



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

**“EVALUACION DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS BENEFICOS
EN LA PROPAGACION DE CAMOTE DE CERRO (DIOSCOREA
REMOTIFLORA)”**

QUE PRESENTAN:

**DAVID BEATRIZ HERNANDEZ
CRISTIAN UBALDO RODRIGUEZ VENTURA**

ASESORA:

DRA. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTES

REVISORES:

**DRA. VANIA SBEYDE FARIAS CERVANTES
DR. JOAQUIN ALEJANDRO QUI ZAPATA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIEROS EN AGRONOMIA**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2023.

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **21/febrero/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/347/2023
ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización

**C. DAVID BEATRIZ HERNANDEZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **“EVALUACION DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS BENEFICOS EN LA PROPAGACION DE CAMOTE DE CERRO (DIOSCOREA REMOTIFLORA)”** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL**



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -


MIBR/AIBR/ALCC/mjhc



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **20/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/089/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	DAVID BEATRIZ HERNANDEZ
NO. DE CONTROL:	18940128
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EVALUACION DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS BENEFICOS EN LA PROPAGACION DE CAMOTE DE CERRO (DIOSCOREA REMOTIFLORA)"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro

Miguel Hernandez Flores
ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
DEPARTAMENTO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

<p><i>Mayra I Monter Cortes</i> DRA. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTES Nombre y firma del asesor</p>	<p><i>[Signature]</i> DRA. VANIA SBEYDE FARIAS CERVANTES Nombre y firma del revisor</p>	<p><i>[Signature]</i> DR. JOAQUIN ALEJANDRO QUI ZAPATA Nombre y firma del revisor</p>
---	---	---

C.c.p.- Expediente.
MHF/mjhc*





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **21/febrero/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/351/2023
ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización

**C. CRISTIAN UBALDO RODRIGUEZ VENTURA
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **“EVALUACION DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS BENEFICOS EN LA PROPAGACION DE CAMOTE DE CERRO (DIOSCOREA REMOTIFLORA)”** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Educar para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL**



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -

MIBR/AIBR/ALGC/mjhc





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **20/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/090/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	CRISTIAN UBALDO RODRIGUEZ VENTURA
NO. DE CONTROL:	18940121
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	“EVALUACION DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS BENEFICOS EN LA PROPAGACION DE CAMOTE DE CERRO (DIOSCOREA REMOTIFLORA)”

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro

ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
DEPARTAMENTO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

 DRA. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTES Nombre y firma del asesor	 DRA. VANIA SBEYDE FARIAS CERVANTES Nombre y firma del revisor	 DR. JOAQUIN ALEJANDRO QUI ZAPATA Nombre y firma del revisor
---	---	---

C.c.p.- Expediente.
MHF/mjhc*



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi universidad por permitirme convertirme en ser un profesional en lo que tanto me apasiona. Gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados. y como recuerdo y prueba viviente en la historia: esta tesis. que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Agradecerles a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, cómplices y hermanos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas

Me gustaría expresar mi gran agradecimiento a la Dra. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTÉS por sus valiosas y constructivas sugerencias durante la planificación y desarrollo de este trabajo de investigación. Su disposición a dar su tiempo tan generosamente ha sido muy apreciada.

Quiero agradecer profundamente a mi esposa, y a mis hijos. Me brindaron su apoyo, me comprendieron, tuvieron tolerancia e infinita paciencia y cedieron su tiempo para que “Papá estudie”, para permitir así llevar adelante un proyecto que pasó de ser una meta personal a otro emprendimiento más de familia. A ellos, mi eterno amor y gratitud.

1. RESUMEN

En esta investigación se busca la propagación de camote de cerro (*Dioscorea* sp) para ayudar a la reforestación mediante el uso de microorganismos. En el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, se habilitó un invernadero para la propagación de camote de cerro a partir de explantes, en el cual se establecieron las medidas pertinentes para los requerimientos del cultivo, en macetas se implementó como sustrato tierra (directamente de un cerro en las afueras de Tlajomulco de Zúñiga) y jal, en proporción de 3 de tierra por 1 de jal. Para el establecimiento de 7 tratamientos, cada uno con 7 repeticiones con 2 explanes por maceta; el día 22 de junio de 2022 dio inicio el experimento. Se realizó la fenología para llevar un control sobre las diferencias de cada tratamiento. Se utilizó un SPAD-502plus para la medición de clorofila al igual que se capturaron los datos de número de hojas, brotes y crecimiento para hacer evaluaciones. Durante la estancia del camote en invernadero se realizaron riegos manuales breves de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo. De manera constante en la estancia del proyecto, se mantuvo un monitoreo de plagas y enfermedades. Ya establecido el cultivo en invernadero se realizó un total de 4 aplicaciones de tratamiento (22 de junio, 6 y 20 de julio y 3 de agosto de 2022). Se realizaron diversas actividades culturales para ayudar a mantener el cultivo en óptimas condiciones y libre de vectores que puedan ocasionar alguna alteración en la investigación. El 3 de diciembre de 2022 se realizó la cosecha de los espantes, y los tuberculos fueron minuciosamente pesados y evaluados.

En charolas de polipropileno se establecieron 12 tratamientos, con 25 repeticiones por charola para evaluar el efecto de *Trichoderma* sp en la germinación de semilla cigótica de camote de cerro (*Dioscorea* sp), para el cual se adaptaron unos anaqueles recubiertos con plástico previamente desinfectados. El tipo de sustrato que se eligió para esta investigación fue peatmoss y agrolita en proporción de 3 de peatmoss a 1 de agrolita. Se cuidó que el sustrato mantuviera una buena humedad a lo largo del experimento, se analizaron las diferencias en el desarrollo vegetativo en los diversos tratamientos y al final se evaluó el rendimiento evolutivo mediante la recolección de

datos como la germinación, medición de los brotes, número de brotes, número de hojas y número de nudos.

Cabe recordar que en todas las actividades realizadas se mantuvo lo más inocuo posible siguiendo los procesos pertinentes para no alterar los resultados. Lavando y desinfectando todas las áreas, equipos y herramientas.

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. ÍNDICE DE IMÁGENES	8
3. ÍNDICE DE TABLAS	9
1 GENERALIDADES DEL PROYECTO	10
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 PROBLEMAS POR RESOLVER	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
2 CAPITULO II. MARCO TEORICO	16
2.1 MARCO TEÓRICO	16
2.1.1 Características botánicas y taxonómicas	16
2.1.2 Importancia y usos	18
2.1.3 Información nutricional y propiedades físicas	20
2.1.4 Métodos de extracción	20
2.1.5 Métodos de identificación y cuantificación	21
2.1.6 Importancia y aplicaciones	21

		6
2.1.7	Plagas y enfermedades	22
3	DESARROLLO	24
3.1	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	24
3.1.1	ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO EN INVERNADERO	24
3.1.2	PLANTACIÓN	25
3.1.3	ACTIVIDADES VARIAS DENTRO DE INVERNADERO	26
3.1.3.1	DESHIERBES	26
3.1.3.2	TUTOREO	28
3.1.3.3	RIEGO	29
3.1.3.4	MONITOREO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	31
3.1.4	APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN INVERNADERO	32
3.1.5	COSECHA DE CAMOTE Y EVALUACIONES	33
3.1.6	EVALUACIÓN DE CLOROFILA	36
3.1.7	ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CAMOTE DE CERRO EN CHAROLA	38
3.1.8	PLANTACIÓN DE SEMILLAS CIGOTICAS	39
3.1.9	APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN SEMILLAS CIGOTICA	41
3.1.10	MEDICIÓN Y CONTEO DE HOJAS, BROTES Y NUDOS EN LOS TRATAMIENTOS EN SEMILLA CIGOTICA	42
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
		6

4.1	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
5	CONCLUSIONES	49
5.1	CONCLUSIONES	49
6	COMPETENCIAS DESARROLLADAS	50
6.1	COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	50
7	FUENTES DE INFORMACIÓN	51
7.1	BIBLIOGRAFÍA	51

2. ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Establecimiento de invernadero para explantes.....	25
Figura 2: Preparación de hipoclorito de sodio al 0.2%.....	26
Figura 3: Distribución y alineación de tratamientos.....	27
Figura 4: Preparación de sustrato	27
Figura 5: Deshierbe con desbrozadora	28
Figura 6: Invernadero libre de malezas	28
Figura 7: Ganchos para tutoreo	29
Figura 8: Rafia para tutoreo	29
Figura 9: Planta de camote de cerro (<i>Dioscórrea sp</i>) con tutor	30
Figura 10: riego a los tratamientos de esquejes	31
Figura 11: Camote de cerro (dioscórrea sp) libre de plagas y enfermedades .32	
Figura 12: Monitoreo de hojas de camote de cerro (Dioscórrea sp.)	32
Figura 13: Extracción de tubérculos	35
Figura 14: Limpia de residuos y preparación para pesajes de camote de cerro (Dioscórrea sp).....	35
Figura 15: Bascula calibrada para pesajes	36
Figura 16: Bolsas con esquejes ya pesados	36
Figura 17: Medición de clorofila con SPAD-502plus	37
Figura 18: Hoja de camote de cerro evaluada con SPAD-502plus	38
Figura 19: Hoja de camote de cerro evaluada con SPAD-502plus	38
Figura 20: Sustrato peat moss	39
Figura 21: Charolas plantadas con semillas cigóticas	40
Figura 22: Establecimiento de charolas en anaqueles	41
Figura 23: Establecimiento de charolas en anaqueles	41
Figura 24: Aplicación de cepas de Trichoderma	42
Figura 25: Medición de plantas	43
Figura 26: Medición de plantas	43
Figura 27: Plantas establecidas en charolas	44
Figura 28: Plantas establecidas en charola con baja brotación	44
Figura 29: Cosecha de camote de cerro	45
Figura 30: Efecto de Trichoderma en la germinación de semillas cigóticas... 47	

3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aplicación de fertilización (orgánica e inorgánica) y Trichoderma en cultivo de camote de cerro (*Discorea sp.*)34

Tabla 2: desarrollo de planta de camote de cerro (*Discorea sp.*) a partir de semilla.....47

1 GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

Existen alrededor de 800,000 especies de plantas en el mundo, de las cuales muy pocas han sido explotadas por el hombre. Solo tres especies de cereales y otras diez especies más son cultivadas ampliamente. Se utilizan 250,000 o más especies ya nombradas y descritas, con potencial para mejorar el suministro mundial de alimento o cuyos compuestos químicos y/o biológicamente activos podrían aislarse con fines medicinales (Van Reis, 1977).

El cultivo de camote correspondiente al grupo de raíces y tubérculos, es un producto utilizado para la alimentación humana como para la fabricación de concentrado animal, es de crecimiento rastrero, sus frutos los produce en el interior del suelo, su material de siembra resulta de fragmentar las guías en trozos de tres a cuatro yemas, así como la emisión de yemas de los tubérculos una vez inducido por efectos de calor y humedad. Es típico de clima tropical y se adapta a diversos tipos de suelos, es utilizado para la exportación a Europa y Estados Unidos, se han realizado pruebas de variedades en diversas zonas del país y ofrece buenos resultados prefiriendo los francos a franco arenosos, se aconseja cultivarlo en camas levantadas del nivel del suelo, la cosecha esta lista a los cuatro meses después de la siembra.

Una etapa muy importante en la domesticación y manejo de cualquier cultivo es la propagación; ya que nos permite multiplicar los materiales seleccionados. Cuando se tiene un control total en los diversos procesos que tienen las plantas para reproducirse (formas sexuales y asexuales), entonces es factible cubrir las necesidades de las mismas para llevar a cabo su cultivo.

Por lo señalado anteriormente, es importante iniciar estudios dirigidos al conocimiento del género, ya que, si en un futuro se lograra su cultivo y/o domesticación, esta planta puede constituir parte de la dieta de la población mexicana y de la humanidad en general; o bien, ser parte de la industria extractora de sustancias

químicas y hormonales. Además, de frenar la extracción por parte de los pobladores y detener la erosión genética de este recurso filogenético (Cuevas 1989).

Lo anterior, manifiesta la falta de un conjunto de conocimientos sobre: aprovechamiento, manejo y conservación de las especies vegetales, adquiridas a través del tiempo, debido principalmente, a que la mayor parte de la ciencia y la tecnología generada hasta nuestros días es enfocada principalmente al desarrollo de los cultivares actuales, lo cual no es desacertado o equivocado.

Se pueden practicar dos tipos de siembra: Directo e Indirecto, el material o semilla de siembra está listo cuando los tallos han obtenido madurez fisiológica, estos se arrancan y se ubican en la sombra para luego proceder a recortar en pequeños fragmentos de 3 a 4 yemas, una vez cortados los tallitos se deben desinfectar sumergiéndose en una solución de fungicidas, utilizando productos que cumplan con parámetros y criterios bajo las normas de protección para la salud humana. Téllez (1987).

Gran parte de los productores más pobres del mundo en desarrollo y de los hogares más desnutridos, dependen de las raíces y tubérculos como una fuente contribuyente, sino principal, de alimentos y nutrición. Las raíces y tubérculos producen cantidades notables de energía, incluso en comparación con los cereales, en donde la papa se sitúa como líder seguida del yam (Scott *et al.*, 2000).

Además de sus agradables cualidades organolépticas, como sabor, olor, color y textura, los tubérculos de Dioscorea son una excelente fuente de carbohidratos, energía, fibra, vitaminas (especialmente vitamina C), minerales y proteínas; son bajas en vitamina A, pero pueden tener cantidades importantes de aminoácidos esenciales como la isoleucina y aquellos que contienen azufre. También la composición química del yam se caracteriza por su alto contenido de humedad. El consumo medio per cápita de yam en las principales regiones de mayor producción va de 0.5 a 1.0 kg por día proporcionando más de 350 calorías a cada persona (Mignouna *et al.*, 2007).

El tamaño del tubérculo y la forma son diferentes, dependiendo de la especie y las condiciones de cultivo, puede variar desde unos pocos centímetros y gramos, hasta 2 a

3 m y más de 50 kg (Opara, 2003). El tubérculo de la mayoría de los cultivares importantes son de forma cilíndrica, con algunos pelos como raíz. Existen variedades cuya cáscara es difícil de eliminar y hay otras en las cuales la piel es tan suave que facilita su consumo.

1.2 PROBLEMAS POR RESOLVER

Los suelos han estado sufriendo muchos cambios debido a las labores del hombre se ha estado viendo afectado mucho la flora y la fauna, El área presenta una variada diversidad de paisajes ecológicos, que van desde áreas de bosque bien conservadas hasta zonas fuertemente impactadas por actividades antropogénicas, todo esto dentro de rangos altitudinales que determinan diferentes perfiles vegetales, dando por resultado la presencia de una diversa fauna tanto de carácter neotropical como de carácter neártico.

Existe una problemática sobre el camote de cerro ya que no se tiene establecido un cultivo debido a la dinámica es extraer el camote y no existe una resiembra esta causa una pérdida de esta planta y aun así la siguen extrayendo esto provoca que se esté perdiendo esta planta y cada vez es más difícil encontrarla. Por estos motivos, es importante este trabajo de investigación, en primera instancia se trabaja en la multiplicación de esta planta para que las personas interesadas en esta planta o poderla conservar en los cerros de manera natural se pueden replantar y no haya tanta pérdida de este cultivo, en segunda instancia crear conciencia en la reforestación y que las personas interesadas puedan cultivar esta planta sin extraerla de manera silvestre y provocar su extinción.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar métodos de propagación de camote de cerro (*Discorea sp.*) por tubérculo y semillas cigóticas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de aislamientos de *Trichoderma* silvestres en la germinación y desarrollo de plántulas generadas a partir de semilla cigótica.
- Evaluar el efecto de aislamientos de *Trichoderma* silvestre y comercial en el desarrollo de plantas y camote a partir de tubérculos.
- Evaluar el efecto de un manejo orgánico y un manejo inorgánico en el desarrollo de plantas y camote a partir de tubérculos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Con base a la problemática que se explicó anteriormente es necesario iniciar con estrategias de propagación del camote de cerro para que se pueda establecer y en su momento difundir a todos aquellos interesados para ya sea la replantación o el cultivo de camote de cerro. Siendo importante establecer diferentes estrategias de propagación, ya sea de la forma convencional como la propagación por semillas cigóticas o por tubérculo y en un futuro establecer estrategias en el que se utilice la biotecnología como es la propagación de plantas *in vitro*. En este trabajo nos enfocamos en la propagación tradicional que es la que pueden utilizar los campesinos o las personas interesadas en la conservación de esta planta.

Actualmente el camote de cerro está siendo explotado en la zona de Tlajomulco en el cerro viejo, para los humanos el camote de cerro contiene altos niveles de fibra, así como de vitaminas (principalmente las del grupo B) minerales y fitoestrógenos como sus nutrientes principales, aunque no son los únicos. Cada vez son más las personas que extraen el camote y al tiempo de cosechar sacan el camote completo sin dejar un trozo de raíz para que así continúe con su reproducción, también se observa que se dejan los pozos abiertos lo cual hace que entre aire y si queda un trozo de raíz esta termina por secarse.

2 CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 MARCO TEÓRICO

El camote se cultiva por propagación vegetativa. Los agricultores toman los esquejes-semillas de las lianas, que luego se enraízan, crecen y forman nuevas raíces reservantes. En algunos climas más fríos, donde las lianas no se desarrollan mucho, los agricultores siembran las raíces. El cultivo tiene relativamente pocos enemigos naturales y crece bien en suelos marginales. Como el rápido crecimiento de las lianas ensombrece a las malas hierbas, requiere relativamente poca mano de obra, fertilizantes o pesticidas dañinos.

2.1.1 Características botánicas y taxonómicas

Algunas especies de *Dioscorea* producen bulbillos (tubérculos aéreos) mientras que otras forman tubérculos subterráneos de formas que van desde casi esférico hasta completamente irregulares, de color y tamaño variable dependiendo de la especie y las condiciones ambientales (Álvarez, 2000). Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2007) la ubicación taxonómica de las especies de *Dioscorea* es la siguiente:

Reino	plantae
Subreino	tracheobionta
Superdivisión	spermatophyta
División	magnoliophyta
Clase	liliopsida
Subclase	liliidae
Orden	dioscoreales
Familia	dioscoreaceae
Género	dioscorea L.
Especie	varias

La denominación por Carlos Linneo del género *Dioscorea*, constituye un merecido tributo a un destacado botánico y médico griego nacido hace casi dos mil años, llamado Pedaneo Dioscórides o Dioscórides de Anazarbos, que sirvió en el ejército romano en tiempos de Nerón (siglo 1) y quien escribió la primera farmacopea sistemática donde precisa descripciones de más de 600 plantas (Vázquez, 2004).

El camote de cerro es rico en vitaminas, minerales, fibra y fitoestrógenos, entre otros nutrientes esenciales. Su consumo regular ha sido vinculado con diferentes beneficios para la salud, en especial el equilibrio de las hormonas. Ya son varias las investigaciones que han observado su efectividad como regulador hormonal en mujeres que atraviesan la etapa de la menopausia; se ha visto que su uso como alternativa a la terapia de estrógenos puede atenuar la intensidad de los síntomas que se presentan en esta fase. Los investigadores afirman que usar la tintura de raíz de camote del cerro en la menopausia no sólo ayuda a calmar los bochornos y mejorar el estado de ánimo,

sino que también previene la descalcificación ósea y disminuye los niveles de triglicéridos y colesterol.

2.1.2 Importancia y usos

Las especies de *Dioscorea* crecen en diversos climas como bosque lluvioso tropical, monzón y sabana tropicales con unas cuantas especies en zonas templadas. El crecimiento de estas plantas está severamente restringido a temperaturas inferiores a los 20 °C al requerir temperaturas en el intervalo de 25 a 30 °C para exhibir un desarrollo normal; se adapta a periodos secos y puede sobrevivir bajo condiciones de déficit hídrico mejor que muchos otros cultivos. Sin embargo, se ha demostrado que un déficit hídrico al inicio del ciclo de crecimiento de la planta reduce su producción y pospone el inicio de la tuberización (Rodríguez, 2000).

En un estudio realizado por Téllez (2009), se menciona que en la actualidad la familia Dioscoreaceae sólo está formada por el género *Dioscorea* y que ahora solamente se reconocen alrededor de 350 a 400 especies, quedando *Borderea* Miegév., *Epipetrum* Phil., *Nanarepenta* Matuda, *Rajania* L., *Tamus* L. y *Testudinaria* Salisb., incluidos como sinónimos de *Dioscorea*. También menciona que las especies de *Dioscorea* están agrupadas en alrededor de 70-75 secciones, en donde, 25-30 pertenecen al subgénero *He/mia* y alrededor de 45-50 al subgénero *Dioscorea*.

De todas las especies que conforman el género *Dioscorea*, al menos 24 se cultivan para emplearse como alimento, otras 12 se utilizan para la obtención de fármacos y otras 26 siguen siendo objeto de recolección para fines ornamentales o de ganadería (Evans, 1993). La especies de *Dioscorea* son, después de la yuca y el camote dulce, los cultivos tropicales más importantes ya que constituyen la principal fuente de calorías para muchos de los pobladores del occidente de África, el sudeste Asiático y el Caribe (Mignouna et al., 2007), es fuente de empleo e ingresos de los pequeños y medianos productores de las zonas rurales y juegan un papel importante en la vida sociocultural de los mismos; desde tiempos remotos se realiza anualmente en diferentes regiones

del mundo el festival del Nuevo Yam. En México, los aztecas utilizaban cataplasmas de tubérculos de *Dioscorea* para tratar la sarna y los forúnculos de la piel. En 1960, las dioscóreas silvestres de México fueron la primera fuente de material utilizado para la síntesis de progesterona, andrógenos y cortisona, recientemente su producción sintética ha minimizado la importancia de estas especies como fuente principal. (Asiedu y Sartie, 2010).

De manera similar a la papa, las dioscóreas se pueden propagar asexualmente por medio de tubérculos enteros o secciones transversales que contengan yemas y que brotan después de un periodo de latencia. Si se planta el tubérculo entero, las yemas aparecen en la parte basal; cuando se siembra secciones de tubérculo en todas brotan yemas, sólo que la brotación es más rápida en la región de la cabeza (apical) y en la sección central. Las yemas se derivan de una capa meristemática situada debajo de la corteza del tubérculo; cuando salen aparecen como masas blancas de crecimiento rápido, que se transforman en cormos del que se forman los tallos aéreos, raíces y tubérculos (León, 1987). El tubérculo es el órgano de almacenamiento que permite a la planta continuar indefinidamente su crecimiento. Las sustancias de reserva, elaboradas en el follaje, son acumuladas en el tubérculo.

En Jalisco, el camote del cerro se recolecta de septiembre a marzo. La recolección se realiza excavando con un pico y barreta el sitio donde se encuentra el tubérculo y sacando la tierra de forma manual, ya obtenido el tubérculo, se limpia someramente de piedras o tierra y se coloca en canastos cilíndricos de carrizo para su transportación. La colecta de esta especie no sigue ninguna norma en específico, sin embargo, su aprovechamiento pudiera enmarcarse por la NOM004-RECNAT-1996, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de raíces y rizomas de vegetación forestal, entre los que se incluye al barbasco (*Discorea sp.*).

2.1.3 Información nutricional y propiedades físicas

Actualmente, las especies de *Dioscorea* son cultivadas en África, Asia, parte de Sudamérica, en el Caribe y las islas del Pacífico Sur, así como en muchas otras regiones del mundo (Asiedu y Sartie, 2010), se les conoce popularmente como batata, camote blanco, hualacamote, ñame en español o yam en inglés y las podemos encontrar también en forma silvestre en las regiones lluviosas de los trópicos, aunque también se encuentran en áreas subtropicales y en las templadas. En México, podemos encontrar 74 especies (Téllez, 2009) de las cuales 40 son endémicas con algunos tubérculos comestibles (Téllez, 1996). Dos especies de importancia económica para nuestro país son: *O. compositae* y *O. mexicana*. La primera, denominada popularmente "barbasco", es una planta de origen norte y mesoamericano, mientras que *O. mexicana* es nativa de México y Mesoamérica.

Actualmente, las especies de *Dioscorea* comestibles y de valor comercial son: el ñame blanco (*O. rotundata*), el ñame amarillo (*O. cayenensis*), el trifoliado (*O. dumertorum*), el ñame de agua (*O. afata*) y el chino (*O. esculenta*), el ñame aéreo (*O. bufbifera*), que ocurre tanto en África como en Asia y hasta el momento las únicas especies originarias de América son *O. trifida*, *D. compositae* y *D. mexicana* (Coursey, 1967; Hahn, 1995). *O. rotundata* y *D. afata*, son las especies más cultivada en el mundo (IITA, 2012).

2.1.4 Métodos de extracción

Las saponinas tienen elevado peso molecular y su aislamiento en estado puro ofrece ciertas dificultades, por lo que, al ser heterósidos, se pueden hidrolizar con ácidos dando una genina (sapogenina) y diversos azúcares y ácidos urónicos relacionados. *In vivo*, las saponinas son hidrolizadas por las bacterias intestinales, liberando así el constituyente activo (Pengelly y Bennett, 2011). La dioscina, es un glucósido soluble en solventes polares que al hidrolizarse se obtiene la aglicona (diosgenina) que es

completamente insoluble en soluciones acuosas (Mishra y Gaikar, 2004). La obtención de la diosgenina depende principalmente de la hidrólisis de los azúcares en la posición C-3 (Zhu et al., 2010). Existe una gran cantidad de trabajos en los que se reportan la extracción de saponinas y sapogeninas (Rojas et al., 1999; Niño et al., 2007; Lin y Yang, 2008). Las técnicas más comunes para extracción de diosgenina en especies de *Dioscorea* incluyen la hidrólisis ácida, la fermentación espontánea y la catálisis enzimática (Zhang et al., 1999; Qi et al., 2009; Huang et al., 2007). Niño *et al.* (2007) obtuvieron diosgenina en *Dioscorea polygonoides* usando la hidrólisis enzimática.

2.1.5 Métodos de identificación y cuantificación

En el aislamiento y purificación de estos compuestos, los métodos cromatográficos juegan un papel decisivo. Si se cuenta con patrones adecuados la cromatografía de capa fina (CCF) es un procedimiento eficaz para detectar de forma rápida las sapogeninas presentes en un extracto (Lorey et al., 1996), lo cual puede ser corroborado por otros procedimientos. También se reporta el uso de la cromatografía de capa delgada preparativa (CCDP) (Heftman, 1976; Luck de Ugaz, 1988) y cromatografía de columna (CC) (Usubillaga y Meccia, 1987). Entre los adsorbentes más utilizados en estas técnicas se encuentran la alúmina, la silicagel de diferentes granulometrías y sephadex LH-20 (Hostettmann et al., 1986).

Entre otros métodos de identificación de sapogeninas se encuentran las técnicas espectroscópicas, por ejemplo, el espectro infrarrojo (IR) nos puede revelar la presencia de determinados grupos funcionales (OH, CO, etc.) que poseen una frecuencia de absorción característica.

2.1.6 Importancia y aplicaciones

El papel de las saponinas en las plantas aún no está muy claro, pero se cree que es importante en la defensa química de las mismas. Esto significa que son consideradas

como metabolitos secundarios, porque, aunque son importantes para la interacción de la planta con su entorno, no son indispensables para la vida de la misma, también, las saponinas son consideradas defensas constitutivas, es decir, que se producen durante todo el ciclo de la célula, pero su concentración puede aumentar como respuesta a un estímulo (Díaz, 2009). Hay estudios en los que se les ha encontrado actividad antifúngica, antimicrobiana, así como contra algunos herbívoros (Rochfort y Panozzo, 2007). Los elementos fitoquímicos encontrados en las plantas han ido ganando importancia sobre los fármacos sintéticos en la prevención o tratamiento de enfermedades crónicas. Es por eso que las saponinas y sus sapogeninas, han sido utilizadas en la medicina alternativa o como complemento en la medicina tradicional contra una variedad de enfermedades incluyendo diversos tipos de cáncer. Estudios etnobotánicos refieren que los aztecas y los mayas utilizaban especies silvestres de *Dioscorea* como analgésico contra el dolor y en el año 1500 A.C., los egipcios empleaban las semillas de fenogreco, fuente importante de sapogeninas esteroidales (Gómez et al., 2004; Kaufmann et al., 2007), como medicina para inducir el parto (Raju y Rao, 2012).

2.1.7 Plagas y enfermedades

Una de las mayores amenazas a la producción de camote es el gorgojo. Ataca todas las partes de la planta; los adultos se alimentan directamente de los esquejes y las larvas cavan túneles en las raíces causando grandes daños en los campos y en almacén. Con pérdidas que generalmente oscilan entre 60 a 100 por ciento en los periodos de sequía, el gorgojo del camote es la fuente principal de pérdidas económicas en los países en desarrollo.

Las diferentes especies prevalentes en diversas partes del mundo son:

- *Euscepes postfasciatus*, ocurre en Sudamérica y en algunos otros lugares.

- *Cylas fornicarius* está presente en el Caribe, sur de los Estados Unidos y Asia.
- Las especies africanas *Cylas puncticollis* y *brunneus* se limitan al sub Sahara de África.
- El nemátodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne spp*) es una de las principales plagas de nematodos conocidas en el camote de los trópicos. Ataca las fibras y raíces, permitiendo que otros patógenos penetren en la planta a través de las heridas.

A diferencia de lo que ocurre con enfermedades causadas por hongos y otros patógenos, para virosis (de cualquier cultivo) no se conocen plaguicidas que, aplicados a una planta infectada (con o sin síntomas) o bien a una planta sana, actúen sobre el virus determinando que se cure la primera o bien impidan que la segunda sea infectada. Al igual que en otros cultivos, la utilización de variedades resistentes o tolerantes es la solución ideal pues en las plantas no ocurre la enfermedad o, si ocurre, su daño no es de importancia económica.

Desafortunadamente, hasta donde se sabe no existen variedades comerciales de camote con resistencia o tolerancia a los distintos virus que lo atacan. Por lo anterior, las medidas que se utilizan para combate de las virosis son todas de naturaleza preventiva, orientadas a evitar el ingreso de los virus y sus vectores a los campos o bien, si ya están presentes en ellos, prevenir su diseminación a otras plantas en la misma o siguiente estación de cultivo.

3 DESARROLLO

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1 ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO EN INVERNADERO

Previamente se realizó un análisis de antecedentes en el manejo del camote de cerro (*Discorea sp.*) para hacer el cuidado apropiado del cultivo, se habilitó un invernadero adaptándolo con lo necesario para el desarrollo del camote de cerro, el cual fue lavado y esterilizado con hipoclorito de sodio al 0.2%, la superficie del invernadero fue emparejado y cubierto con ground cover y se esterilizó con hipoclorito de sodio al 0.2%, las macetas que fueron utilizadas se lavaron minuciosamente y fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.2%, para la desinfección con hipoclorito fue utilizada una bomba manual de aspersión y se dejó todas las superficies bien cubiertas de la solución desinfectante. el sustrato utilizado fue pasteurizado mediante la solarización que consiste en la desinfección mediante el calentamiento solar del suelo para ello fue cubierto con plástico (Katan, 1981), en el cual se facilita la obtención de agua para riegos manuales y con el uso de malla sombra se obtiene un ambiente adecuado a las necesidades del cultivo.



Figura 1. Establecimiento de invernadero para explantes.



Figura 2. Preparación de hipoclorito de sodio al 0.2%.

3.1.2 PLANTACIÓN

Se realizó la implementación de explantes de camote de cerro (*Discorea sp.*) dentro de macetas, antes de utilizar las macetas se esterilizó con hipoclorito de sodio al 0.2%. en macetas se implementó como sustrato tierra (directamente de un cerro en las afueras de Tlajomulco de Zúñiga) y jal, en proporción de 3 de tierra por 1 de jal. Se distribuyeron y alinearon los tratamientos como marca la Figura 3 para un mejor manejo en la práctica de la investigación, los explantes son acomodados delicadamente y enterrados dentro del sustrato, dos tubérculos por maceta y repitiendo este procedimiento en los 7 tratamientos, ya implementado el explante en el sustrato se realizó un riego.

Entrada a mallasombra								
T1A	T1B	T1A	T1B	T1A	T1B	T1A	T1B	T1A
T2A	T2B	T2A	T2B	T2A	T2B	T2A	T2B	T2A
T3A	T3B	T3A	T3B	T3A	T3B	T3A	T3B	T3A
T4A	T4B	T4A	T4B	T4A	T4B	T4A	T4B	T4A
T5A	T5B	T5A	T5B	T5A	T5B	T5A	T5B	T5A
T6A	T6B	T6A	T6B	T6A	T6B	T6A	T6B	T6A
T7A	T7B	T7A	T7B	T7A	T7B	T7A	T7B	T7A
Puerta a invernadero								

Figura 3. Distribución y alineación de tratamientos.



Figura 4. Preparación de sustrato.

3.1.3 ACTIVIDADES VARIAS DENTRO DE INVERNADERO

3.1.3.1 DESHIERBES

Para esta práctica tan indispensable, se manejó de manera orgánica para no causar alguna alteración en la investigación, para ello se utilizó el retiro de malezas dentro de las macetas manualmente y con cuidado de no maltratar los brotes y especial cuidado de no retirar el sustrato de las macetas. De igual manera, se realizó deshierbe manual dentro del invernadero. Por fuera del invernadero se mantuvo libre de malezas, retirando y manteniendo un perímetro libre de malezas en lo cual se utilizó una desbrozadora, todo esto para obtener un ambiente inocuo en el que se desarrolló la investigación.



Figura 5. Deshierbe con desbrozadora.



Figura 6. Invernadero libre de malezas.

3.1.3.2 TUTOREO

Durante toda la etapa vegetativa del camote de cerro (*Discorea sp.*) se estuvo realizando un tutoreo, para esta actividad, se utilizó rafia y ganchos para colgar la rafia, se tendió rafia en forma vertical para mantener a la planta erguida, cuidando que esta no toque el suelo en ningún momento, permitiendo apreciar los detalles del cultivo y manteniendo una mejor accesibilidad en el cuidado de la investigación.



Figura 7. Ganchos para tutoreo.



Figura 8. Rafia para tutoreo.



Figura 9. Planta de camote de cerro (*Dioscorea* sp.) con tutor.

3.1.3.3 RIEGO

Se mantuvo una revisión constante en la humedad en las macetas para la administración de riesgos según los requerimientos hídricos del cultivo, esta práctica solo fue realizada en los momentos más pertinentes del cultivo.



Figura 10. Riego a los tratamientos de esquejes.

3.1.3.4 MONITOREO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Se mantuvieron constantes monitoreos durante la mayor parte de estadios del cultivo, esta actividad se realizó con apreciación en todas las plantas, observando detenidamente el sustrato, hojas y tallo, revisando el estado óptimo de acuerdo con la fenología de la planta.



Figura 11. Camote de cerro (*Dioscorea* sp) libre de plagas y enfermedades.



Figura 12. Monitoreo de hojas de camote de cerro (*Dioscorea* sp.)

3.1.4 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN INVERNADERO

El experimento se estableció el 8 de junio del 2022, se aplicaron distintos tratamientos en los que se les realizaron diferentes estrategias de fertilización (orgánicas y convencionales), así como la aplicación de microorganismos benéficos (comerciales y silvestres) en el cultivo de camote de cerro (*Dioscorea* sp) dentro del invernadero. A los tratamientos (T4 al T7) que se les aplico microorganismos (*Trichoderma*), fue una aplicación única de 5mL del filtrado de *Trichoderma* por camote a una concentración de 50% al momento del establecimiento del cultivo. Los tratamientos (T2, T4 y T5) a los que se les aplico la fertilización de NPK (Peters 20-10-20), se les adicionó 25mL del fertilizante a una concentración de 5g/L por planta, en cuatro ocasiones, cada 15 días, la primera aplicación fue el 22 de junio, la segunda aplicación fue el 06 de julio, la tercera aplicación de los tratamientos fue en el 20 de julio y la cuarta aplicación se realizó el 3 de agosto del 2022. Los tratamientos a los que se les aplicó la fertilización de bocachi (T3, T6 y T7), fue solamente una vez al momento del establecimiento del cultivo, en el que se les agregó 100g de bocachi por camote de cerro.

Tabla 1: Aplicación de fertilización (orgánica e inorgánica) y <i>Trichoderma</i> en cultivo de camote de cerro					
Tratamiento	Fertilización	Fertilización	<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma</i>	Numero de explantes
	peters 20-10-20	bocachi	silvestre	comercial	
T1	0	0	0	0	14
T2	si	0	0	0	14
T3	0	si	0	0	14
T4	si	0	0	si	14
T5	si	0	si	0	14
T6	0	si	0	si	14
T7	0	si	si	0	14

3.1.5 COSECHA DE CAMOTE Y EVALUACIONES

Los explantes de camote de cerro (*Dioscorea* sp) fueron retirados de la maceta, con cuidado de no dañar los tubérculos, los cuales se limpiaron retirando los restos de sustrato, posteriormente fueron depositados en bolsas de papel. Para realizar el pesaje, se utilizó una báscula previamente calibrada, se tomó el dato de pesaje con precaución.



Figura 13. Extracción de tubérculos.



Figura 14. Limpia de residuos y preparación para pesajes de camote de cerro (*Dioscorea* sp.).

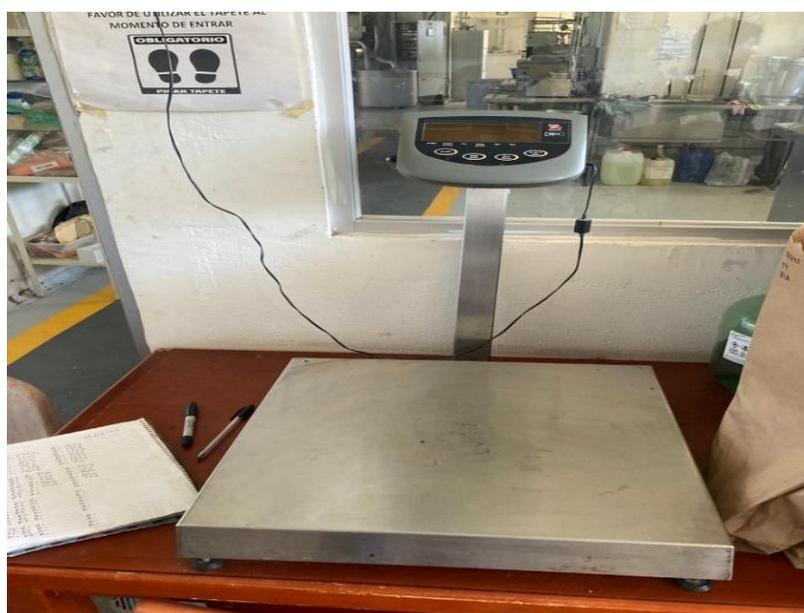


Figura 15. Bascula calibrada para pesajes.



Figura 16. Bolsas con esquejes ya pesados.

3.1.6 EVALUACIÓN DE CLOROFILA

El 08 de septiembre se realizó la medición de clorofila con ayuda de un SPAD-502plus, se tomaron 3 hojas por planta, las cuales fueron tomadas al azar, se obtuvieron los datos de todos los tratamientos.



Figura 17. Medición de clorofila con SPAD-502plus.



Figura 18. Hoja de camote de cerro evaluada con SPAD-502plus.



Figura 19. Hoja de camote de cerro evaluada con SPAD-502plus.

3.1.7 ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CAMOTE DE CERRO EN CHAROLA

Para el establecimiento del proyecto en charola, se utilizaron unos anaqueles y se adaptaron cubriéndose con plástico, los cuales fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 0.2% con ayuda de una bomba manual de aspersión, el sustrato que fue utilizado en charola fue sustrato peatmoss y agrolita en porción de 3 de peatmoss por 1 porción de agrolita, el sustrato fue esterilizado con una autoclave. Las charolas de germinación que fueron utilizadas son de polipropileno de 50 cavidades las cuales solo se utilizaron 25 por cada tratamiento, para evitar que se consuma la humedad dentro de las charolas se utilizaron unas tapaderas de charola de plástico, las charolas y las tapaderas fueron lavadas con detergente y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.2% siendo sumergidas en la solución.



Figura 20. Sustrato peat moss.

3.1.8 PLANTACIÓN DE SEMILLAS CIGÓTICAS

En las charolas se depositó el sustrato con una humedad pertinente y ya desinfectado a la mitad de las cavidades, cuidando de suministrar la misma cantidad de sustrato en todas las cavidades, se realizaron 12 tratamientos con 25 repeticiones cada uno. A los tratamientos se les aplicó 3mL de filtrados de diferentes cepas de *Trichodermas* silvestres al 50%, se seleccionaron las semillas y fueron depositadas en las cavidades y cubiertas con el sustrato. los tratamientos se colocaron dentro de los anaqueles dentro de un cuarto con ambiente cerrado.

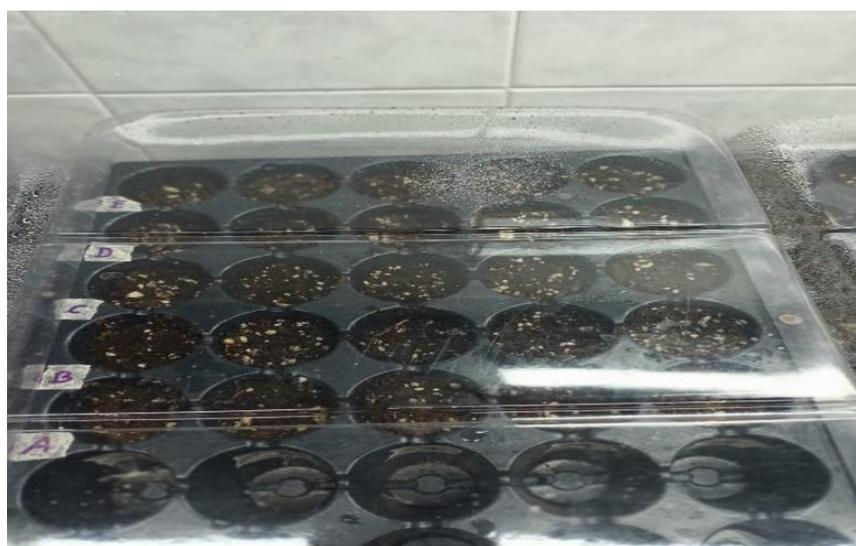


Figura 21. Charolas plantadas con semillas cigóticas.



Figura 22. Establecimiento de charolas en anaqueles.



Figura 23. Establecimiento de charolas en anaqueles.

3.1.9 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN SEMILLAS CIGOTICA

Los tratamientos fueron preparados en un laboratorio cuidando la inocuidad de todos los equipos y herramientas utilizadas, lavando y desinfectando con hipoclorito de sodio al 0.2%. Se utilizó un congelador donde se conservaron los filtrados al 50% de las diferentes cepas de *Trichoderma* silvestres en perfectas condiciones. A los tratamientos se les hizo una sola aplicación del filtrado de *Trichoderma* al 50%, se adicionaron 3mL del filtrado a cada semilla durante el establecimiento del experimento. En total se realizaron 12 tratamientos con 25 repeticiones cada tratamiento, manteniendo una humedad adecuada en el sustrato. Los tratamientos fueron los siguientes: C. Control; T22. *Trichoderma harzianum* (comercial); T3A. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 3A); T7A. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 7A); T11A. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 11A); T13B. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 13B); T14. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 14); T15A. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 15A); T15B. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 15B); T15C. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 15C); T17A. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 17A); T18A. *Trichoderma* sp (silvestre, cepa 18A).

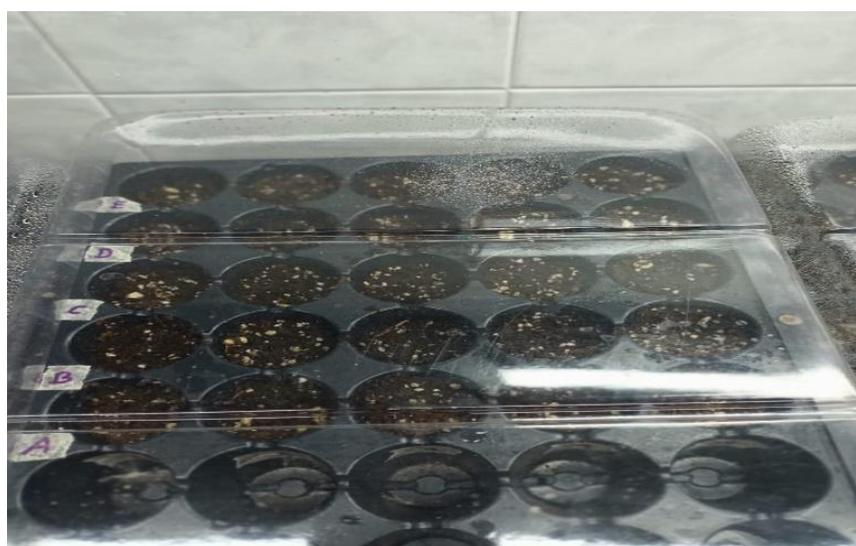


Figura 24. Aplicación de cepas de *Trichoderma*.

3.1.10 MEDICIÓN Y CONTEO DE HOJAS, BROTES Y NUDOS EN LOS TRATAMIENTOS EN SEMILLA CIGOTICA

Para la medición de las plantas se utilizó una regla cuidando de no lastimar los brotes, hojas y no remover el sustrato, meticulosamente se contabilizó el número de brotes, de hojas y de nudos, estas actividades se realizaron en todas las repeticiones de los 12 tratamientos a los 30 y 90 días.



Figura 25. Medición de plantas.



Figura 26. Medición de plantas.



Figura 27. Plantas establecidas en charolas.



Figura 28. Plantas establecidas en charola con baja brotación.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de Trichoderma y otros fertilizantes pueden beneficiar el desarrollo de esta planta de una manera excepcional, pero si combinamos estos dos puede resultar una forma o manera correcta de fertilizar para obtener resultados positivos en un plazo de tiempo corto esta gráfica nos muestra los resultados de las combinaciones que se realizaron en la fertilización de la planta de camote de cerro con el fin de potenciar su desarrollo. La Figura 29, muestra que el Tratamiento 3 que se fertilizo con bocachi un fertilizante orgánico fue el que mejor resultado que se obtuvo sin necesidad de mezclar con Trichoderma

	<p>Figura 29: Cosecha de camote de cerro. T1. Control; T2. Fertilización NPK; T3. Fertilización bocachi; T4. Fertilización NPK+ <i>Trichoderma harzianum</i> (comercial); T5. Fertilización NPK+<i>Trichoderma sp</i> (silvestre 15B), T6. Fertilización bocachi + <i>Trichoderma harzianum</i> (comercial); T7. Fertilización bocachi + <i>Trichoderma sp</i> (silvestre 15B). En la figura la barra representa la media y la línea sobre la barra representa el error estándar. Letras diferentes denotan diferencias significativas LSD ($P>0.05$)</p>
--	---

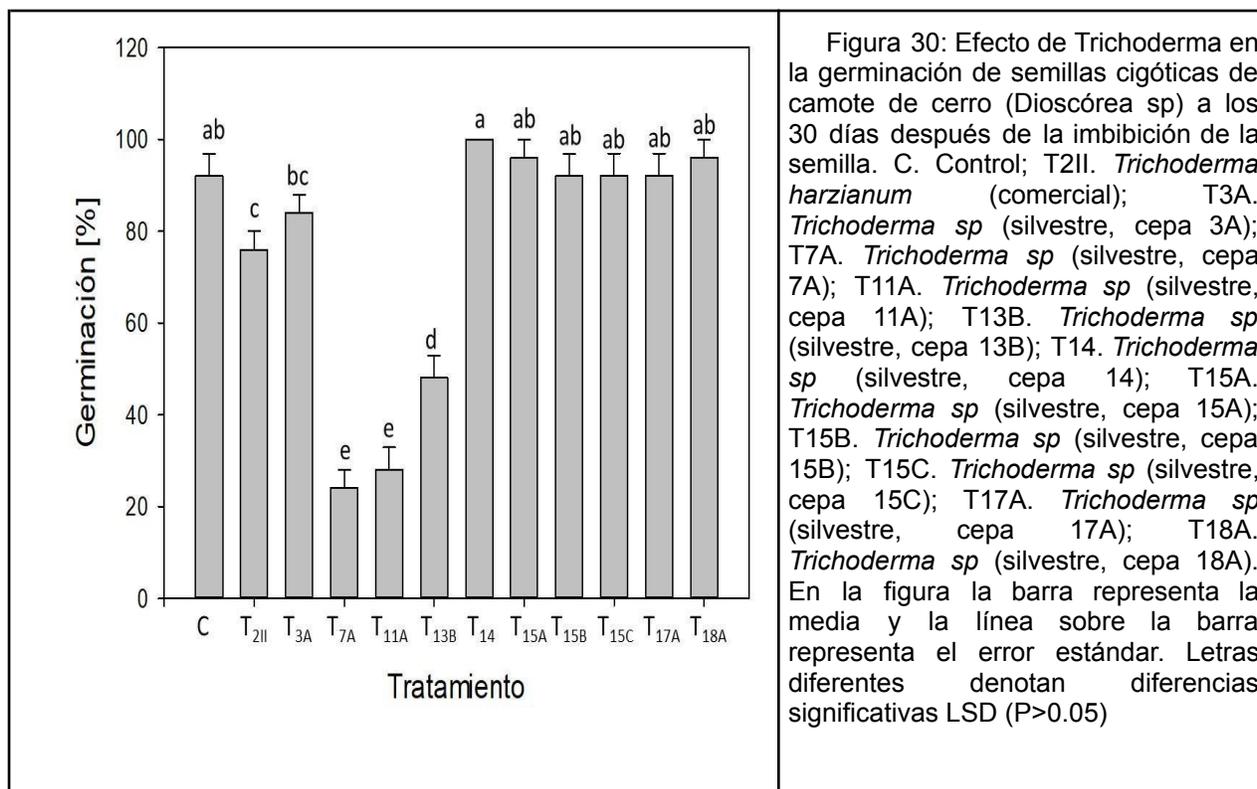
El Tratamiento 7 que se trabajó con bocachi más *Trichoderma* silvestre (cepa 15B), nos muestra que fue el que presentó menor peso del camote de cerro durante la cosecha, en este tratamiento los resultados fueron negativos, cabe mencionar que existieron factores externos que afectaron dicho tratamiento.

Los resultados del estudio demuestran que es viable utilizar *Trichoderma* en el desarrollo de camote de cerro mediante la propagación asexual a partir de camote, como en la brotación de este, ya que los resultados obtenidos en el desarrollo por ejemplo el tratamiento 7 nos muestra que el *Trichoderma* por sí solo no tuvo resultados positivos pero es importante mencionar que durante la investigación existieron factores que pudieron haber influido en el rendimiento y efecto de los tratamientos uno de estos factores fue la lluvia ya que en el tratamiento 7 tuvimos el detalle que se filtraba el agua y se inundaron las macetas del tratamiento 7 lo cual tuvo la consecuencia de que los esquejes de camote la mayoría se pudrieron por el exceso de agua después de unos meses algunos esquejes pudieron brotar pero estar ya estaban a destiempo en comparación con los demás tratamientos y por esto los resultados pudieron ser diferentes.

López (2011), menciona que *Trichoderma* puede ser inoculado al sustrato para semilleros o directamente al suelo en semilleros a campo abierto. También el tratamiento a la semilla (inoculación), se emplea para el combate de hongos fitopatógenos, siendo un método muy rápido, fácil y económico. Otra forma de usarlo es mediante la aplicación en residuos vegetales, que permite disminuir la población de patógenos de los residuos y del suelo. Además, es posible su aplicación de forma foliar.

El uso de *Trichoderma* en la germinación de semillas puede resultar benéfico, ya que actúa como control sobre patógenos y ayudan a la mejor y eficiente germinación de esta.

En la Figura 30, se observó el efecto de las diferentes cepas de *Trichoderma* sp. en la germinación de semillas de camote de cerro en el que se puede observar que el control y el T14, T15A, T15B, T15c, T17A y T18A favorecen la germinación de las semillas de camote de cerro. Mientras que los tratamientos T3A, T7A, T11A, T13B nos muestra un efecto negativo en la germinación de semillas de camote de cerro.



El uso de *Trichoderma* en las plantas sirve para aumentar la resistencia de las hojas contra los hongos patógenos, parásita y elimina los hongos, destruyendo su pared celular mediante enzimas y antibióticos que son excretados al medio. Generan suelos resistentes contra los hongos patógenos, Indirectamente, estimulan el sistema radicular.

Así, pueden asimilar más y mejor los nutrientes, por lo que el uso de *Trichoderma* en este caso en la germinación de semillas de camote de cerro y el desarrollo de plántulas (Tabla 2), podemos observar que los mejores tratamientos se obtuvieron con las cepas silvestres T₁₄, T_{15B} y T_{15C} presentando diferencia significativa comparado con las otras cepas.

Tabla 2. Desarrollo de planta de camote de cerro (*Dioscorea sp*) a partir de semilla (día 90)

TRATAMIENTO	L	NH	NB	NN
C	3.18±0.26ab	0.88±0.05b	0.76±0.07bc	0.24±0.04ab
T2II	2.21±0.33de	0.72±0.19b	0.60±0.14bcd	0.12±0.08b
T3A	0.16±0.16g	0.04±0.04c	0.04±0.04e	0.00±0.00b
T7A	0.00±0.00g	0.00±0.00c	0.00±0.00e	0.00±0.00b
T11A	0.00±0.00g	0.00±0.00c	0.00±0.00e	0.00±0.00b
T13B	0.75±0.21f	0.16±0.04c	0.16±0.04de	0.00±0.00b
T14	2.55±0.09cd	0.96±0.13ab	0.96±0.13ab	0.20±0.09ab
T15A	3.03±0.31abc	0.92±0.08ab	0.96±0.13ab	0.04±0.04b
T15B	2.66±0.16bcd	0.68±0.05b	0.68±0.05bc	0.16±0.04ab
T15C	3.32±0.17a	1.40±0.51a	1.36±0.52a	0.72±0.67a
T17A	1.86±0.12f	0.48±0.14bc	0.44±0.07cde	0.08±0.08b
T18A	2.58±0.25cd	0.76±0.13b	0.60±0.09bcd	0.24±0.10ab

En la tabla se representa la Media ± Error estándar. Las letras diferentes denotan diferencias significativas, prueba LSD (P>0.05)

En el tratamiento T15C podemos ver que los resultados fueron más homogéneos ya que se obtuvo respuesta en los diferentes parámetros de desarrollo.

Estos resultados están basados en desarrollos de la planta después de haber germinado, lo que nos muestran la evaluación de hojas, crecimiento, nudos y número de brotes durante 90 días. Cabe mencionar que el establecimiento de este experimento se realizó durante el periodo otoño-invierno, estableciéndose el 3 de septiembre. Esto causó que las semillas tardaran en germinar, ya que las temperaturas disminuyeron y provocaron la senescencia temprana de las plántulas, acortando el ciclo de las plántulas, ya que el ciclo de la planta pasa por una etapa vegetativa en la que se

genera el camote de cerro (primavera-verano) y finalmente la planta muere (otoño-invierno) para brotar nuevamente en la primavera a través del camote.

Por estas condiciones climáticas las plántulas iniciaron el proceso de senescencia de forma temprana cabe mencionar que por esta situación a los 90 días muchas de las plantas ya habían iniciado ese proceso de muerte y no pudimos realizar las evaluaciones conforme a las fechas planeadas y los resultados variaron influyendo a esta condición.

De acuerdo con Doni et al. 2014, en la práctica se deben tener en cuenta las condiciones ideales de la germinación de la planta, así como su etapa de desarrollo para la aplicación de la cepa y que están íntimamente ligadas con un ambiente favorable (temperatura, humedad, presencia de oxígeno, pH), las condiciones del suelo (estructura, contenido de materia orgánica y nutrientes) y horario de aplicación.

5 CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

El tratamiento de fertilización orgánica en el cultivo de camote de cerro presentó los mejores resultados en la generación de camote de cerro. Sin embargo, cabe mencionar que el cultivo fue establecido a partir de camotes de diferentes especies, lo que puede causar una respuesta variada en el experimento. Se sugiere repetir el experimento con la aplicación de *Trichoderma* silvestre y el fertilizante orgánico.

En la germinación de semillas cigóticas de camote de cerro las cepas de *Trichoderma* T14, T15A, T15B, T15C, T17A, T18A promueven el proceso de germinación. Sin embargo, la cepa comercial (T22) y las cepas silvestres T7A, T11A, T13B tienen un efecto negativo, comparado con el control. En cuanto al desarrollo de las plántulas después de germinada las cepas T14, T15B y T15C presentaron un mejor desarrollo de las plántulas. Por lo tanto, se sugiere evaluar nuevamente el efecto en un experimento donde se establezca en el periodo de primavera-verano. Se sugiere evaluar las cepas que presentaron un efecto positivo en la germinación y desarrollo de plántulas a partir de semillas en el cultivo de camote de cerro.

Estos tratamientos pueden ser empleados por agricultores que deseen cultivar camote de cerro o reforestar. En general los mejores resultados fueron los tratamientos que contenían la fertilización orgánica (bocachi) esto nos beneficia ya que es un fertilizante orgánico y nos ayudará en la conservación de la flora y la fauna.

6 COMPETENCIAS DESARROLLADAS

6.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

Diseños experimentales

- Conoce los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación con fundamentos estadísticos.
- Analiza la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.
- Planea y desarrolla un diseño, recolecta, organiza, analiza e interpreta datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpreta los resultados del análisis.
- Examina a las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos.

7 FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1 BIBLIOGRAFÍA

Acosta, EMC. 1987. El cultivo del Ñame Dioscórea sp. 2ª ed.TOA. Santa Fe de Bogotá, Colombia. p. 79.

Akoroda, M.O. 1983. Principal componen\ analysis and metroglyph of variation among Nigerian yellow yams. Euphytica. 32, 565-573.

Álvarez, A. 2000. Prácticas agronómicas para el cultivo del ñame. En: ñame: producción de semillas por biotecnología. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Biotecnología. pp. 33-39.

Amir, M., Mujeeb, M., Ahmad, A., Ahmad, S., Usmani, S., Ashraf, K. 2013. In vitro propagation and diosgenin quantification by HPLC in callus culture and plant part of Dioscorea deltoidea. Asian Pac. J. Trap. Biomed. 2, 1-4.

Balogun, M.O. 2009. Microtubers in yam germplasm conservation and propagation: The status, the prospects and the constraints. Biotechnol. Mol. Biol. Rev. 4, 1-10.

Basterrechea, R.M.J., Ferrer, H.A., Calzadilla, G.M., Navarro, F.A.E., Pérez, C. 2000. Componentes esteroidales del So/anum chamaeacanthum Griseb. Parte 11.

Benavides, M.A., Hernández, V.R.E.M., Ramírez, R.H., Sandoval R.A. 2010. Tratado de botánica económica moderna. UAAAN. Coahuila, México. pp. 1-15.

Bennett, R.O., Heftmann, E., Prestan Jr., W.H., Haun, J.R. 1963. Biosynthesis of sterols and sapogenins in *Dioscorea spicu/iflora*. Arch. Biochem. Biophys. 103, 74-83.

Bernabé, A., Santacruz, R.F., Cruz, S. 2012. Effect of plant growth regulators on plant regeneration of *Dioscorea remotiflora* (Kunth) through nodal explants. Plan! Growth Regul. 68, 293-301.

Brachet A., Christen P., Gauvrit J-Y, Longerey R., Lantéri P., Veuthey J-L. 2000. Experimental design in supercritical fluid extraction of cocaine from coca leaves. J. Biochem Biophys. Meth. 43, 353-366.

Budzikiewicz, H., Djerassi, C., Williams, D. 1964. Structure elucidation of natural products by mass spectroscopy. Vol 11: Steroidal sapogenins. Ed Holden-Day. 2da. Edición. San Francisco. California. p. 11 O.

Cuevas, S. J. A. 1989. Plantas combustibles del Totonacapan. Mimeo. Unidad de Estudios Etnobotánicos. U.A.CH. Departamento de Fitotecnia, Chapingo. México.

Rodríguez, W. 2000. Botánica, domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). Agronomía Mesoamericana. 11, 133-152.

Téllez, V. O. 1987. Las especies útiles de *Dioscorea* (Dioscoreaceae) en México. Seminario de Investigación Económica. Centro de Biología. UNAM. pp. 1-11.

Vázquez, T. M. 2004. Algunos personajes destacados y los nombres de las plantas. Revista de Divulgación Científica Tecnológica de la Universidad Veracruzana. 17, 21-26.

Vincken, J.P., Heng, L., Groot, A., Gruppen, H. 2007. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*. 68, 275-297.

Von Reis A S. 1977. La investigación del herbario En: Investigación y Ciencia México, D. F. 10: 70-78.

Walden, R. y R. Wingender. 1995. Gene-transfer and plant-regeneration techniques. *Trends Biotechnol.* 13: 324-331.

Yang, D.J., Lu, T.J., Hwang, L.S. 2003. Isolation and identification of steroidal saponins in taiwanese yam cultivar (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto). *J. Agríc. Food Chem.* 51, 6438-6444.

Ye, A., Oo, L., Ib, U., Mi, A. 201 O. Fatty acid composition of *Dioscorea dumetorum* (Pax) varieties. *Afr. J. Food Agríc. Nutr. Develop.* 10, 2956-2966.

Zannou A., Agbicodo, E., Zoundjihékpon, J., Struik, P.C., Ahanchédé, A., Kossou, D.K., Sanni, A. 2009. Genetic variability in yam cultivars from the Guinea-Sudan zone of Benin assessed by random amplified polymorphic DNA. *Afr. J. Biotechnol.* 8, 026- 036.

Zhang, J., Meng, Z., Zhang, M., Ma, D., Xu, S., Kodama, H. 1999. Effect of six steroidal saponins isolated from *Anemarrhenae rhizoma* on platelet aggregation and hemolysis in human blood. *Clin. Chim.Acta.* 289, 79-88.

Zhu, Q., Wu, F., Ding, F., Ye, D., Chen, Y., Li, Y., Zhifan, Y. 2009. Agrobacterium mediated transformation of *Dioscorea zingiberensis* Wright, an important pharmaceutical crop. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 96, 317-324.

Zhu, Y.L., Huang, W., Ni, J.R., Liu, W., Li, H. 2010. Production of diosgenin from *Dioscorea zingiberensis* tubers through enzymatic saccharification and microbial transformation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85, 1409-1416.

Doni et al. 2014. Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. Inoculants. *AMB Express*. Springer. 4:45.

López M., R. 2011. Detección y cuantificación de *Trichoderma harzianum*, y evaluación de su actividad biocontrol frente a la Fusariosis vascular del melón mediante la aplicación de herramientas moleculares. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. España.

Martínez B.; D. Infante; Y. Reyes. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Protección Vegetal*. 28:1.

Internacional Potato Center (2015) Como crece el camote. Disponible en:

<https://cipotato.org/es/sin-categorizar/como-crece-el-camote/#:~:text=El%20camote%20se%20cultiva%20por.los%20agricultores%20siembran%20las%20ra%C3%ADces.>