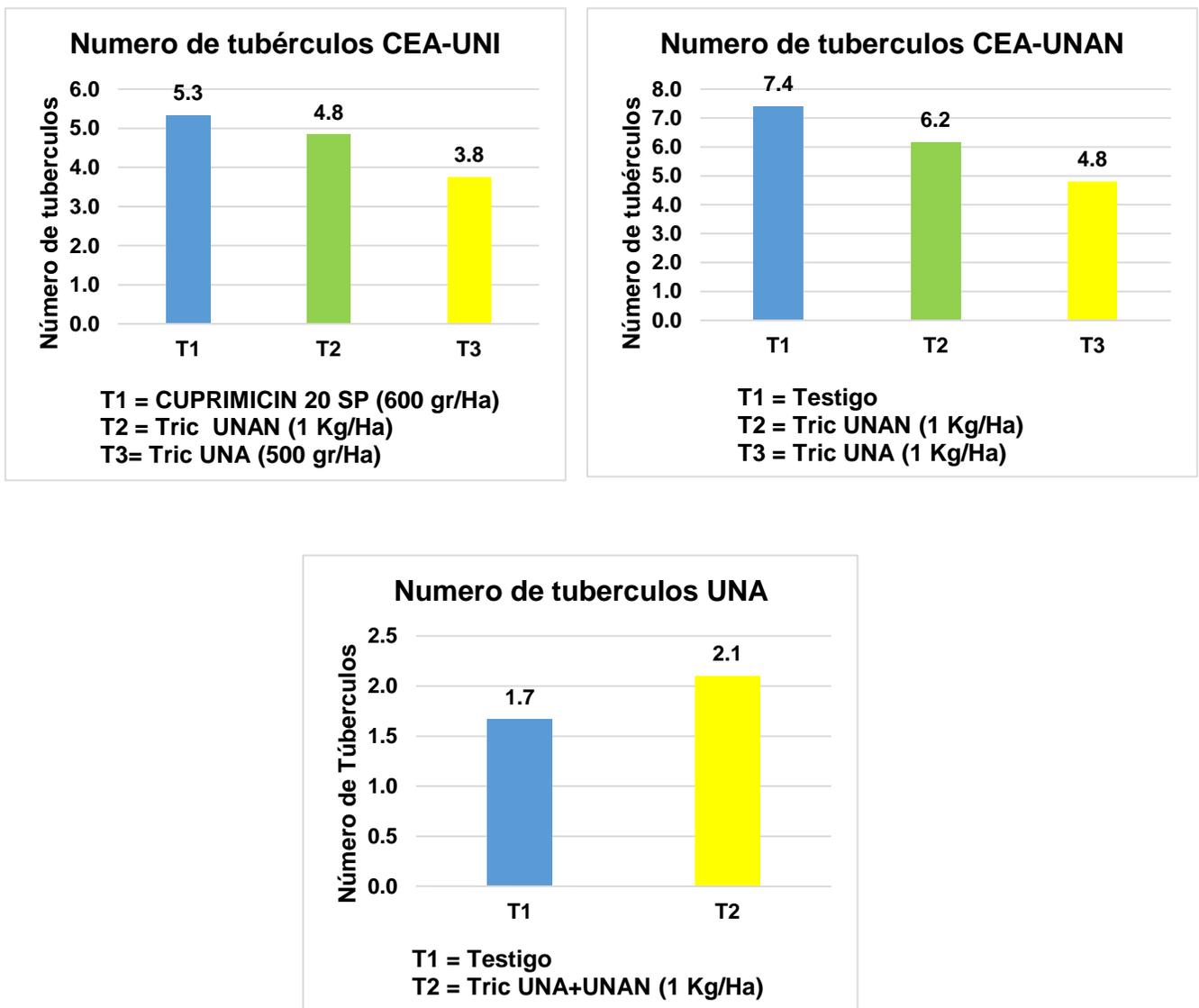


Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Hojas** se observó que el T1 presentó un mejor resultado que los tratamientos de *Trichoderma H.* los cuales tuvieron un comportamiento similar.

✓ **Variables de cosecha**

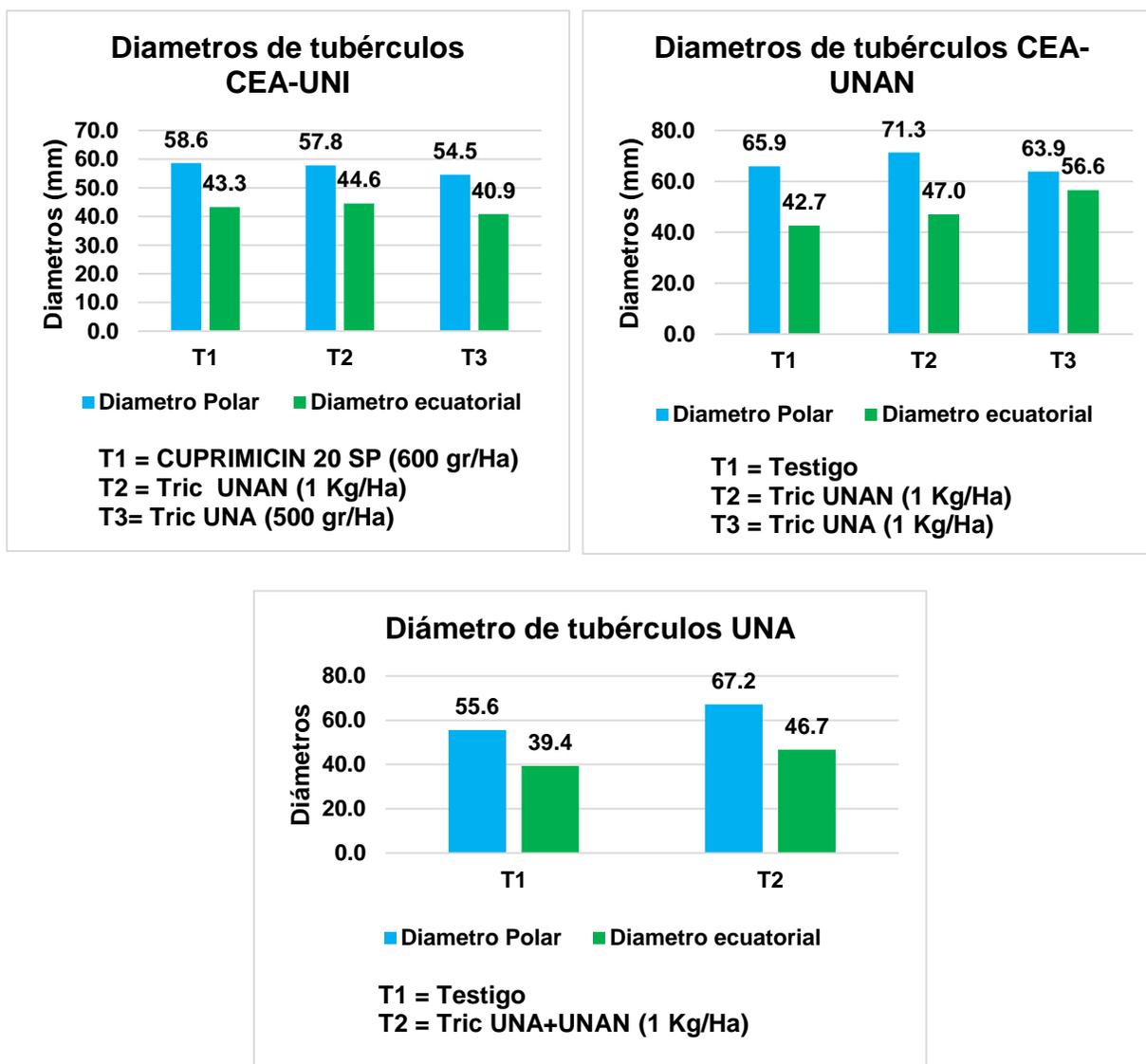
Figura 46. Comparación de variables: Número de tubérculos



Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Número de Tubérculos** se observó que el T1 obtuvo un mejor resultado que los tratamientos de *Trichoderma H.* en el ensayo CEA-UNI y en el ensayo CEA-UNAN mientras que en el ensayo CEA-UNA el tratamiento de *Trichoderma H.* combinado fue el que obtuvo el mejor resultado.

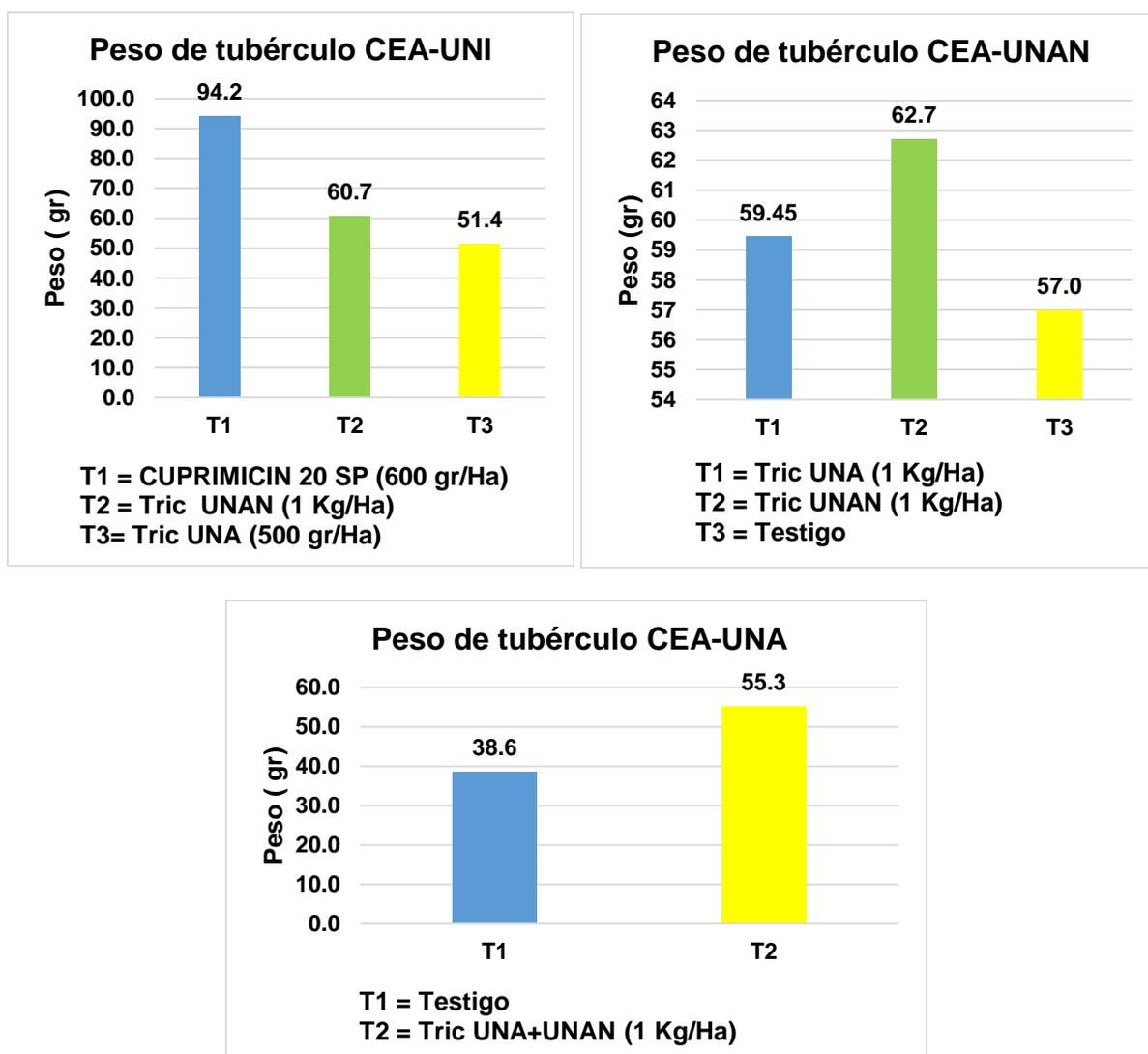
Figura 47. Comparación de variables: Diámetro de tubérculos



Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Diámetro de Tubérculos** todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar en sus respectivos ensayos, en el ensayo CEA-UNI el T1 obtuvo el mayor diámetro polar y el T2 el mayor diámetro ecuatorial, en el ensayo CEA-UNAN se observó que el T2 mostró el mayor diámetro polar y el T3 el mayor diámetro ecuatorial, en el ensayo CEA-UNA el T2 obtuvo los mayores diámetros.

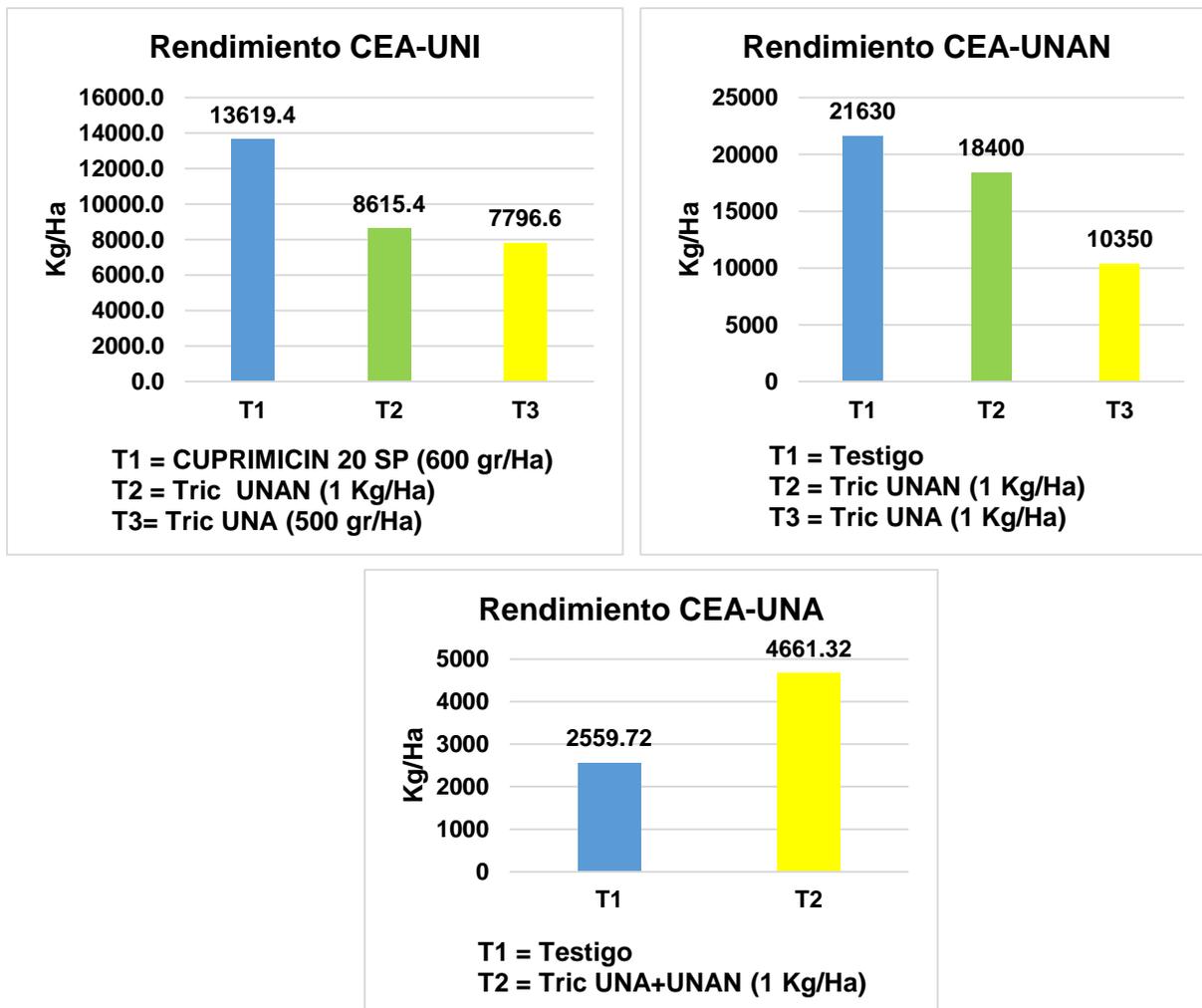
Figura 48. Comparación de variables: Peso de tubérculo



Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable **Peso del Tubérculo** en 2 de los 3 ensayos se mostraron dominantes los tratamientos de Trichoderma H. en el ensayo CEA-UNAN el T2 obtuvo el mejor resultado, en el ensayo CEA-UNA el T2 supero al T1 y en el ensayo CEA-UNI el mejor resultado lo obtuvo T1.

Figura 49. Comparación de variables: Rendimiento



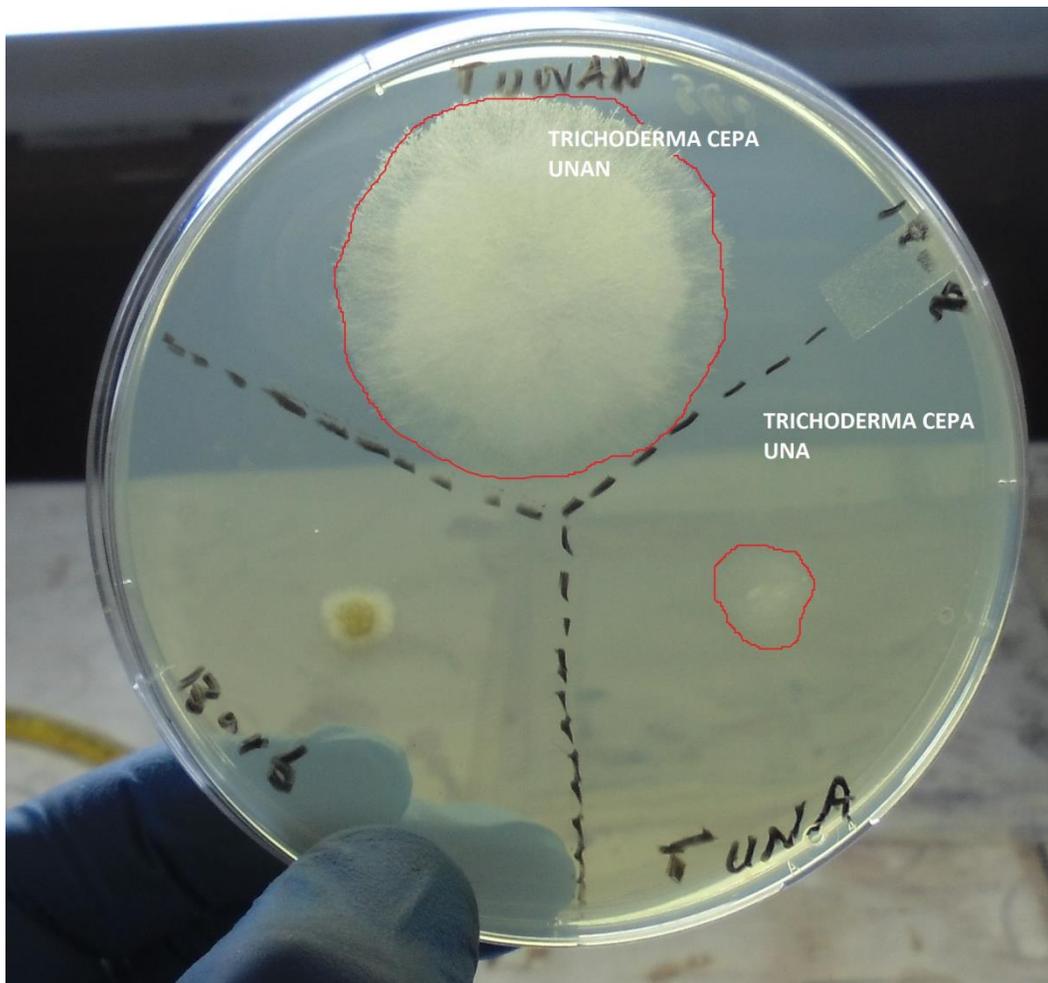
Fuente: Elaboración propia

Al realizar comparación de medias con respecto a la variable de **Rendimiento** en 1 de los 3 ensayos los tratamientos de Trichoderma obtuvieron un mejor resultado, en los ensayos CEA-UNI y CEA-UNAN sobresalió el T1 presentando el mejor rendimiento, mientras que en el ensayo CEA-UNA el tratamiento T2 presento los mejores resultados en rendimiento.

8.3 ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE COLONIZACIÓN DE DOS CEPAS DE TRICHODERMA HARZIANUM A TRAVÉS DE PRUEBAS IN VITRO

Este análisis se realizó entre el 17 y 21 de agosto del 2015 en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería. La prueba consistió en hacer una siembra de las dos cepas de Trichoderma Harzianum en cajas de Petri individuales y también en una misma caja y observar su comportamiento. Se obtuvieron los siguientes resultados:

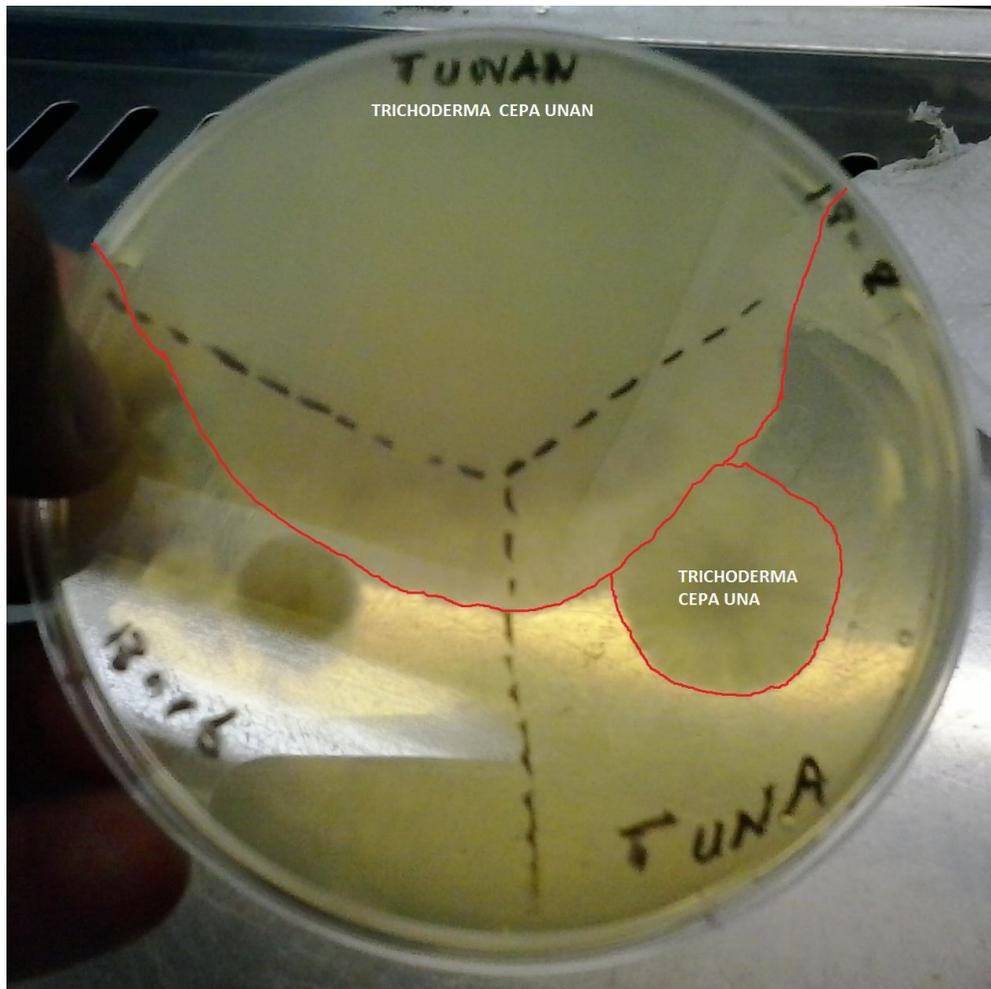
Figura 50. Cepas de Trichoderma Harzianum 24 horas después de sembradas



Fuente: elaboración propia

En esta imagen se puede observar que la cepa UNAN de *Trichoderma Harzianum* presenta un crecimiento más rápido que la cepa UNA, 24 horas después de ser sembradas. La cepa UNA cubre apenas un 7 % del área que cubre la cepa UNAN.

Figura 51. Cepas de *Trichoderma Harzianum* 48 horas después de la siembra

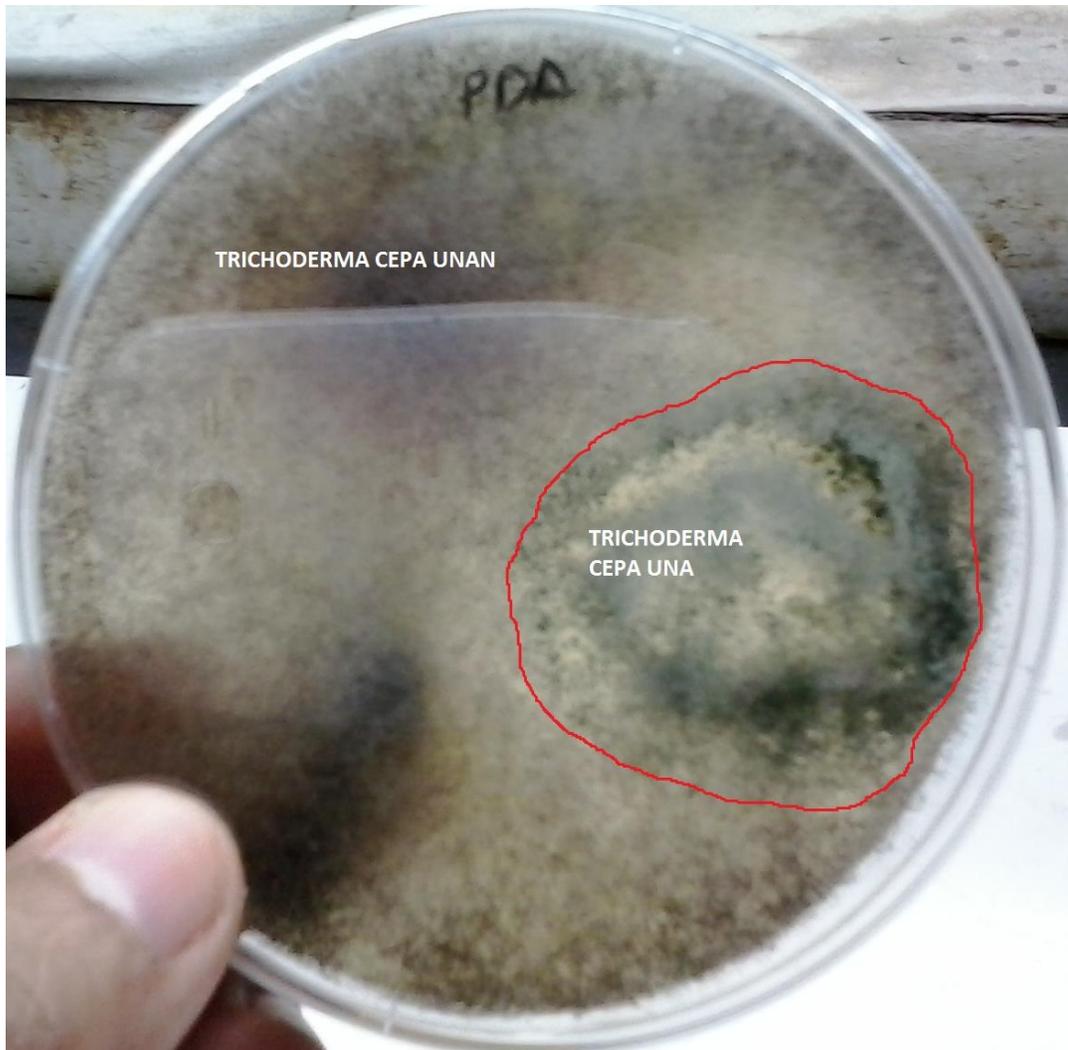


Fuente: elaboración propia

En esta imagen se puede observar que la cepa UNAN continúa con la misma tendencia y su crecimiento en 48 horas supera al crecimiento de la cepa UNA. La cepa UNA cubre un 20% del área que cubre la cepa UNAN aunque también se

puede observar que en la zona en que ambos crecimientos se empiezan a relacionar, la cepa UNAN detiene su crecimiento y cambia su trayectoria de crecimiento.

Figura 52. Cepas de Trichoderma Harzianum 72 horas después de la siembra

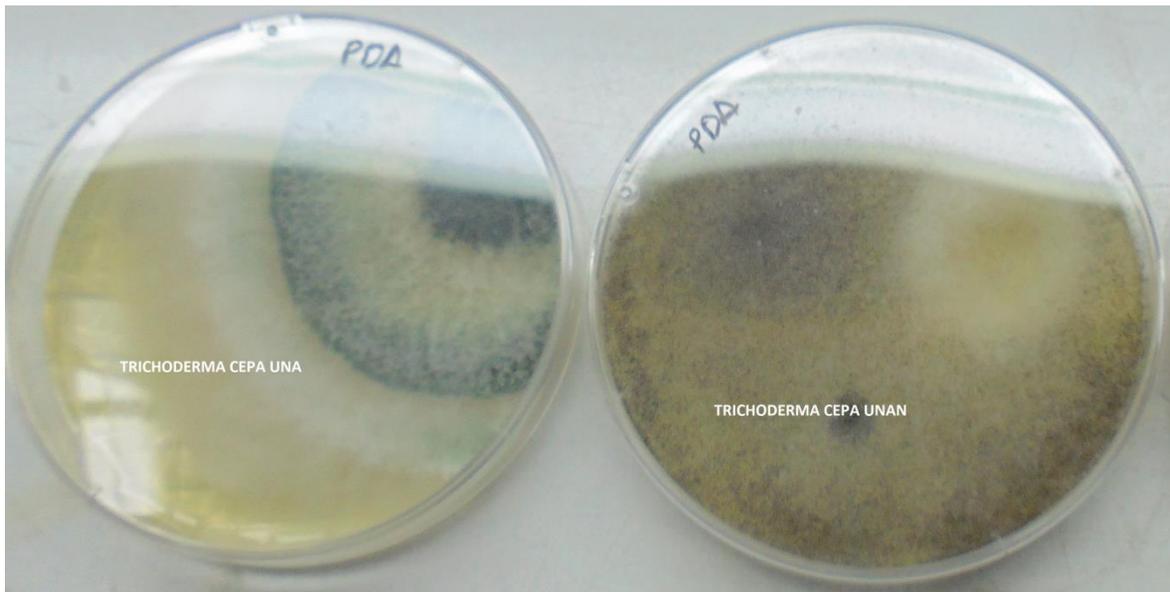


Fuente: elaboración propia

En esta imagen se puede observar otra caja de Petri donde solo se sembraron las 2 cepas de Trichoderma Harzianum. En este caso a las 72 horas después de la siembra ambas cepas ya produjeron esporas y se distinguen debido a su coloración en el caso de la cepa UNAN las esporas son de un color marrón y en la cepa UNA las esporas son de coloración verde oscuro. También se puede

observar como el crecimiento más rápido de la cepa UNAN hizo que esta cubriera una mayor área del medio que la que cubrió la cepa UNA, pero aunque la cepa UNAN crece más rápido que la cepa UNA, esta no es antagónica ya que en la zona que ya se había expandido la cepa UNA el crecimiento de la cepa UNAN se detuvo, lo que provocó un encapsulamiento de la cepa UNA, es decir ambas cepas se detuvieron y ninguna fue capaz de eliminar a la otra.

Figura 53. Cepas de Trichoderma Harzianum 48 horas después de la siembra



Fuente: elaboración propia

En esta imagen se puede observar el crecimiento de las dos cepas en cajas individuales. Al igual que en el ensayo de ambas cepas en la misma caja en este caso se mantiene la misma tendencia y la cepa UNAN presenta un crecimiento más rápido que la cepa UNA cubriendo en su totalidad el área del medio de cultivo en 48 horas, mientras que la cepa UNA cubre un poco más del 50 % en 48 horas.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- ✓ Los resultados obtenidos en los 3 ensayos muestran que en todas las variables de desarrollo a los 25 DDS el tratamiento de *Trichoderma H.* Cepa UNAN presentó mejor comportamiento que los demás tratamientos superando en promedio en un 30% a los tratamientos testigos y en un 15 % al tratamiento de Cepa UNA, esto refleja que el *Trichoderma H.* actuó como un promotor de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de la planta. Debido a esto se aprueba la hipótesis alternativa donde se demostró que al menos una de las cepas de *Trichoderma H.* promueve el crecimiento en la etapa de desarrollo vegetativo.
- ✓ En las variables de cosechas evaluadas se observó que el tratamiento CUPRIMICIN 20 SP utilizado en el ensayo del CEA-UNI superó aproximadamente en 30 % a los tratamientos de *Trichoderma H.* y el testigo en el ensayo CEA-UNAN superó en un 15% a los tratamientos de *Trichoderma H.* solo en el caso de la UNA el tratamiento con *Trichoderma H.* supero en un 15% al testigo. Los resultados de las variables de cosecha se vieron afectados por factores externos por lo tanto no se pudo determinar el efecto real de los tratamientos de *Trichoderma H.* sobre estos.
- ✓ Al realizar una comparación de las dos cepas de *Trichoderma Harzianum* se observa que la Cepa UNAN presenta un crecimiento mucho más rápido y agresivo que la Cepa UNA ya que en un periodo de incubación de 24 horas la cepa UNA cubre una décima parte del área cubierta por la Cepa UNAN, ambas cepas probaron no ser antagónicas entre si ya que al ser colocadas 3 días en un mismo medio de incubación ninguna cepa fue capaz de eliminar a la otra sino que ambas frenaron su crecimiento.
- ✓ Según los resultados del análisis fisicoquímico del suelo del CEA-UNI, se observa que tiene las condiciones adecuadas que favorecen el crecimiento de la planta y formación de tubérculos, así como el suministro del agua necesaria y los nutrientes requeridos para el desarrollo del cultivo.

9.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar nuevos ensayos para evaluar la capacidad antagónica de las dos cepas contra patógenos como *Fusarium sp.*, *Helminthosporium solani*, *Rizoctonia solani*.
- ✓ Hacer los próximos ensayos en un ambiente más controlado en maceta e invernaderos preferiblemente ubicados en los recintos universitarios para llevar un control exhaustivo del manejo del cultivo y el seguimiento a las variables de estudio.
- ✓ Antes de aplicar cualquier tratamiento con Trichoderma es necesario hacer una prueba de control de las esporas para verificar que estén vivas y vayan a germinar en los ensayos.
- ✓ Prestar mucha atención al sistema de riego para que siempre se rieguen las dosis correctas sobre todo en la etapa de tuberización del cultivo donde es más sensible a los cambios de humedad.
- ✓ Continuar utilizando en estos ensayos la variedad de papa Cal White ya que ha probado adaptarse muy bien al clima cálido de la región del pacífico de Nicaragua.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, G. a. (1995). Historical evidence on the occurrence of late blight of potato, melon pearl and tomato in the Andes South America. Ireland: Boole Press Ltd.
- B.R.E. (2000). *La Papa, Producción, Transformación y Comercialización* . Lima: Prisma .
- Baker, C. &. (1983). *The nature na practice of biological control of plant pathogens*. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society.
- Benitez, Rincon, Limón, & Codón. (2004). *Biocontrol mechanism of Trichoderma strains. International Microbiology*.
- C., H. (2003). *Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases:and evolution of current concepts*. Berlin: Plant Dis.
- C.H., L., & Mckenzie, A. (1981). *Compendium of Potato Diseases*.
- Castellano, L. (2000). *Nocividad, epidemiología y manejo del tizón temprano (Alternaria solani Sor) en el cultivo de la papa*.
- Castro, C. (1989). Ecology of Rhizoctania Solani and diseases development in relation to anastomosis groups. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Chet. (1987). *Trichoderma-application mode of action and potencial as biocontrol agent of soiborne plant pathogenic fungi*. New York: ed. Inovative approaches to plant disease control.
- Chet, & Hadar. (1997). *En S. B. Fungal antagonists and mycoparasites*. Berlín: Enviromental and microbial relationship.
- Collins, & Wanda. (2000). Research strategies for potatoes: A global approach. Proc. 4to World Potato Congress.
- CORPOICA. (2000). *Semilla de Papa de Buena Calidad* . Bogota: PRODUMEDIOS .
- CORPOICA. (2003). *Manual de la Papa Para Productores*. Colombia: La Bastilla .

- E., O. (1998). *Sistemas Alimentarios de Raíces y Tubérculos*. Monangas : FONAIAP.
- Eddows. (1972). *Manejo de malezas para países en*. Roma.
- El Rincon del Vago*. (18 de enero de 2015). Obtenido de <http://html.rincondelvago.com/riego-por-goteo.html>
- Elad, & Chet. (1982). Degradation of plant pathogenic fungus by *Trichoderma harzianum*. *Canadian Journal of microbiology*, 28:719-725.
- Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. (2009). *Experimentación Agrícola*. Pero: Universidad José Carlos Mariátegui.
- F., E. (1989). Studies on powdery scab of potatoes with special regard to the reactions of certain cultivars and clones.
- FAO. (2006). *Tesoro Enterrado La Papa*.
- FIA. (2008). *Biocontrol de enfermedades fungosas con Trichodermas*. Chile: Universidad Agraria .
- Filippone. (1996). Genetic transformation of potato cv. Desiree with an endochitinase gene from *Trichoderma harzianum*. Abstracts of 13th Trienn.
- Frank, J. (1979). Serological relationships among anastomosis groups of *Rhizoctonia Solani*.
- FUNDAGRO. (1991). *Aspectos tecnológicos del cultivo de papa en el Ecuador*. Quito: Proyecto Kellog – papa.
- Ger, R. (2014). *Evaluación en laboratorio de la capacidad antagonista de Trichoderma spp., frente al crecimiento de lanosa (Rosellinia spp.), en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.)*. Tulcán, Ecuador.
- Gutierrez, P. y. (1990). Control biológico de *Rhizoctonia Solani* con *Rhizoctonia Binucleada*. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- H., C. (2005). *Evaluación en campo de la incidencia de Rhizoctonia solani en arroz (Oriza sativa), luego de la inoculación en semillas de un formulado comercial a base de antagonista Trichoderma harzianum*.

- H., M. (1986). *Mineral Nutrition Of Higher Plants* . Alemania : Harcourt Brace Javanovich, Publishers .
- H., T. (1995). Resistance of potato powdery scab (*Spongaria subterranea*) under andean field condition. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Harman. (2004). Trichoderma species – Opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews.
- Harman, L. (2000). Development and Benefits of Rhizosphere Competent Fungi for Biological Control of Plant Pathogens. Journal of Plant Nutrition.
- Harrison, J. a. (1989). The behaviour of Potato mop top virus in soil, and evidence for its transmission by *Spongaria Subterranea*.
- Hooker. (1981). Compendium of Potato Diseases. St. Paul: American Phytopathological.
- Horton. (1992). *La Papa, Producción, Comercialización y Programas*. Montevideo: Centro Internacional de la Papa.
- Howell. (1998). *The role of antibiosis in biocontrol In: Harman GE, Kubicek CP. Trichoderma y Gliocladium*. Padstow.
- Infante, Martínez, González, & Reyes. (2009). Mecanismos de acción de Trichoderma frente a hongos fitopatógenos. *Revista Protección* , 14-21.
- INIAP. (1998). *Variadades de la Papa Cultivadas en el Ecuador* . Quito: INIAP PNRT-FORTIPAPA.
- INTA. (2004). *Manejo Integrado de Plagas Cultivo de la Papa* . Managua : La Prensa.
- J, H. (1990). The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetics Resources. En H. J., *The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetics Resources* (pág. 259). Londres : Belheaven Press.
- J., O. (2009). *Las Papas de Sudámerica Perú*. Lawrance : Centro Internacional de la Papa.

- López, & González. (2004). Selección de cepas nativas de *Trichoderma* spp., con actividad sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile(*Capsicum* L.). *Revista Mexicana*, 22:117-124.
- Loreto. (1993). Synergistic Antifungal Activity of Cell Wall Degrading Enzymes Produced by Biocontrol Fungi of the Genera *Trichoderma* and *Gliocadium*. Abstracts 6th International Congress of Plant Pathology.
- Loria. (1997). Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*.
- M.J., A. (1987). The effect of irrigation on powdery scab and other tuber diseases of potatoes.
- Martin, C. a. (1989). Control of *Rhizoctonia* and other soil-borne diseases of TPS. Lima: Centro Internacional de la Papa .
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y Mejoramiento de la Papa*. San José, Costa Rica: IICA.
- Quevedo, M., Oviedo, F., & Casanova, L. (2012). *Principales Aspectos de la Cadena Agroprudutiva de la Papa*. Lima: Centro de Documentación Agraria-CENDOC.
- Rhodes, D. (2000). Crop protection, environment and food safety: meeting the needs of industry into de 21st century. Proc. 4 th World Potato Congress.
- Roco, & Pérez. (2001). *Actividad in Vitro de Trichoderma harzianum y Alternaria alternata en presencia de reguladores de crecimiento*. Chile: Univ. Católica de Chile.
- Sandoval. (2001). Hiperparasitismo de *Trichoderma harzianum*, *T. viride* y *T. pseudokoningii* sobre diferentes hongos fitopatógenos. Habana: Fitosanidad.
- Seaman. (2003). Efficacy of OMRI-approved products for tomato foliar disease control. New York: New York State Integrate Pest Management Program.
- Sierra B, C., Santos Rojas, J., & Kalazich B, J. (2002). *Manual de Fertilizacion del Cultivo de Papa en la Zona Sur de Chile*. Santiago: Centro Regional de Investigaciones Remehue.

Stefanova. (1997). Biopreparados de *Trichoderma* : una forma de lucha efectiva contra patógenos fúngicos del suelo. Agric. Org.

Torres, H. (2002). *Manual de las enfermedades mas importantes de la Papa en Perú* . Lima: Centro Internacional de la Papa .

Torres, M. (1998). *Prospección y etiología del "sogope" en las zonas productoras de papa de la provincia de Pachitea*. Perú.

Turkensteen. (1981). *Compendium of Potato Diseases*. St. Paul.

Velázquez, P. &. (2009). *Manual Cultivo de la Papa Para Pequeños Productores* . Quito: INIAP-COSUDE.

ANEXOS

Anexo I. Figuras

Figura 1. Clases texturales

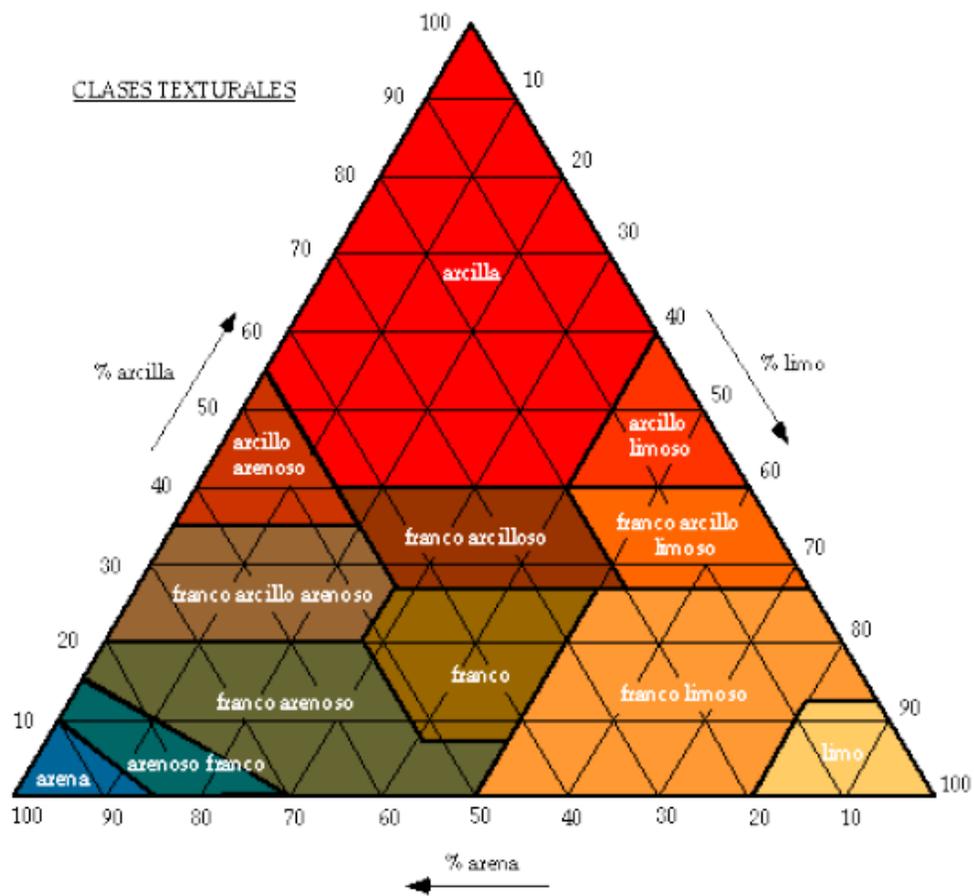


Figura 2. Análisis físico del suelo

Figura 3. Análisis químico del suelo

Anexo II. Fotografías

Fotografía 1. Semillas de papa Cal White



Fotografía 2. Siembra de la papa CEA-UNI



Fotografía 3. Aplicación del Trichoderma H



Fotografía 4. Planta a los 20 DDS CEA-UNI



Fotografía 5. Parcela a los 20 DDS



Fotografía 6. Parcela a los 25 DDS CEA-UNI



Fotografía 7. Medición de variables de desarrollo 25 DDS CEA-UNI



Fotografía 8. Aplicación de caldo bordelés



Fotografía 9. Floración de la papa CEA-UNI



Fotografía 10. Afectación por Mosca Blanca CEA-UNI



Fotografía 11. Mediciones variables de desarrollo a los 50 DDS CEA-UNI



Fotografía 12. Mediciones de variables de desarrollo 50 DDS CEA-UNAN



Fotografía 13. Poda a los 65 DDS CEA-UNAN



Fotografía 14. Poda a los 65 DDS CEA-UNAN



Fotografía 15. Plantas podadas CEA-UNAN



Fotografía 16. Plantas de papa 60 DDS Finca Las Mercedes UNA



Fotografía 17. Parcela a los 60 DDS Finca Las Mercedes UNA



Fotografía 18, 19. Cosecha CEA-UNI



Fotografía 20. Medición de diámetro polar



Fotografía 21. Pesaje del tubérculo



Fotografía 22, 23. Siembra de Cepas de Trichoderma H.

