

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**



INVESTIGACIÓN INFERENCIAL

**Evaluación de planes de fertilización para la producción de esquejes de tallo en
Ipomoea batatas (L.) Lam., *Convolvulaceae*, “camote” San José La Máquina,
Suchitepéquez, Guatemala.**

Por:

Jorge Luis López Ochoa

Carné: 201443774

DPI: 2329913240114

Zero.jllo79@gmail.com

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, JUNIO 2025.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red and white robe, likely a saint or scholar, surrounded by various heraldic symbols including lions, castles, and a crown. The Latin text "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA" is inscribed around the top half, and "CETTES ORBIS INTER CACTEMALENSIS" around the bottom half.

INVESTIGACIÓN INFERENCIAL
Evaluación de planes de fertilización para la producción de esquejes de tallo en
***Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Convolvulaceae*, “camote” San José La Máquina,**
Suchitepéquez, Guatemala.

Jorge Luis López Ochoa
Carné: 201443774
Ph. D. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Supervisor - Asesor

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, JUNIO 2025.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M. A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL
SUROCCIDENTE**

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Director

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTIES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Dr. Luis Gregorio San Juan Estrada
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

M. A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Área Social Humanista

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

Lic. Heinrich Herman León
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO A:

- A DIOS:** Por hacerme una persona perseverante, que no se rinde ante las dificultades y por ayudarme en el transcurso de mi carrera.
- A MIS PADRES:** Norma Areli Ochoa Hernández y Cesar López Jiménez; por el cariño, afecto, valores y motivación que me permitió ser una persona de éxito de bien.
- A MI HERMANA:** Por apoyarme de diversas formas durante el transcurso de la carrera.
- A MI FAMILIA:** Por el cariño y motivación que recibí durante mis muchos años de carrera.

AGRADECIMIENTOS

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Por brindarme el conocimiento a través de sus clases impartidas por los docentes de la carrera ingeniería en agronomía en el CUNSUROC.

Ph. D. Mynor Raúl Oztzy Rosales Por brindarme su apoyo y su gran paciencia durante el proceso de mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS)

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLA (ICTA) CENTRO DE PRODUCCIÓN DEL SUR Por brindarme el acceso para desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

A MIS AMIGOS Domingo Gramajo, Billy Chivilin, Jhony Avila, Juan Godínez, Braulio Cano, Eduardo Regil. Por ayudarme durante las clases, por brindarme su sincera amistad y ayudarme a disipar el estrés del día a día en las clases.

INDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
1. Marco conceptual	4
1.1. Clasificación taxonómica.....	4
1.2. Origen.....	4
1.3. Distribución.....	4
1.4. Descripción botánica	5
1.4.1. Hábito y forma de vida.....	5
1.4.2. Raíz.....	5
1.4.3. Tallo.....	5
1.4.4. Hojas.....	5
1.4.5. Inflorescencia.....	5
1.4.6. Flores	6
1.4.7. Frutos.....	6
1.4.8. Semillas	6
1.5. Ciclo y cosecha del cultivo	6
1.6. Fases fenológicas.....	7
1.7. Importancia del cultivo de <i>I. batatas</i> en Guatemala.....	7
1.8. Esquejes o estacas	7
1.9. Requerimientos de clima y suelo para la producción de <i>I. batatas</i>	8
1.9.1. Temperatura.....	8
1.9.2. Humedad relativa.....	8
1.9.3. Fotoperíodo.....	8
1.9.4. Precipitación	8
1.9.5. Suelos y pH.....	8

1.9.6.	Altitud	8
1.10.	Fertilizantes.....	9
1.10.1.	Macronutrientes.....	9
1.10.2.	Micronutrientes.....	10
1.11.	Fertilizante Urea.....	10
1.12.	Fertilizante Triple 15	11
1.12.1.	Composición.....	11
1.13.	Materia orgánica y su relación con el nitrógeno	11
1.14.	Requerimientos de fertilización en <i>I. batatas</i>	12
1.15.	Preparación del suelo	12
1.16.	Concepto de variables	12
1.16.1.	Variables cuantitativas	12
1.16.2.	Variables discretas	13
1.16.3.	Variable continuas	13
1.17.	Transformación de datos	13
1.17.1.	Logaritmo [$\log (x)$]	13
1.17.2.	Raíz Cuadrada [$\sqrt{x}$].....	13
1.17.3.	Inversa [$1/x$].....	13
1.17.4.	Angular o Arcoseno [$\arcsen \sqrt{x/100}$]	13
1.18.	Descripción de la variedad de ICTA Dorado ^{BC}	14
1.19.	Selección de la semilla vegetativa de <i>I. batatas</i> de la variedad ICTA Dorado ^{BC}	14
1.20.	Calidad del esqueje de tallo de <i>I. batatas</i>	14
1.21.	Preparación del suelo en la variedad ICTA Dorado ^{BC}	15
1.22.	Distanciamiento en la variedad ICTA Dorado ^{BC}	15
1.23.	Elaboración de camellones en la variedad de ICTA Dorado ^{BC}	15
1.24.	Siembra en la variedad ICTA Dorado ^{BC}	15

1.25.	Fertilización recomendada según el ICTA en la variedad ICTA Dorado ^{BC}	16
1.26.	Control de malezas en la variedad ICTA Dorado ^{BC}	16
1.27.	Análisis de suelo	16
1.28.	Extracción de muestras compuesta	16
1.29.	Procedimiento de muestreo de suelo	16
1.30.	Tiempo para realizar cortes	18
1.31.	Investigaciones relacionadas al cultivo de <i>I. batatas</i>	18
1.32.	Costos fijos	18
1.33.	Costos variables	18
2.	Marco referencial	19
2.1.	Nombre de la institución	19
2.2.	Localización	19
2.3.	Vía de acceso	19
2.4.	Ubicación geográfica	19
2.5.	Tipo y objetivos de la institución	19
2.6.	Servicios que presta	19
2.7.	Croquis de las instalaciones del ICTA línea a-5 en San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala	21
2.8.	Zona de vida y clima	21
2.9.	Temperatura	22
2.10.	Humedad relativa	23
2.11.	Tipo de suelo	23
2.11.1.	Clase	23
2.11.2.	Tipo de roca	23
2.11.3.	pH del suelo	23
2.11.4.	Capacidad agrológica	24

2.12.	Precipitación anual	24
2.13.	Identificación de la cuenca	24
2.14.	Donación de semilla vegetativa de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} , convenio No. 008-2020 suscrito con VISAN/MAGA.....	24
V.	OBJETIVOS	26
1.	Objetivo general.....	26
2.	Objetivos específicos.....	26
VI.	HIPÓTESIS.....	27
VII.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
1.	Materiales	28
1.1.	Insumos	28
1.2.	Herramientas	28
2.	Metodología	28
2.1.	Análisis estadístico.....	28
2.1.1.	Diseño experimental	28
2.1.2.	Modelo estadístico.....	28
2.1.3.	Grados de libertad	29
2.2.	Tratamientos evaluados	29
2.3.	Cálculo del aporte del suelo	30
2.3.1.	Aporte del suelo	30
2.3.2.	Factor de conversión	30
2.3.3.	Densidad aparente	30
2.3.4.	Volumen	30
2.3.5.	Masa	30
2.3.6.	Nitrógeno	31
2.3.7.	Potasio	31
2.3.8.	Fósforo	31
2.4.	Requerimiento del cultivo	31

2.5.	Cálculo de requerimiento del cultivo	31
2.5.1.	Cálculo de fósforo	31
2.5.2.	Cálculo de potasio	32
2.6.	Calculo densidad de siembra	32
2.7.	Cálculo de dosis de cada tratamiento	32
2.7.1.	Tratamiento 1	32
2.7.2.	Tratamiento 2	32
2.7.3.	Tratamiento 3	33
2.7.4.	Tratamiento 4	34
2.7.5.	Tratamiento 5	34
2.7.6.	Tratamiento 6	34
2.7.7.	Tratamiento 7	35
2.8.	Las dimensiones y aleatorización del experimento	35
2.9.	Unidades experimental.....	36
2.10.	Parcela neta y bruta.....	37
2.11.	Variable de respuesta	38
2.11.1.	Rendimiento en número de esquejes de tallo.	38
2.11.2.	Vigor de tallo expresado en diámetro promedio de tallo y número de yemas foliares por esqueje.	39
2.11.3.	Identificar que tratamiento de fertilización es más rentable en la producción de esquejes de tallo.	40
2.12.	Análisis de los datos	43
2.13.	Manejo del experimento	43
2.13.1.	Ubicación del experimento.....	43
2.13.2.	Preparación del terreno.....	43
2.13.3.	Control de malezas	44
2.13.4.	Extracción de muestras de suelo.....	45
2.13.5.	Preparación de semilla.....	48
2.13.6.	Siembra	48

2.13.7.	Recolección de datos	49
VIII.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
1.	Efecto en el rendimiento en número de esquejes de tallo.	50
1.1.	Producción promedio total de esquejes de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} por hectárea.	50
2.	Efecto en el vigor de los esquejes expresada en diámetro y número de yemas foliares por esqueje de 30 cm.	52
2.1.	Diámetro promedio de tallo	52
2.1.1.	Primer corte	52
2.1.2.	Segundo corte.....	54
2.2.	Yemas foliares por esqueje de 30 centímetros.	55
2.2.1.	Primer corte	55
2.2.2.	Segundo corte.....	57
3.	Análisis de rentabilidad para la producción total de esquejes de tallo.....	59
IX.	CONCLUSIONES	62
X.	RECOMENDACIONES	63
XI.	REFERENCIAS	64
XII.	ANEXOS	70

INDICE DE TABLAS

Tabla	No.
1. Clasificación taxonómica de <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam., <i>Convolvulaceae</i>	4
2. Composición del fertilizante triple 15.....	11
3. Requerimientos del cultivo de <i>I. batatas</i>	12
4. Etiqueta para identificación de muestras de suelo.....	17
5. Resumen de datos meteorológicos de los años 2013, 2014, 2015 en las instalaciones del ICTA Línea a-5 San José La máquina.....	23
6. Tratamiento de fertilización en kg/ha en <i>I. batatas</i>	29
7. Datos del análisis de suelo.....	30
8. Factor de conversión	30
9. Requerimiento del cultivo de <i>I. batatas</i> en hectáreas.	31
10. Costos fijos	40
11. Costo variable	41
12. Costo total.....	41
13. Indicadores análisis económico	43
14. Análisis de varianza producción total de esquejes de tallo <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	51
15. Análisis de varianza para diámetro promedio de tallo en milímetros en el primer corte.....	53
16. Prueba de medias en diámetro promedio de tallo primer corte.	53
17. Análisis de varianza para diámetro promedio de tallo de <i>I. batatas</i> en el segundo corte.....	55
18. Análisis de varianza número de yemas foliares por esqueje de tallo de 30 cm de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} primer corte.	57
19. Análisis de varianza número de yemas foliares por esqueje de tallo de 30 cm de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} segundo corte.....	58
20. Costos por tratamiento de producción total de esquejes de tallo de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} por hectárea.....	59

21. Análisis de rentabilidad de los tratamiento de fertilización en la producción total de esquejes de tallo de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} por hectárea.	60
22. Producción total de esquejes de tallo de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} por hectárea.....	76
23. Primer corte Diámetro promedio de tallo en milímetros en el primer corte de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	76
24. Segundo corte diámetro promedio de tallo en milímetros segundo corte de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	77
25. Número de yemas foliares por esqueje de 30 cm primer corte de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	77
26. Promedio de número de yemas foliares por esqueje de 30 cm de <i>I. batatas</i> segundo corte de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	78
27. Costos fijos por hectárea.....	79
28. Costos variables tratamiento uno en hectáreas.....	80
29. Costos variables tratamiento dos en hectáreas.....	80
30. Costos variables tratamiento tres en hectáreas.....	81
31. Costos variables tratamiento cuatro.....	81
32. Costos variables tratamiento cinco.	82
33. Costos variables tratamiento seis.	82
34. Costos variables tratamiento siete.	83

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	No.
1. Esquejes de <i>I. batatas</i>	14
2. Distanciamientos en <i>I. batatas</i> , ICTA Dorado ^{BC}	15
3. Delimitación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola “ICTA” en la línea a-5 en San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala.....	21
4. Zona de vida bosque húmedo tropical del ICTA Línea A-5	22
5. Aumento de la producción anual de esquejes de tallo de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	25
6. Área, medidas y aleatorización del experimento aleatorizado.....	36
7. Área y medidas de la unidad experimental.	37
8. Parcela bruta y parcela neta en la unidad experimental.	38
9. Preparación del suelo.....	44
10. Camellones formados.....	44
11. Apertura de agujeros.	45
12. Raspado de los bordes del agujero.....	46
13. Extracción de muestra de suelo.	46
14. Nueve muestras de suelo.....	47
15. Muestras de suelo.	48
16. Producción promedio total de esquejes de tallo de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} por hectárea.....	50
17. Promedio del primer corte de diámetros promedios de esqueje de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	52
18. Promedio del segundo corte de diámetros promedios de esqueje de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	54
19. Primer corte, número promedio de yemas por esqueje de 30 cm de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC}	56
20. Segundo corte, promedio de yemas por esqueje de 30 cm de <i>I. batatas</i> variedad ICTA Dorado ^{BC} primer corte.	57
21. Corte de tallo de <i>I. batatas</i>	70
22. Manojos de tallos <i>I. batatas</i>	71

23. Unidad experimental T1 y T4 primera repetición.	71
24. Medición de largo de tallo de <i>I. batatas</i>	72
25. Cosecha de nueve posturas por unidad experimental de <i>I. batatas</i>	72
26. Conteo de yemas foliares de un tallo de <i>I. batatas</i>	73
27. Diámetro de tallo 30 cm antes del meristemo apical de <i>I. batatas</i>	73
28. Diámetro de la parte central del tallo de <i>I. batatas</i>	74
29. Diámetro de la base del tallo de <i>I. batatas</i>	74
30. Análisis de suelo.	75
31. Terreno de la investigación 10 de junio.	84
32. Siembra de esquejes apicales 13 de junio.	84
33. Crecimiento de esquejes 28 de junio.	85
34. Aplicación de fertilizante.	85
35. Crecimiento del cultivo 10 de julio.	86
36. Crecimiento del cultivo agosto 5.	87
37. Primer corte de esquejes de tallo de <i>I. batatas</i>	88
38. Fabricación de copas para medidas exactas de fertilizante.	88
39. Segundo corte de esquejes.	89

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue evaluar siete tratamientos de fertilizantes en el cultivo de *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Convolvulaceae* de la variedad ICTA Dorado^{BC} para la producción de esquejes de tallo, en San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 28 unidades experimentales, ocupando un área de 12.5 m² por unidad experimental en un distanciamiento de un metro entre surcos y 0.5 metros entre plantas en un área total de 455 m².

Se evaluaron siete dosis, el tratamiento uno consistió en el testigo absoluto, en donde no se aplicó ningún aporte de fertilizante al suelo, en el tratamiento dos se aplicó una dosis de fertilizante $38.92 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro y se aplicó en forma del fertilizante de mezcla física conocido como triple 15 (15%N, 15%P, 15%K), en la primera dosis y en la segunda dosis se aplicó $59.66 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro el cual se aplicó por medio del fertilizante químico urea 46% N, el tratamiento tres está constituido por $196 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro el cual se aplicó en forma de urea y la dosis se distribuyó en dos aplicaciones iguales, en el tratamiento cuatro se aplicó la dosis de $147 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro y se distribuyó en dos aplicaciones iguales, en el tratamiento cinco se aplicó la dosis de $98 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro en forma de urea distribuida en dos aplicaciones, en el tratamiento seis se aplicó la dosis de $245 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro en forma de urea, distribuida en dos aplicaciones, el tratamiento siete se utilizó la dosis de $294 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno puro en forma de urea igualmente aplicada en dos aplicaciones en el cultivo de *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Convolvulaceae* en la variedad ICTA Dorado^{BC}.

Los objetivos fueron determinar qué tratamiento de fertilización produciría un mayor rendimiento en la producción de esquejes de tallo de camote.Cuál de los tratamientos de fertilización tendría mayor vigor expresado en diámetro de tallo y número de yemas foliares por esqueje de 30 cm, y cuál de los tratamientos de fertilización poseería mayor rentabilidad en la producción de esquejes de tallo.

De acuerdo a los resultados el tratamiento que obtuvo la mayor producción total de esquejes de tallo fue el tratamiento siete con $294 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno con una producción de 577,800 esquejes de tallo por hectárea.

El tratamiento que obtuvo el mayor vigor expresado en grosor de tallo fue el tratamiento tres con $196 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno con 4.425 milímetros de grosor en el primer corte y 3.59 milímetros en el segundo corte. Mientras que, en la variable de respuesta, vigor expresado en número de yemas foliares por esqueje de 30 centímetros de largo, el tratamiento cuatro con $147 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno en el primer corte obtuvo una cantidad de 3.46 resultando en tres yemas por esqueje y en el segundo corte con 4.78 yemas por esqueje de tallo equivalente a cinco yemas por esqueje.

El tratamiento que obtuvo mayor índice de rentabilidad en la producción total de esquejes de tallo fue el tratamiento siete con 55.36 % de rentabilidad y una relación de beneficio costo de 1.55.

Se recomienda utilizar el tratamiento siete con $294 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno para aumentar la producción de esquejes de tallo, así como aumentar la rentabilidad de la producción de esquejes de tallo de camote. Así mismo utilizar el tratamiento tres $196 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno para aumentar el vigor de los esquejes de tallo dado a que demostró generar esquejes más gruesos tanto en el primer y segundo corte de esquejes.

I. INTRODUCCIÓN

El camote *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Convolvulaceae*, es una planta cuya cualidad principal son sus raíces reservantes comestibles. Su consumo en Guatemala se caracteriza por ser estacional, principalmente en fechas festivas, sin embargo, *I. batatas* es una fuente importante de carbohidratos, minerales y vitaminas para el consumo humano. (Coyoy, 2022)

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola "ICTA" es una organización que se dedica a la producción y mejoramiento de semillas.

Dentro de los cultivos que se están manejando en el centro de investigación está el cultivo de *I. batatas*, de la variedad ICTA Dorado^{BC} fortificado con beta caroteno, el cual se reproduce de forma asexual mediante el uso de esquejes de tallo.

Sin embargo, la demanda de esquejes de tallo va en aumento, debido a que aumenta la popularidad del cultivo con los agricultores y se necesita un método para incrementar la producción de esquejes de tallo por hectárea para satisfacer la creciente demanda.

En esta investigación se evaluaron siete tratamientos de fertilización con el propósito de aumentar la producción de esquejes de tallo en el cultivo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} en el centro de investigación ubicado en la línea A-5 del municipio de San José La Máquina del departamento de Suchitepéquez, en Guatemala.

La reproducción de esquejes tallo de *I. batatas*, es una práctica fundamental para propagar y establecer nuevas plantaciones. Sin embargo, la cantidad de los esquejes, está relacionada con la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Según Torres & Collates (2015) en suelos ricos en nitrógeno y materia orgánica se estimula el desarrollo vegetativo y su tuberización es limitada.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar y siete tratamientos de fertilización que consisten en siete tratamientos de fertilización y dos testigos, uno absoluto en el cual no se aplicó ninguna fertilización y un testigo relativo donde se aplicó la recomendación del ICTA fertilizante 15-15-15 N-P-K y urea 46 % de nitrógeno, se realizó dos cortes de esqueje de tallo, el primer corte se realizó dos meses después de la siembra del cultivo y el segundo corte se realizó a los cuatro meses después de la siembra del cultivo.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas -ICTA- tiene la responsabilidad de la producción y mejoramiento de semillas de diversos cultivos, por parte del Estado guatemalteco, el ICTA ha establecido convenios con instituciones del mismo Estado como es el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), sobre la entrega de estas semillas.

El ICTA (2022) en el año 2022 proporcionó al MAGA un total de 67,000 esquejes de tallo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC}, la demanda de esquejes de tallo va en aumento, debido a que el cultivo aumenta su popularidad con los agricultores.

Según Torres & Collantes (2015), en suelos ricos en nitrógeno y materia orgánica se estimula el desarrollo vegetativo y su tuberización es limitada.

Para establecer nuevas plantaciones con alta producción de esquejes de tallo de *I. batatas*, es necesario contar con un plan de fertilización que favorezca la calidad y que ayude a incrementar la cantidad del esquejes de producidos, debido a que *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} fortificado con betacaroteno se reproduce de forma asexual utilizando esquejes de tallo.

Por lo tanto, el objeto de estudio son los distintos tratamientos de fertilización que favorezcan el crecimiento de los tallos para aumentar la producción de esquejes de *I. batatas*.

Esta investigación se realizó en un periodo del primer semestre del año 2024 en las instalaciones del ICTA, ubicado en el municipio de San José La Máquina en la línea A-5 del departamento de Suchitepéquez, Guatemala.

Ante el anterior argumento se hace necesario generar las siguientes preguntas:

¿Qué tratamiento de fertilizantes aumentará la producción de esquejes de tallo?

¿Cuál de los tratamientos de fertilizantes producirá un mayor vigor en los esquejes de tallo?

¿Qué tratamiento posee una mayor rentabilidad en la producción de esquejes de tallo?

III. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de *I. batatas* es de gran importancia debido a su valor nutricional y debido a eso es una alternativa para la seguridad alimentaria.

Debido a la importancia del cultivo de *I. batatas*, el ICTA desarrolló la variedad de ICTA Dorado^{BC} el cual está bio fortificado con betacaroteno el cual es un precursor de la vitamina A, lo que aumenta su aporte nutricional.

Sin embargo, el ICTA como organización de dominio público gubernamental tiene la obligación de producir semillas de diversos cultivos, entre ellos está *I. batatas*, también poseen convenios con organizaciones del estado como el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), el cual año con año impone una cuota de producción de esquejes de tallo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC}.

Debido a que la demanda de esquejes de tallo para la siembra del cultivo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} va en aumento el ICTA necesita un método para producir esquejes en mayor cantidad y con mayor vigor de manera eficiente, utilizando un plan de fertilización.

Para favorecer la producción de esqueje se utilizaron distintas dosis de nitrógeno debido a que este elemento nutricional favorece el crecimiento vegetativo y teniendo en cuenta que hasta la actualidad no hay mucha información acerca de cómo producir esquejes de *I. batatas* de calidad debido a que en su mayoría la plantaciones utilizan los tallos obtenidos de plantaciones anteriores, en las cuales la fertilización fue enfocada en la producción de los tubérculos, teniendo esto en cuenta se utilizó como base los requerimientos nutricionales del cultivo de *I. batatas* para la producción de tubérculos de calidad y se modificaron las dosis de nitrógeno empleadas aumentando o disminuyendo la dosis de nitrógeno para favorecer el crecimiento vegetativo para la producción de esquejes.

IV. MARCO TEÓRICO

1. Marco conceptual

1.1. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Convolvulaceae*.

Dominio:	<i>Eukarya</i>
Reino:	<i>Chlorobionta</i>
División	<i>Charophyta</i>
Clase:	<i>Equisetopsida</i> C. Agardh
Subclase:	<i>Magnoliidae</i> Nuevo ex Takht.
Superorden:	<i>Asteranae</i> Takht.
Orden:	<i>Solanales</i> Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia:	!! <i>Convolvulaceae</i> Juss.
Género:	!! <i>Ipomoea</i> L.
Especie:	!! <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.

Fuente. (Tropicos.org. Missouri Botanical Garden, 2025)

1.2. Origen

A pesar de la importancia del boniato en el mundo, el origen, evolución, y distribución geográfica siguen siendo tema de debate entre los investigadores de diferentes países. Los restos más antiguos de boniato son datados de 8080 ±170 a.n.e., descubiertos en cuevas del cañón de Chilca en la zona sur-central de Perú. Todo demuestra que *I. batatas* pudo haber evolucionado por separado en América Central (incluido el Caribe) y América del Sur (Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú). (Rodríguez, 2017)

1.3. Distribución

Su distribución mundial ocurrió muy rápido luego de la llegada de los españoles a América y actualmente constituye un cultivo muy importante en Asia y África. Se sabe que para 1516 se cultivaba en la Península Ibérica; en el mismo siglo XVI es llevada por españoles y portugueses al continente africano y de ahí al sureste asiático; para 1594 se encuentra en China y en 1698 en Japón. (Basurto *et al*, 2015)

Actualmente se cultiva en todo el mundo entre los 40° N y 40° S y en el ecuador alcanza hasta los 3000 m de altitud. Es un cultivo muy importante en países tropicales de Asia,

África y América Latina, y es visto como una de las especies que pueden ayudar a solucionar problemas de seguridad alimentaria. (Basurto *et al*, 2015)

1.4. Descripción botánica

1.4.1. Hábito y forma de vida

Es una enredadera perenne que crece en climas cálidos y se caracteriza por su hábito de crecimiento postrado.

1.4.2. Raíz

Las raíces tuberosas se originan en los nudos del tallo que se encuentran bajo tierra, pueden medir de 30 a 40 cm de longitud y 15 a 20 cm de diámetro. Estas presentan gran variación, de coloración de la pulpa y de la cáscara, de forma y tamaño según el cultivar y tipo de suelo donde se siembren. El color de la cáscara puede variar desde la crema blanquecina, pasando por el anaranjado amarillento y rosado hasta el rojizo morado e intensamente morado. El color de la pulpa puede ser blanco, crema, amarillo, anaranjado o morado. Algunos cultivares tienen un color base de la pulpa con manchas o estrías de un color más oscuro. (Muñoz, 2012).

1.4.3. Tallo

Algo succulento pero algunas veces delgado y herbáceo, glabro o pubescente, ramificado. Comúnmente llamado “guía” o “bejuco”, de consistencia herbácea, predominando la forma cilíndrica, la longitud de sus entrenudos depende del hábito de crecimiento de cada variedad y de la disponibilidad de agua. (León, 2000).

1.4.4. Hojas

Son simples, alternas con arreglo espiral, tienen una longitud de cuatro a veinte centímetros, el borde puede ser entero, lobulado o dentado, no presentan vaina, de inserción aislada, se consideran las siguientes partes: pecíolo: longitud cuatro a veinte centímetros.; surco en la parte ventral; color y pubescencia análoga a la del tallo; glándulas foliares en el extremo distal. El tamaño de las hojas varía con la edad de la guía, variedad y fertilidad del suelo. Por lo general, va de cinco a 15 cm en su diámetro más ancho. (Huamán, 1992).

1.4.5. Inflorescencia

Las inflorescencias es tipo racimo, con raquis de cinco a 20 cm de largo y dos brácteas en su extremo que a veces toman aspecto foliar. Los botones florales tienen colores

característicos, desde verde pálido hasta púrpura intenso. Se deben considerar las siguientes partes: pedúnculo floral: dos, tres hasta 15 mm. (Auris, 1999).

1.4.6. Flores

Cáliz con dos sépalos exteriores oblongos, agudos largamente mucronados, ciliados, nervadura prominente; tres sépalos interiores ovado-elípticos, agudos notablemente mucronados, glabros; corola: infundibuliforme de dos a cuatro centímetros de largo, por dos, tres y cinco centímetros de ancho; bordes de las áreas mesopétalas purpúreos o violetas, interior fuertemente púrpura-rojizo, más en la base. Hay variedades con corola totalmente blanca. Androceo: con cinco estambres de filamentos parcialmente soldados a la corola longitudinal. Según la variedad difiere la altura y posesión de las anteras, en relación con el estigma; gineceo: con ovario súpero bicarpelar, bilocular, con estigma bicapitado. (Chávez, 2002).

1.4.7. Frutos

Es una cápsula redondeada de tres a siete milímetros de diámetro, con apículo terminal. En estado inmaduro presenta colores que varían desde el verde pálido hasta el púrpura. Pubescencia según las variedades. Al madurar toma color marrón - pardo. En la cápsula madura, el apículo se separa por zona de abscisión en la base al ser tocado. Cada cápsula tiene una a cuatro semillas. La maduración se produce de 25-55 días después de la fecundación, según las condiciones climáticas. En climas calurosos el periodo es más corto. (Auris, 1999).

1.4.8. Semillas

Tiene dos a cuatro milímetros de largo, glabras, son negras a veces marrones, opacas. De forma irregular. El tegumento es muy resistente e impermeable, lo que obliga a tratamientos especiales para acelerar la germinación. Conserva el poder germinativo por varios años. La producción de semilla no es rara en la batatas. (Chávez, 2002).

1.5. Ciclo y cosecha del cultivo

El ciclo vegetativo es corto, de tres a seis meses según la variedad. La cosecha, se realiza de forma manual, pero en las áreas de mayor extensión tiende a ser semi-mecanizada o totalmente mecanizada. (Abarca, 2020).

El ciclo de cultivo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} es de 150 días o cinco meses. (Coyoy, 2022).

1.6. Fases fenológicas

Fases fenológicas presentadas por Ruíz *et al*, (2012):

- Crecimiento de guías: Esta fase comprende los primeros 30-40 días desde la siembra de la guía.
- Fase vegetativa: 80 – 90 días después de la siembra.
- Desarrollo raíces: 120 días después de la siembra.

1.7. Importancia del cultivo de *I. batatas* en Guatemala

I. batatas, es una planta cuya cualidad principal son sus raíces reservantes comestibles. Su consumo en Guatemala se caracteriza por ser estacional, principalmente en fechas festivas, sin embargo, *I. batatas* es una fuente importante de carbohidratos, minerales y vitaminas para el consumo humano. (Coyoy, 2022)

En Guatemala el cultivo de *I. batatas* se produce principalmente como cultivo de traspatio, sin embargo, departamentos como Sacatepéquez, Chimaltenango y las Verapaces se encuentran produciendo *I. batatas* en sistema de monocultivo durante todo año. Las regiones principales en las que se cultiva corresponden a un estrato altitudinal cercano a los 1600 a 1800 msnm. (Coyoy, 2022)

Según datos del más reciente Censo Nacional Agropecuario la superficie total cultivada con *I. batatas* alcanza 15 hectáreas, con una producción media de 773.3 toneladas, con un rendimiento promedio de 5.15 ton/h. Los rendimientos relativamente bajos se deben a que generalmente se emplean variedades nativas. (Coyoy, 2022)

El cultivo se encuentra distribuido en regiones bajas, generalmente en zonas de vida como bosque seco subtropical, bosque húmedo subtropical templado, bosque húmedo montano bajo y bosque muy húmedo montano bajo. (Azurdia, 1995)

Las regiones más ricas en *I. batatas* se encuentran en los departamentos de Petén, Santa Rosa, El Progreso, Zacapa, Jutiapa, Izabal, Baja Verapaz, Chiquimula, Guatemala y Escuintla. (García, 2016)

1.8. Esquejes o estacas

Según Fernández *et al*, (2016), las estaca y esqueje son unidades reproductoras que se obtienen separando de la planta madre en segmentos que contenga zonas meristemáticas (nudos y entrenudos). Pueden obtenerse de tallos, de hojas o raíces, que

colocadas en condiciones favorables son capaces de formar un nuevo individuo con caracteres iguales a la planta madre.

1.9. Requerimientos de clima y suelo para la producción de *I. batatas*

1.9.1. Temperatura

El cultivo de *I. batatas* es de origen subtropical por lo que necesita temperatura promedio de 24°C, y noches frescas. La temperatura nocturna es el factor más importante para el crecimiento de *I. batatas*. Por debajo de 10 °C deja de crecer. La temperatura del suelo para implantar el cultivo debe ser mayor a 16 °C, pero menor a 30 °C ya que estas promueven crecimiento de la parte aérea, disminuyendo el crecimiento de las raíces. (Martí, 2014)

1.9.2. Humedad relativa

Necesita de un ambiente húmedo (80-85% Humedad Relativa) y buena luminosidad. (Folquer, 1978).

1.9.3. Fotoperíodo

El fotoperíodo largo y de gran luminosidad estimula el crecimiento vegetativo de *I. batatas*, en cambio el fotoperíodo corto y la baja radiación favorecen a la floración y al engrosamiento de las raíces. (Folquer, 1978).

1.9.4. Precipitación

Requiere de precipitaciones de 550 a 680 mm distribuido durante el ciclo vegetativo. Es sumamente resistente a la sequía por su sistema radicular ramificado, aunque afecta considerablemente a la producción (Folquer, 1978).

1.9.5. Suelos y pH

El cultivo de *I. batatas* se produce bien en diferentes tipos de suelo. Se consideran ideales los areno – arcillosos, con buen drenaje, fertilidad media a alta; pH entre 5,6 a 6,5. (Oviedo *et al*, 2021).

1.9.6. Altitud

El cultivo se adapta desde el nivel del mar hasta los 2,500 m de altura, pero las plantaciones comerciales se cultivan entre los 0 y 900 msnm. (Nations, 2014).

1.10. Fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias o compuestos químicos que se utilizan en la agricultura y la jardinería para enriquecer el suelo con nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos nutrientes suelen ser macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), así como micronutrientes como hierro, manganeso, zinc, entre otros. Los fertilizantes se aplican con el propósito de mejorar la fertilidad del suelo y, en consecuencia, aumentar la producción y la calidad de los cultivos. (Rotoplas Agro, 2023)

1.10.1. Macronutrientes

Nitrógeno (N)

Es un componente importante de las proteínas, hormonas, clorofila, vitaminas y enzimas esenciales para la vida vegetal, así como para el material genético (ácidos nucleicos). El metabolismo del nitrógeno es un factor importante en el crecimiento del tallo y de las hojas (crecimiento vegetativo).

Síntomas típicos de carencia: Las hojas presentan una coloración amarillenta, retraso en el crecimiento. (Haifa Group, 2024)

Fósforo (P)

Como un componente de ATP, la molécula que almacena la energía en la célula viva, el fósforo es esencial para todos los procesos que consumen energía en la planta. Es un ingrediente importante en los aminoácidos y es un componente de la membrana celular. El fósforo también está relacionado al material genético en las plantas y es necesario para la germinación de las semillas, la fotosíntesis, la formación de proteína, la formación de las flores y frutos y casi todos los procesos de crecimiento y metabolismo.

Síntomas típicos de carencia: Los tallos y las hojas se vuelven de color púrpura, retraso en el crecimiento y maduración, mala floración, caída prematura de flores y frutos. (Haifa Group, 2024)

Potasio (K)

Es necesario para la formación de azúcares y almidón en la planta. Participa en la síntesis de proteínas y en la división celular. Al ser un componente vital de la pared celular, el potasio mejora la rigidez y la resistencia de las plantas. Este elemento es responsable de la apertura y cierre de los estomas, por lo tanto, es necesario para ajustar el equilibrio de

agua en la planta. El potasio también mejora el sabor y color de los cultivos hortofrutícolas y aumenta el contenido de aceite de las frutas y es importante para cultivos de hoja.

Síntomas típicos de carencia: Las hojas presentan una coloración amarillenta entre las venas, las hojas moteadas, manchadas o rizadas, se puede observar quemaduras en las hojas. Los síntomas de carencia aparecen primero en las hojas más viejas. (Haifa Group, 2024)

1.10.2. Micronutrientes

Calcio (Ca)

Es un importante componente estructural de las paredes celulares. Es necesario para el crecimiento y la división celular e influye en el movimiento del agua en las células. En ciertas plantas, el calcio es necesario para absorber nitrógeno. En general, el calcio es un que mejora la calidad y el rendimiento, y prolonga la vida útil.

Síntomas típicos de carencia: Pudrición localizada de los tejidos y la consiguiente inhibición del crecimiento, quemaduras en las puntas de las hojas y en las puntas de las raíces. (Haifa Group, 2024)

Magnesio (Mg)

Es un componente clave de la molécula de clorofila, por lo que es esencial para la fotosíntesis y la formación de carbohidratos. Este elemento participa en las reacciones enzimáticas y ayuda en la generación de energía.

Síntomas típicos de carencia: Bandas de color amarillo entre las venas de la hoja. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas y avanzan hacia las hojas jóvenes a medida que empeora la carencia. En casos graves, puede aparecer necrosis. (Haifa Group, 2024)

Azufre (S)

Es un componente de los aminoácidos, proteínas y enzimas. También es esencial para la síntesis de clorofila.

Síntomas típicos de carencia: Las hojas se vuelven de color verde claro. (Haifa Group, 2024)

1.11. Fertilizante Urea

La urea granular es un fertilizante químico de origen orgánico. La urea 46% granular es, de entre los fertilizantes sólidos, la fuente nitrogenada de mayor concentración de

nitrógeno, con un 46 % en forma ureica, con grandes ventajas desde el punto económico y de manejo de cultivos en los que se precisan una gran cantidad de nitrógeno. (AGRO ALPANSEQUE S.L., 2021)

1.12. Fertilizante Triple 15

Es un abono mineral de alta calidad indicado para multitud de cultivos. Se utiliza principalmente cuando se busca satisfacer las necesidades nutritivas de la planta de forma equilibrada. El abono mineral 15-15-15 contiene nitrógeno, fósforo y potasio. (Projar Group, 2023)

Se utiliza en todo tipo de cultivos en general. Favorece el desarrollo radicular, el crecimiento de fruto o el desarrollo vigoroso de la planta verde. (Projar Group, 2023)

1.12.1. Composición

Tabla 2. Composición del fertilizante triple 15.

15%	Nitrógeno total (N)
	15% de Nitrógeno Amoniacal
15%	Pentóxido de Fósforo (P₂O₅) total
	13,50% Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅) soluble en agua
15%	Óxido Potásico (K₂O) soluble en agua

Fuente. Projar Group, (2023).

1.13. Materia orgánica y su relación con el nitrógeno

La materia orgánica es el residuo de plantas y animales incorporados al suelo, y se expresa en %. El contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes. (Kass, 1996)

Contenidos muy bajos de MO (menores de 6%) sugieren una baja disponibilidad de N además de problemas físicos, principalmente relacionados con la porosidad, propiedad que afecta la retención de humedad y la aireación.

Y niveles muy altos de MO (mayores de 16%) indican limitaciones en la mineralización de esta y, por ende, una menor disponibilidad de N. (Kh., 2018)

1.14. Requerimientos de fertilización en *I. batatas*

Requerimientos promedios del *I. batatas*, que es la recomendación general para el *I. batatas*. Esta fertilización es para un rendimiento de 45,250 Kg/Ha (100,000 Lbs/Ha) de producto exportable esto incluye un 15% de perdidas, tabla 3. (Lardizába, 2004).

Tabla 3. Requerimientos del cultivo de *I. batatas*

Elemento	Kg/ha
N	196
P ₂ O ₅	204
K ₂ O	341
Ca	81
Mg	55

Fuente. Lardizába, (2004).

1.15. Preparación del suelo

I. batatas es un cultivo igual que las otras raíces tropicales, requiere una buena preparación del suelo, debe estar libre de piedras y troncos. Se debe hacer una rotura del terreno mediante un pase de arado, preferiblemente arado de cincel para romper capas que se hayan formado en el terreno, luego se recomienda un pase de rastra para afinar los terrones formados, para garantizar una buena aireación del suelo y permitir la penetración de las raíces, además, permite realizar un control de malezas y finalmente un alomillado con una altura entre 40-50 cm, para permitir un buen desarrollo de los tubérculos y evitar mal formaciones que afecten su comercialización. (Murillo J., 2009).

1.16. Concepto de variables

Es toda característica medida en un estudio y se realice su medición en números (variables cuantitativas: edad o peso) o en categorías (variables cualitativas o categóricas). Se denomina variable porque, aunque podemos prever los valores posibles (espacio muestral), el valor observado en un momento dado en un individuo, grupo, comunidad o población es cambiante. (Sangrador, 2018)

1.16.1. Variables cuantitativas

Son aquellas que se expresan mediante un número, por tanto, se puede realizar operaciones aritméticas con ellas. Puede ser discretas o continuas. (Sangrador, 2018)

1.16.2. Variables discretas

Las variables discretas se representan con números enteros, por ejemplo: La cantidad de semáforos que hay en una ciudad puede ser 47 pero no 47.3. (Giani, 2022)

1.16.3. Variable continuas

Las variables continuas, con números reales, por ejemplo: La altura que tienen los semáforos de una ciudad puede ser 10.51 m, 11.32 m, etc. (Giani, 2022)

1.17. Transformación de datos

En estadística, la transformación de datos se utiliza para ajustar valores de una variable a una distribución normal. Los datos se pueden transformar usando por ejemplo la raíz cuadrada o el logaritmo para asegurarse que los datos se ajusten a los supuestos de los modelos. (Jiménez, 2022)

1.17.1. Logaritmo [$\log(x)$]

Está indicada cuando existe una distribución muy sesgada a la derecha o a la izquierda, si existen valores pequeños, menores que 10 y especialmente ceros, es más adecuada la transformación $\log(x+1)$. (Bustamante *et al*, 2019)

1.17.2. Raíz Cuadrada [$\sqrt{x}$]

Está indicada cuando estamos tratando con conteos o recuentos de acontecimientos siguen una distribución Poisson moderadamente sesgada a la derecha o moderadamente a la izquierda, si existen valores pequeños, menores que 10, y especialmente ceros, es más adecuado la transformación $\sqrt{x+1}$. (Bustamante *et al*, 2019)

1.17.3. Inversa [$1/x$]

Está indicada para casos pocos comunes en los datos presentan una alta variabilidad y las varianzas son proporcionales a las medias elevadas a la 4. Los datos presentan una distribución fuertemente sesgada a la derecha (J invertida) o moderadamente a la izquierda (en forma de J), si existen valores pequeños especialmente ceros, es más adecuado sumarle 1 para que no existe una indefinición. (Bustamante *et al*, 2019)

1.17.4. Angular o Arcoseno [$\arcsen \sqrt{x/100}$]

Cuando los datos son proporciones o porcentajes de la muestra total, tiene una distribución binomial en vez de una distribución normal. En los datos binomiales, las varianzas tienden a ser pequeñas en los dos extremos de los intervalos de valores (ceranos a 0 y 100%), pero mayores en el medio (alrededor del 50%). Cuando el

intervalo de porcentajes esta entre 0 y 20, o bien 80 y 100, pero no ambos, se recomienda la transformación raíz cuadrada. (Bustamante *et al*, 2019)

1.18. Descripción de la variedad de ICTA Dorado^{BC}

Planta de follaje denso, de crecimiento postrado, caracterizado por la coloración morada en los tallos, hojas acorazonadas, flor de color morado tenue. La raíz reservante es de piel y pulpa naranja intenso y de forma redondeada a elíptica. El rendimiento promedio es de 20 a 24 toneladas por hectárea. Cuenta con 133 ppm (mg/kg) de betacarotenos y 21 % de materia seca. De acuerdo con el rango altitudinal de adaptación, el ciclo vegetativo de esta variedad oscila entre los cuatro a cinco meses hasta la cosecha. (Coyoy, 2022)

1.19. Selección de la semilla vegetativa de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC}

El cultivo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} se reproduce de forma asexual mediante semilla vegetativa, esquejes de tallo que son segmentos de tallo. Los esquejes de mejor calidad son aquellos que se obtienen de la parte apical de los tallos (figura 1), aproximadamente de 0.30 m de longitud, considerando importante que cada esqueje contenga cinco a seis yemas foliares, esto permitirá que se logre un mejor desarrollo de la planta. (Coyoy, 2022)



Figura 1. Esquejes de *I. batatas*

Fuente. Coyoy, (2022).

1.20. Calidad del esqueje de tallo de *I. batatas*

El esqueje que produce la mejor calidad y el mayor rendimiento son las puntas de los tallos. (Zúñiga, 2009)

Los esquejes deben tener un buen grosor (más de 0.5 cm de diámetro), de 25 a 30 cm de largo y con cuatro a cinco nudos. No se recomienda utilizar esquejes muy delgados debido a que son muy susceptibles a la deshidratación y muerte. (PROCOMER, 2024)

1.21. Preparación del suelo en la variedad ICTA Dorado^{BC}

Deberá realizarse un laboreo profundo del suelo, para facilitar el desarrollo de las raíces reservantes. Previo a la siembra es recomendable incorporar materia orgánica, a razón de cuatro toneladas por hectárea. (Coyoy, 2022)

1.22. Distanciamiento en la variedad ICTA Dorado^{BC}

Con la finalidad de obtener mayor uniformidad de las raíces, se recomienda un distanciamiento de un metro entre surcos y 0.50 m entre plantas, pudiendo acortarse hasta 0.30 m entre planta como se muestra en la figura 2. (Coyoy, 2022)

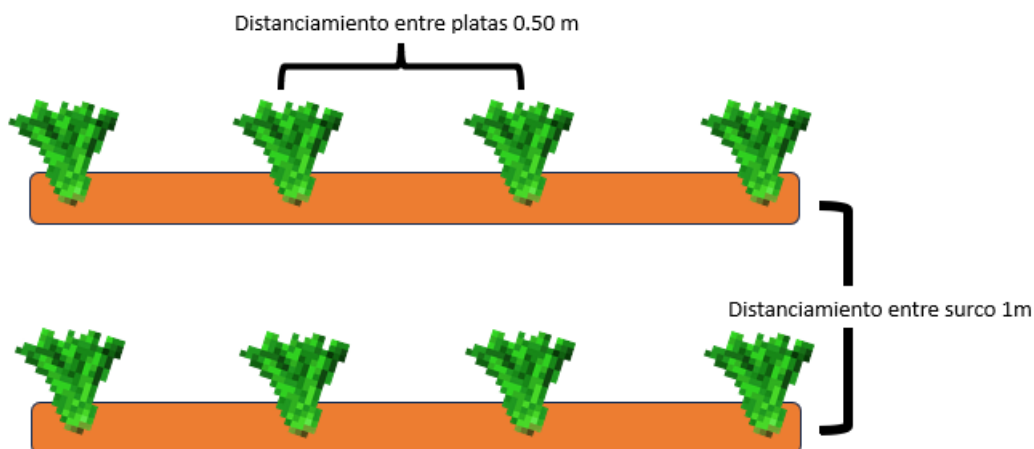


Figura 2. Distanciamientos en *I. batatas*, ICTA Dorado^{BC}.

Fuente. Coyoy, (2022).

1.23. Elaboración de camellones en la variedad de ICTA Dorado^{BC}

Previo a plantar los esquejes deben elaborarse camellones de aproximadamente 0.25 a 0.30 m de altura y 0.40 m de ancho. (Coyoy, 2022)

1.24. Siembra en la variedad ICTA Dorado^{BC}

Una vez elaborados los camellones, se deben emplear esquejes que contengan de cinco a seis yemas, de las cuales deben enterrarse cuatro a cinco, para lograr un buen desarrollo de raíces y parte aérea de la planta.

Los esquejes deben ser plantados de manera inclinada, más o menos a 45 grados de inclinación. Para la siembra el esqueje no requiere del uso de enraizadores, aunque el uso de los mismos es opcional. (Coyoy, 2022).

1.25. Fertilización recomendada según el ICTA en la variedad ICTA Dorado^{BC}

Para un adecuado desarrollo del cultivo, se deben aplicar cuatro quintales de fertilizante químico 15-15-15 N-P-K por hectárea, a los 30 días después de la siembra; y dos quintales de urea (46-0-0) a los 60 días después de la siembra. (Coyoy, 2022).

1.26. Control de malezas en la variedad ICTA Dorado^{BC}

Durante todo el ciclo del cultivo es conveniente mantener la plantación libre de malezas. Se recomienda realizar de dos a tres limpiezas: la primera a los 20 días después de la siembra, la segunda a los 40 días juntamente con el aporque, y de ser necesario a los 60 días. (ICTA, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 2022).

1.27. Análisis de suelo

El análisis de suelos es una herramienta de utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización. Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. (Molina, 2024)

1.28. Extracción de muestras compuesta

Es necesario contar con herramientas limpias y con bolsas nuevas para evitar cualquier tipo de contaminación. (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, 2020)

En cada punto donde recolecten las muestras se deben seleccionarse al azar dejando un distanciamiento de aproximadamente cinco metros lejos de los cercos, caminos, quebradas, basureros, casas y otras construcciones para evitar errores con el análisis químico del suelo. (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, 2020)

1.29. Procedimiento de muestreo de suelo

Pasos para efectuar un análisis de suelo según el ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, 2020)

Paso 1

Si utiliza una pala, se tiene que limpiar la superficie. Se elabora un agujero con una profundidad de 20 cm, en esta zona se localiza el 85% de las raíces absorbentes de

nutrientes de los cultivos anuales. En cultivos permanentes o semipermanentes se debe muestrear de 20 a 50 cm de profundidad.

Paso 2

Después de abrir un agujero de 20 cm de profundidad, se procede a extraer una tajada del suelo de las paredes, esta debe ser de tres a cinco centímetros de espesor. La tajada extraída debe cubrir totalmente la pala.

Paso 3

Se eliminan los extremos de suelo y se deja cinco centímetros de ancho de la porción central de la superficie de la pala y se deposita en una cubeta. Esta porción es una submuestra. Se deposita cada submuestra extraída (15 submuestras como mínimo) en una cubeta. Cuando se muestree a dos profundidades se debe usar dos recipientes y en cada uno depositar las submuestras extraídas a diferentes profundidades.

Paso 4

Los residuos de raíces, montes, piedras, etc. Se extraen de la muestra compuesta para que esté libre de impurezas. De esta mezcla debe tomarse una o dos libras para enviarlas al laboratorio el resto del suelo se desecha.

Paso 5

La muestra representativa obtenida debe colocarse en una bolsa de plástico resistente que sea nueva e identificada con los datos que se indican en la etiqueta como aparece en la tabla 4.

Tabla 4. Etiqueta para identificación de muestras de suelo.

Nombre del agricultor:

Aldea:	Muestra No.:
Municipio:	Cultivo:
Departamento:	Área que representa:
Fertilizante utilizado:	No. De submuestra:
Cantidad por manzana:	Profundidad:
Fecha del muestreo:	

Fuente. (Laboratorio de suelos - ICTA, 2024)

1.30. Tiempo para realizar cortes

Según Herrera (1987), a los 60 días (dos meses) el cultivo de *I. batatas* presenta diferencias marcadas en el largo y diámetro en los esquejes de *I. batatas*, mientras que a los 150 días no hay diferencias significativas. debido a esto los cortes y las mediciones se efectuará en un periodo de 60 días después de establecer el experimento.

1.31. Investigaciones relacionadas al cultivo de *I. batatas*

Según Herrera (1987), a los 60 días y a los 120 días se empieza a detectar diferencias marcadas en el crecimiento de los tallos de *I. batatas* en diametro central y longitud, mientras que a los 150 días no se detectaron diferencias significativas.

según López (2021), se recomienda cosechar esquejes para semilla de plantas con una edad minima de dos meses y medio.

Según Ccente (2010), El follaje está conformado por los tallos y la longitud de los entrenudos dependen la disponibilidad de agua en el suelo.

1.32. Costos fijos

Los costos fijos son costos que son independientes del volumen. Los costos fijos son costos que se basan en el tiempo en lugar de la cantidad producida o vendida por su negocio. Ejemplos de costos fijos son los costos de alquiler y arrendamiento. (Santa Clara University My Own Business Institute, 2020)

1.33. Costos variables

Los costos variables son costos que cambian a medida que cambia el volumen.

Ejemplos de costos variables son las materias primas, la mano de obra a destajo, los suministros de producción, las comisiones, los costos de entrega, los suministros de embalaje. (Santa Clara University My Own Business Institute, 2020)

2. Marco referencial

2.1. Nombre de la institución

La investigación se llevó a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas “ICTA”.

2.2. Localización

En San José La Máquina, por medio de las estaciones experimentales ubicadas en las líneas A5 y B6 a la orilla del río Icán. (ICTA, 2024)

2.3. Vía de acceso

Desde la ciudad de Guatemala se toma la ruta CA-9 sur en dirección a Escuintla en el kilómetro 58, la cual se encuentra asfaltada, sin embargo, se encuentra en malas condiciones debido a la falta de mantenimiento, luego la CA-2 ruta al pacífico que conecta al kilómetro 167 de Cuyotenango, desde este lugar se vira a la izquierda por la Ruta Departamental de Suchitepéquez denominada SCH-7 hasta llegar al municipio de San José La Máquina ubicado en el kilómetro 196. (Morales, 2017)

ICTA, posee dos estaciones experimentales en la línea A-5 y B-6 en San José La Máquina, Suchitepéquez (ICTA, 2024)

2.4. Ubicación geográfica

La puerta de entrada está ubicada en las coordenadas de latitud norte 14°21'01.3" N y longitud oeste 91°32'16.9" W, con una altitud promedio de 57 m. s. n. m.

2.5. Tipo y objetivos de la institución

Institución de dominio público, gubernamental.

2.6. Servicios que presta

- Capacitaciones a agricultores, estudiantes, ONGs, promotores agrícolas, empresas agrícolas en los cultivos de *Zea mays* L, *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Manihot esculenta* Crantz, *Oryza sativa* L., *Sesamum indicum* L., *Hibiscus sabdariffa* L., *Sorgo bicolor* (L.) Moench, abonos verdes.
- Servicios fitogenéticos de la región cooperación y vinculación con centros internacionales de investigación agrícola por medio de la conducción de investigaciones, nacionales y regionales en los cultivos de (*Z. mays*, *M. esculenta*, *O. sativa*, *Phaseolus vulgaris* L.).
- Vinculación con centros de investigación agrícola como: CYMMIT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), CIAT (Centro Internacional de

Agricultura Tropical), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

- Trasferencia de técnicas en campos de agricultores por medio de investigaciones, avanzadas, de *Z. mays*, *I. batatas*, *M. esculenta* y *O. sativa*.
- Promoción de tecnologías referentes al ámbito agrícola como manejo agronómico.
- Intensificación sustentable en cultivos haciendo uso de parcelas demostrativas en el ICTA en estaciones experimentales y campos de agricultores.
- Apoyo en capacitación y traslado de muestras de suelo, a laboratorios de oficinas centrales del ICTA.
- Traslado e identificación de muestras de problemas fitosanitario de cultivos de importancia en la región al laboratorio de protección vegetal.
- Colecta y resguardo de recursos de germoplasma al banco de oficinas centrales,
- Enlace para la adquisición de semillas certificadas a los cultivares certificados del ICTA.
- Apoyo a la capacitación y formación de profesionales en el hábito agrícola (practicantes EPS, intercambios, voluntariados).
- Coordinación de investigaciones, producción de semillas y capacitaciones (Morales I. C., 2024).

2.7. Croquis de las instalaciones del ICTA línea a-5 en San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala.

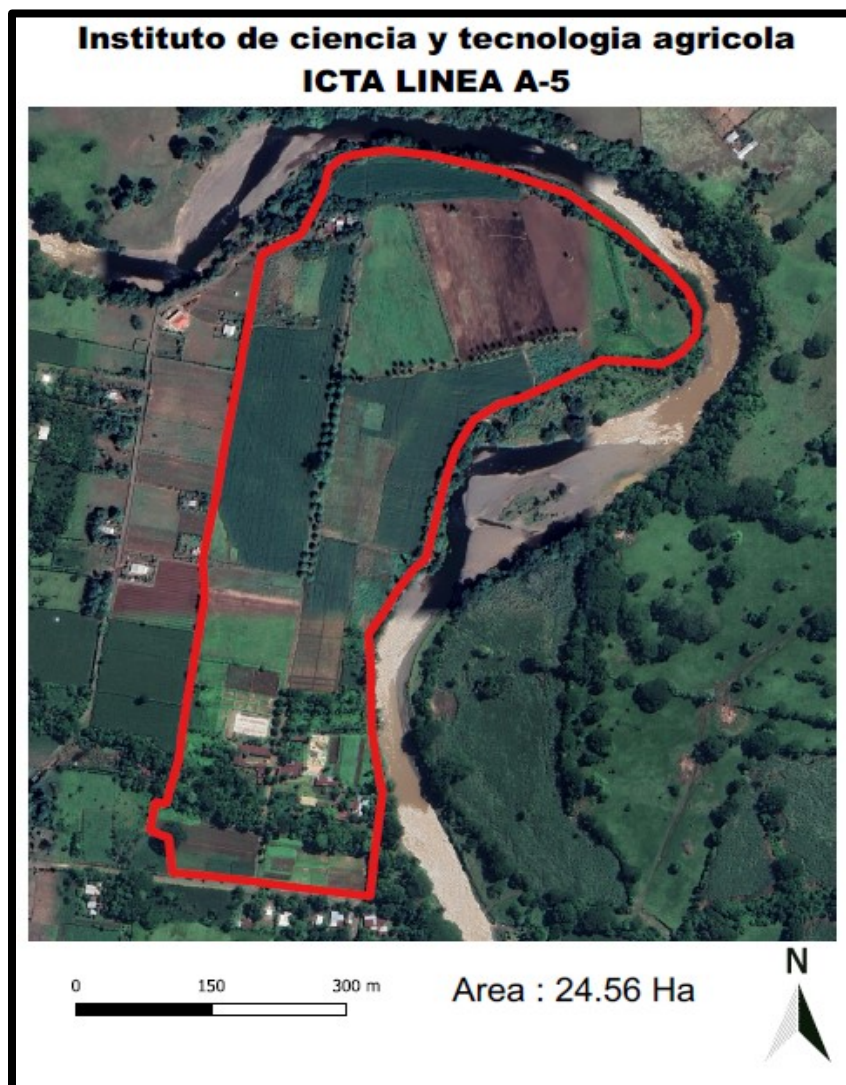


Figura 3. Delimitación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola “ICTA” en la línea a-5 en San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala.

2.8. Zona de vida y clima

De acuerdo al sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge según la interpretación de Irungaray *et al* (2018), el centro de investigación de la línea A-5, se encuentra en la zona de vida de Bosque húmedo tropical (bh-T) como se logra apreciar:

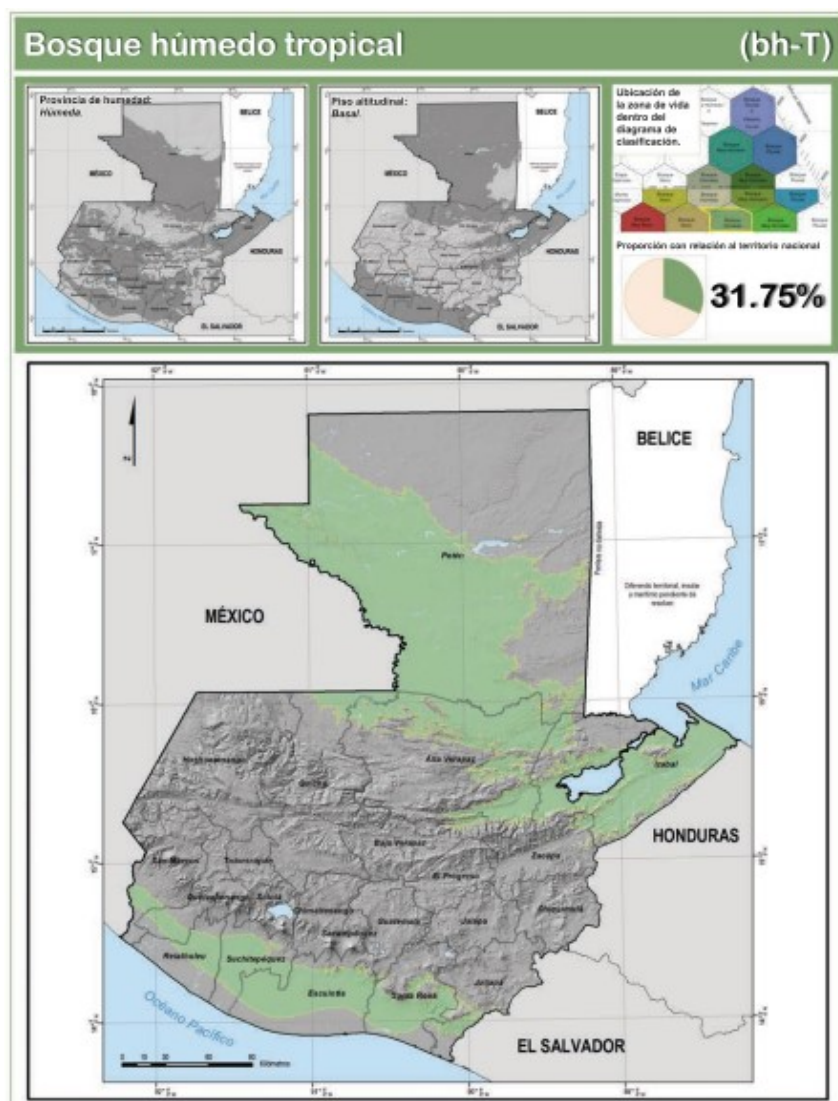


Figura 4. Zona de vida bosque húmedo tropical del ICTA Línea A-5
Fuente. (Irungaray et al, 2018)

En la temporada de lluvia es nublado, la temporada seca es mayormente despejada y es muy caliente y opresivo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 34 °C. (Cedar Lake Ventures, Inc., 2024)

2.9. Temperatura

Datos promedios registrados por un termómetro en el ICTA de los años 2013, 2014 y 2015, obtenido de los registros del centro de investigación ubicado en la línea A5 como se logra ver en la tabla siguiente.

Tabla 5. Resumen de datos meteorológicos de los años 2013, 2014, 2015 en las instalaciones del ICTA Línea a-5 San José La Máquina.

Precipitación	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Humedad Mínima	Humedad Máxima
1820.7 mm	21.067 °C	31.75 °C	27.5%	81.8%

Fuente. Morales I. C., (2024).

La temperatura mínima promedio es de 21.067 grados centígrados

La temperatura máxima es de 31.75 grados centígrados

2.10. Humedad relativa

Humedad mínima es de 27.5 %

Humedad máxima es de 81.8 %

2.11. Tipo de suelo

2.11.1. Clase

Los suelos según su origen según Charles S. Simmons, (1959) son de la serie Ixtán.

El sistema de clasificación USDA los describe como suelos de tipo vertisol con alto potencial de fertilidad en la producción agrícola, pero tienen limitantes en lo que se refiere a su labranza, porque cuando están secos son muy duros y cuando están mojados son muy plásticos, con el sub orden Uderts el cuales son Vertisoles que no están secos en su interior por más de 90 días. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. (Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA); Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID), 2000)

Cuentan con una profundidad efectiva de 100 cm, y el riego de erosión es bajo. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2006)

2.11.2. Tipo de roca

El tipo de roca es sedimentaria (Qa) (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2006)

2.11.3. pH del suelo

El pH del suelo es de 7.10 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2006)

2.11.4. Capacidad agrológica

Los suelos de San José La Máquina son aptos para la agricultura, aunque presentan limitaciones de uso moderadas respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. (Morales, 2017)

2.12. Precipitación anual

La precipitación promedio de lluvia anual estimada en el área del ICTA línea A-5 es de 1820.7 mm

Con base a tres años en que se mantuvo registro de la precipitación obtenida en 2013, 2014 y 2015.

2.13. Identificación de la cuenca

Cuenca del río sis-icán, de la vertiente del Pacífico de la región de la Llanura Costera del Pacífico (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2006)

2.14. Donación de semilla vegetativa de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}, convenio No. 008-2020 suscrito con VISAN/MAGA.

El ICTA ha comprobado que la semilla mejorada es el factor que más incide en elevar la producción y la productividad agrícola. Las semillas mejoradas que ofrece ICTA han sido seleccionadas con ayuda humana mediante métodos específicos y se caracterizan por poseer propiedades de excelencia, tales como: precocidad, alta producción, resistencia a plagas y enfermedades y adaptación a regiones y condiciones del país y últimamente semillas bio-fortificadas por sus cualidades nutritivas. (Ramos, 2021)

Dentro del esquema organizativo del ICTA se encuentra el programa de producción y tecnología de semillas, el cual tiene a su cargo la reproducción de los cultivares liberados que demandan los agricultores y semilleristas del país. (Ramos, 2022)

Según Ramos (2021), en el mes de agosto del año 2021 se realizó la entrega de semilla vegetativa en presentación de esquejes de *I. batatas*, bio-fortificado de la variedad ICTA Dorado^{BC} realizando la entrega de 27,000 esquejes según Convenio No. 008-2020 suscrito con VISAN/MAGA.

Según Ramos (2022), en el mes de agosto del año 2022, se realizó la entrega de 67,000 semilla vegetativas en presentación de esquejes de *I. batatas*, bio-fortificado de la variedad ICTA Dorado^{BC} que fueron entregadas al MAGA según convenio No. 008-2020 VISAN/MAGA/ICTA.

En el año de 2023 se alcanzó a producir una cantidad de 66,600 esquejes de tallo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC}. (Ramos, 2023)

Se representa el aumento en la producción de esquejes de tallo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} :

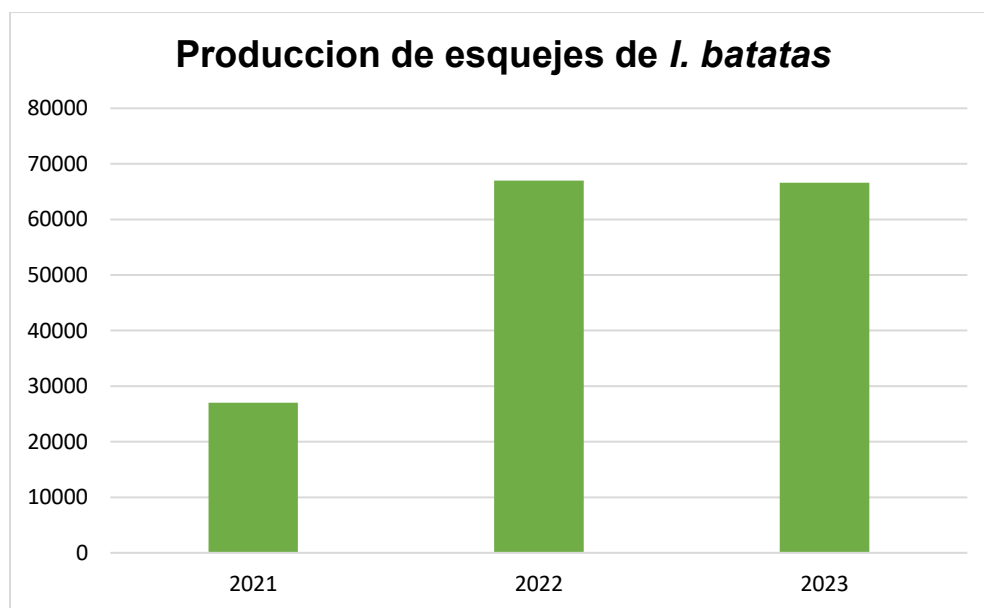


Figura 5. Aumento de la producción anual de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}.

V. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar planes de fertilización para la producción de esquejes de tallo en *I. batatas* en el ICTA en San José La Máquina, Suchitepéquez Guatemala.

2. Objetivos específicos

- 2.1. Determinar qué tratamiento de fertilización producirá un mayor rendimiento en número de esquejes de tallo.
- 2.2. Determinar cuál de los tratamientos de fertilización tendrá mayor vigor.
- 2.3. Identificar que tratamiento de fertilización posee mayor rentabilidad en la producción de esquejes de tallo.

VI. HIPÓTESIS

1. Ha.

Por lo menos uno de los tratamientos de fertilización, producirá un mayor rendimiento en número de esquejes de tallo.

2. Ha.

Al menos uno de los tratamientos de fertilización, tendrá mayor vigor expresado en diámetro promedio de tallo y número de yemas foliares por esqueje de 30 cm.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1. Insumos

- Esquejes apicales de 0.30 metros de longitud de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC}, proporcionado por el ICTA, línea A-5.
- Fertilizantes 15-15-15 N, P, K y Urea.
- Terreno de 455 metros cuadrados para efectuar el experimento.
- Servicio de riego proporcionado por el ICTA, línea A-5.

1.2. Herramientas

- Libreta de campo
- Cámara de Celular
- Computadora
- Estacas de madera
- Machete
- Cinta métrica
- Lápiz
- Azadón
- Bolsas plásticas
- Pala
- Tractor para preparar el suelo.
- Pita rafia.
- Vernier.

2. Metodología

2.1. Análisis estadístico

2.1.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño bloques completos al azar, utilizando la variedad de ICTA Dorado^{BC} en un distanciamiento homogéneo, la fuente de variación consiste en distintas dosis de nitrógeno.

2.1.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general de la variable de respuesta.

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo bloque o repetición.

E_{ij} =error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

2.1.3. Grados de libertad

Tratamiento $(t-1) = 7-1= 6$

Bloques $(r-1) = 4-1=3$

Error $(t-1) * (r-1) = 18$

Los grados de libertad del error son de 18 grados de libertad.

2.2. Tratamientos evaluados

Fueron siete como se logra apreciar:

Tabla 6. Tratamiento de fertilización en kg/ha en *I. batatas*.

Tratamiento	Nitrógeno puro kg/ha	Descripción
T 1	0	Testigo absoluto
T 2	98.58	Testigo relativo dosis recomendada por el ICTA.
T 3	196	Requerimiento del cultivo de <i>I. batatas</i> .
T 4	147	Requerimiento del cultivo 196N-25%.
T 5	98	Requerimiento del cultivo 196N-50%.
T 6	245	Requerimiento del cultivo 196N+25%.
T 7	294	Requerimiento del cultivo 196N+50%.

Según Torres & Collantes (2015), en suelos ricos en nitrógeno se aumenta el crecimiento vegetativo y pérdida de la tuberización, por lo que se requiere suelos con propiedad física y química equilibrada.

El tratamiento tres de $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro está basado en los requerimiento óptimos para la producción de tubérculos de *I. batatas*.

Debido a que el propósito de la investigación no es producir tubérculos, si no que producir crecimiento vegetativo, se utilizó como base para distintas dosis de nitrógeno para

determinar que efecto causa sobre el desarrollo de esquejes de tallo en el cultivo de *I. batatas*.

2.3. Cálculo del aporte del suelo

2.3.1. Aporte del suelo

Los datos obtenidos del análisis de suelos se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Datos del análisis de suelo

Densidad aparente	Profundidad de muestra	Área
$\frac{1.1\text{gr}}{\text{cm}^3}$	0.30 m	$\frac{10,000\text{m}^2}{\text{ha}}$
Fósforo (P)	Potasio (K)	Textura del suelo
31 ppm	$\frac{1.2\text{meq}}{100\text{gr suelo}}$	Franco arcillo arenoso

Fuente. (Laboratorio de suelos - ICTA, 2024)

2.3.2. Factor de conversión

Para transformar los elementos puros a su forma de fertilizante se utilizó un factor de conversión como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Factor de conversión

Elemento puro	Forma de oxido	Factor
Fósforo (P)	P_2O_5	2.2914
Potasio (K)	K_2O	1.2046

Fuente. (Centro de Investigación, Tecnología e Innovación Universidad de Sevilla, 2024)

2.3.3. Densidad aparente

$$Da = \frac{1.1\text{gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1\text{kg}}{1000\text{gr}} * \frac{1,000,000 \text{ cm}^3}{1\text{m}^3} = \frac{1,100\text{kg}}{\text{m}^3}$$

2.3.4. Volumen

$$\text{Volumen} = 0.30\text{m de profundidad} * \frac{10,000\text{m}^2}{\text{ha}} = \frac{3,000\text{m}^3}{\text{ha}}$$

2.3.5. Masa

$$\text{Masa} = \frac{3,000\text{m}^3}{\text{ha}} * \frac{1,100\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{3,300,000\text{kg}}{\text{ha}}$$

2.3.6. Nitrógeno

El contenido de nitrógeno en el suelo es muy variable tanto en el espacio como en el tiempo. La lluvia, el manejo del suelo, la fertilización y el manejo de residuos, entre otros, afectan directamente al contenido de nitrógeno nítrico del suelo. (Calvo, 2017)

Debido a esto, no se realizó un análisis de suelo al nitrógeno y se aplicó el requerimiento completo de nitrógeno al cultivo.

2.3.7. Potasio

$$K = \frac{1.2 \text{ meq}}{100 \text{ gr de suelo}} * \frac{1 \text{ Eq}}{1,000 \text{ meq}} * \frac{39.098 \text{ gr K}}{\text{Eq}} * \frac{1000 \text{ gr suelo}}{1 \text{ kg suelo}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$* \frac{3,300,000 \text{ kg}}{\text{ha}} = \frac{1,548.29 \text{ kg K}}{\text{ha}} * 1.2046 \text{ factor de conversion } K_2O$$

$$= \frac{1,865.07 \text{ kg}}{\text{ha}} K_2O$$

2.3.8. Fósforo

$$P = 31 \text{ ppm} = \frac{31 \text{ mg P}}{\text{kg de suelo}} * \frac{3,300,000 \text{ kg}}{\text{ha}} * \frac{1 \text{ kg P}}{1,000,000 \text{ mg P}} =$$

$$\frac{102.3 \text{ kg P}}{\text{ha}} * 2.2914 \text{ factor de conversion } P_2O_5 = 234.41 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} P_2O_5$$

2.4. Requerimiento del cultivo

El requerimiento optimo del cultivo de *I. batatas* para una producción de 45,250 Kg/Ha. se muestra:

Tabla 9. Requerimiento del cultivo de *I. batatas* en hectáreas.

Nitrógeno	Fósforo	Potasio
$196 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$	$204 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$	$341 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$

Fuente. Lardizába (2004).

2.5. Cálculo de requerimiento del cultivo

2.5.1. Cálculo de fósforo

$$\text{Requerimiento del cultivo} = 204 P_2O_5 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} - 234.41 P_2O_5 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ aporte del suelo} =$$

$$30.41 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} P_2O_5$$

Hay un excedente de $30.41 \frac{kg}{ha}$ de P_2O_5 en el suelo para sustentar el desarrollo del cultivo no se necesita realizar ningún aporte de fertilizante.

2.5.2. Cálculo de potasio

Requerimiento del cultivo de $341 \frac{kg}{ha} K_2O - 1,865.07 \frac{kg}{ha} K_2O$ aporte del suelo =
 $1,5240.07 \frac{kg}{ha} K_2O$

Hay un excedente de $1,5240.07 \frac{kg}{ha}$ de K_2O en el suelo para sustentar el desarrollo del cultivo no se necesita realizar ningún aporte de fertilizante.

2.6. Cálculo densidad de siembra.

Área ocupada por la planta:

1 metro entre surcos * 0.5 metros entre plantas = 0.5 metros²

Densidad de siembra

Cálculo de plantas por hectárea

$$\frac{10,000m^2}{ha} * \frac{1 plantas}{0.5 m^2} = \frac{20,000plantas}{ha}$$

2.7. Cálculo de dosis de cada tratamiento

2.7.1. Tratamiento 1

Testigo absoluto, no se aplicó nada de fertilizante.

0 kg/ha de nitrógeno puro.

2.7.2. Tratamiento 2

Testigo relativo, consistió en la recomendación del ICTA, independientemente de la disponibilidad de nutrientes que aporta el suelo. Se aplica cuatro quintales por manzana de fertilizante 15-15-15, N-P-K, a los 15 días después de la siembra y dos quintales de urea por manzana a los dos meses después de la siembra.

4 qq/mz de triple 15 a kg/ha y dosis por planta

$$\frac{4qq}{mz} * \frac{100 lb}{qq} * \frac{454 gr}{1lb} * \frac{1kg}{1,000gr} * \frac{1mz}{7,000mts^2} * \frac{10,000mts^2}{1ha} = \frac{259.43kg}{ha} triple 15$$

$$\frac{259.43kg}{ha} triple 15 * \frac{1,000 gr}{1kg} * \frac{1ha}{20,000 plantas} = \frac{12.97 gr}{planta} = \frac{13gr}{planta} de triple 15$$

Se aplicó 13 gramos por planta de fertilizante triple 15 a los 15 días después de la siembra.

Dosis en nitrógeno puro

$$259.43 \frac{kg}{ha} * 15\% \text{ del fertilizante } 15 - 15 - 15 = 38.92 \frac{kg}{ha} \text{ nitrogeno puro}$$

La dosis de nitrógeno puro es de 38.92 kg/ha.

2 qq/ha Urea 46% nitrógeno a kg/ha y dosis por planta

$$\frac{2qq}{mz} * \frac{100 lb}{qq} * \frac{454 gr}{1lb} * \frac{1kg}{1,000gr} * \frac{1mz}{7,000mts^2} * \frac{10,000mts^2}{1ha} = \frac{129.71 kg}{ha} \text{ Urea 46\% N}$$

$$= \frac{129.71kg}{ha} \text{ Urea 46\% nitrogeno} * \frac{1,000 gr}{1kg} * \frac{1ha}{20,000 plantas} = \frac{6.48 gr}{planta}$$

Se aplicó 6.5 gramos por planta de fertilizante urea 46% N a los 60 días después de la siembra.

Dosis en nitrógeno puro

$$129.71 \frac{kg}{ha} * 46\% \text{ urea} = 59.66 \frac{kg}{ha} \text{ nitrogeno puro}$$

Total, de nitrógeno puro aplicado en el tratamiento 2

$$38.92 \frac{kg}{ha} \text{ nitrogeno puro} + 59.66 \frac{kg}{ha} \text{ nitrogeno puro} = 98.58 \frac{kg}{ha} \text{ nitrogeno puro}$$

La cantidad total de nitrógeno puro aplicado en el tratamiento dos fue de 98.58 kg/ha.

2.7.3. Tratamiento 3

Con base en el análisis químico del suelo se calcularon los requerimientos nutricionales del cultivo, (196 N, 204 P, 341 K), y se aplicó únicamente la dosificación de nitrógeno de puro de 196 kg/ha de nitrógeno, debido a que los otros elementos se encuentran en cantidades optimas en el suelo.

El requerimiento del cultivo de *I. batatas* es de 196 kg/ha nitrógeno puro.

$$\frac{196kg N}{ha} * \frac{100 kg urea}{46 kg Nitrogeno} * \frac{1,000gr}{1kg} * \frac{1ha}{20,000plantas} = \frac{21.30gr}{planta} \div 2 \text{ aplicaciones} =$$

$$\frac{10.65gr}{planta} = \frac{11gr}{planta} \text{ de Urea * por aplicacion}$$

Se aplicó 11 gramos por planta de urea a los 15 días y a los 60 días se repitió la dosis.

La dosis en fertilizante urea 46%

$$\frac{196kg}{ha} \text{ nitrogeno puro} * \frac{100 kg urea}{46 kg Nitrogeno} = \frac{426kg}{ha} \text{ de urea 46\% N}$$

2.7.4. Tratamiento 4

Se aplicó el requerimiento del cultivo de 196 kg/ha Nitrógeno con una disminución del 25% equivalente a 147 kg/ha de nitrógeno puro.

$$\frac{147kg}{ha} * \frac{100 kg de urea}{46kg de nitrogeno} * \frac{1,000gr}{1kg} * \frac{1ha}{20,000plantas}$$

$$= \frac{15.97gr}{planta} \div 2 aplicaciones \frac{7.98gr}{planta} = \frac{8gr}{planta} de Urea 46\%N * por aplicacion$$

Se aplicó ocho gramos por planta de urea 46% N a 15 días y a los 60 días se repitió la dosis.

La dosis en fertilizante urea 46%

$$\frac{147kg}{ha} nitrogeno puro * \frac{100 kg urea}{46 kg Nitrogeno} = \frac{319.56kg}{ha} de urea 46\% N$$

2.7.5. Tratamiento 5

Se aplicó el requerimiento del cultivo de 196 kg/ha Nitrógeno de puro con una disminución del 50% equivalente a 98 kg/ha de nitrógeno puro.

$$\frac{98kg}{ha} * \frac{100 kg de urea}{46kg de nitrogeno} * \frac{1,000gr}{1kg} * \frac{1ha}{20,000plantas}$$

$$= \frac{10.65gr}{planta} \div 2 aplicaciones \frac{5.3gr}{planta} de Urea 46\%N * por aplicacion$$

Se aplicó cinco gramos por planta de urea a 15 días y a los 60 días se repitió la dosis.

La dosis de nitrógeno puro fue de 98 kg/ha.

La dosis en fertilizante urea 46%

$$\frac{98kg}{ha} nitrogeno puro * \frac{100 kg urea}{46 kg Nitrogeno} = \frac{213kg}{ha} de urea 46\% N$$

2.7.6. Tratamiento 6

Se aplicó el requerimiento del cultivo de 196 $\frac{kg}{ha}$ Nitrogeno con un aumento del 25 % equivalente a 245 $\frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro.

$$\frac{245kg}{ha} * \frac{100 kg urea}{46 kg de Nitrogeno} * \frac{1000gr}{1kg} * \frac{1ha}{20,000plantas} = \frac{26.63gr}{planta} \div 2 aplicaciones$$

$$\frac{13.31gr}{planta} = \frac{13gr}{planta} de Urea * por aplicacion$$

Se aplicó 13 gramos por planta de urea a 15 días y a los 60 días se repitió la dosis.

La dosis en fertilizante urea 46%

$$\frac{245\text{kg}}{\text{ha}} \text{nitrogeno puro} * \frac{100 \text{ kg urea}}{46 \text{ kg Nitrogeno}} = \frac{532.60\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de urea 46\% N}$$

2.7.7. Tratamiento 7

Se aplicó el requerimiento del cultivo de $196 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ Nitrogeno con un aumento del 50 % equivalente a $294 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ de nitrógeno.

$$\frac{294\text{kg}}{\text{ha}} * \frac{100 \text{ kg urea}}{46 \text{ kg de Nitrogeno}} * \frac{1,000\text{gr}}{1\text{kg}} * \frac{1\text{ha}}{20,000\text{plantas}} = \frac{31.95\text{gr}}{\text{planta}} \div 2 \text{ aplicaciones}$$

$$\frac{15.97\text{gr}}{\text{planta}} = \frac{15\text{gr}}{\text{planta}} \text{ de Urea * por aplicación}$$

Se aplicó 15 gramos por planta de urea a 15 días y a los 60 días se repitió la dosis.

La dosis en fertilizante urea 46%

$$\frac{294\text{kg}}{\text{ha}} \text{nitrogeno puro} * \frac{100 \text{ kg urea}}{46 \text{ kg Nitrogeno}} = \frac{639.13\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de urea 46\% N}$$

2.8. Las dimensiones y aleatorización del experimento

El experimento tiene un área de 455 metros cuadrados, cada bloque esta aleatorizado y conformado por siete tratamientos (siete unidades experimentales) en cuatro repeticiones, con un metro entre cada repetición como se muestra en la figura:

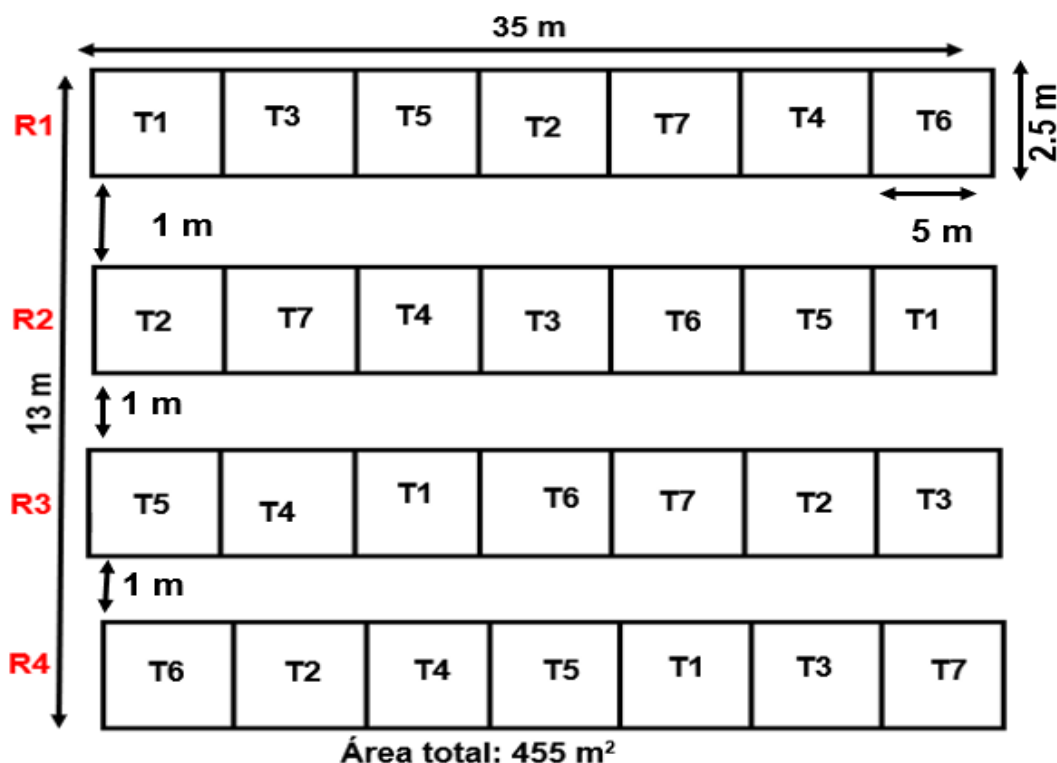


Figura 6. Área, medidas y aleatorización del experimento aleatorizado.

Con la ayuda de pita rafia y estacas de madera se delimitó el áreas de las unidades experimentales del experimento.

2.9. Unidades experimental

El número de unidades experimentales fue obtenido al multiplicar el número de tratamientos por el número de repeticiones.

UE= No. Tratamientos X No. De repeticiones.

UE= 7X4= 28 unidades experimentales.

Cada unidad experimental contó con 25 esquejes a evaluar, con un distanciamiento entre esquejes de 0.50 metros entre plantas y entre surcos un metro con un área de 12.5 metros cuadrados, como se muestra a continuación:

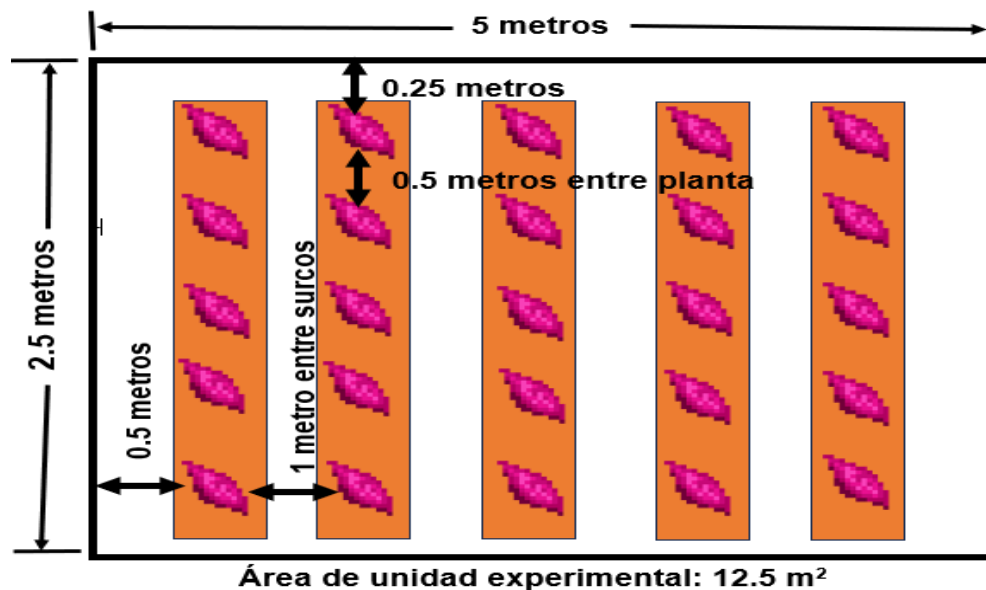


Figura 7. Área y medidas de la unidad experimental.

2.10. Parcela neta y bruta

En los experimentos agrícolas, existe diferencia en el crecimiento de las plantas que están situadas en los perímetros de la parcela a diferencia de las que están situadas en la parte central de la unidad experimental. Esta diferencia es ocasionada por el efecto borde debido a que los tratamientos están cerca unos de los otros y las fertilizaciones empleadas se mezclan ocasionando variabilidad en los datos estudiados y pueden sobre estimular las plantas que están al lado de un experimento o sub estimular las plantas que están justo, al lado de una calle entre repeticiones.

Es por ello que se establece una parcela bruta y una parcela neta como se muestra en la figura:

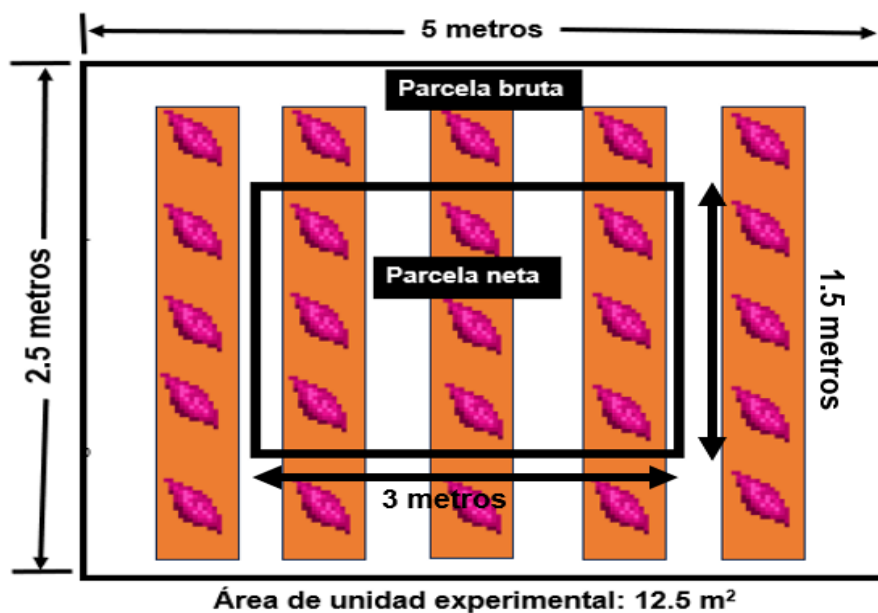


Figura 8. Parcela bruta y parcela neta en la unidad experimental.

2.11. Variable de respuesta

- Rendimiento en número de esquejes de tallo.
- Vigor de tallo expresado en diámetro promedio de tallo y número de yemas foliares por esqueje de tallo.
- Identificar que tratamiento de fertilización es más rentable en la producción de esquejes de tallo.

2.11.1. Rendimiento en número de esquejes de tallo.

Paso 1

Se cortaron todos los tallos de cada postura como se muestra en la figura 21, de la unidad experimental agrupándolos por postura, amarrándolos de la base para que no mezclen dentro del mismo tratamiento como se muestra en la figura 22 y figura 23.

Paso 2

Con la cinta métrica se midió y se sumó el largo de cada uno de los tallos que conforma una parcela neta en la unidad experimental como se logra apreciar en la figura 24.

Paso 3

Se realizó una división entre 0.30 m respectivo al largo que posee cada esqueje de tallo para obtener el número de esquejes producidos por cada tratamiento en cada una de las repeticiones.

2.11.2. Vigor de tallo expresado en diámetro promedio de tallo y número de yemas foliares por esqueje.

Paso 1

Se cortaron los tallos que fueron producidos por cada parcela neta en cada unidad experimental, agrupando los tallos extraídos por postura en cada tratamiento, esto se realizó con el fin de evitar que se mezclen los datos obtenidos de cada postura dentro de cada unidad experimental como se logra apreciar en la figura 25.

Paso 2

Se midió el largo de los tallos hasta el meristemo apical en cada postura con la ayuda de una cinta métrica y se realizó el conteo del total de yemas foliares en el tallo como se muestra en la figura 25.

Se midió el diámetro de la base del centro y el diámetro de 30 centímetros antes del meristemo apical como se aprecia en la figura 27, 28 y 29.

Paso 3

Luego se realizó un promedio de largo de tallos y número de yemas por tallo en cada tratamiento en cada repetición.

También se realizó un promedio de diámetro de tallo (diámetro de base, diámetro de centro y diámetro 0.30 metros antes del meristemo apical), para un único dato de promedio de tallo por cada tratamiento por cada repetición.

Paso 4

Luego se calculó el número de yemas foliares en cada esqueje de tallo de 30 cm por cada uno de los tratamientos en cada repetición.

$$\frac{\text{Promedio de largo de tallo (cm)}}{30 \text{ cm por esqueje}} * \frac{\text{Promedio de número de yemas}}{X} =$$

X = Numero de yemas por esqueje de 30 cm

2.11.3. Identificar que tratamiento de fertilización es más rentable en la producción de esquejes de tallo.

Se utilizó un análisis económico con una serie de indicadores como se muestra en la tabla 13, para determinar que tratamiento posee una mayor rentabilidad para la producción de esquejes de tallo.

Paso 1 determinación de costos fijo

Se determinaron cuales eran los costos fijos y se multiplicaron costo por unidad y se realizó una sumatoria para determinar el costo fijo total.

En la tabla se presentan los costos fijos y en que unidades de medida se utilizaron en la investigación:

Tabla 10. Costos fijos

Costo fijo	X	Costo por unidad	Sub total
Cantidad de hectáreas de tierra arrendada	X	Costo por ha	
Cantidad de jornales para aplicar herbicida	X	Costo por jornal	
Cantidad de jornales para aplicar insecticida	X	Costo por jornal	
Cantidad de jornales para control de malezas	X	Costo por jornal	
Cantidad de jornales para siembra	X	Costo por jornal	
Cantidad de litros de herbicidas	X	Costo por litro	
Cantidad de litros de insecticida	X	Costo por litro	
Cantidad de esquejes usados para siembra	X	Costo por esquejes	
		Costos fijos total	

Paso 2 costo variable

Se determinaron los costos variables y se multiplica por el costo por unidad como se logra ver en la tabla 11, y se realizó el mismo calculo por cada tratamiento, luego se sumaron los siete costos variables para obtener un costo variable total.

Tabla 11. Costo variable

Costo variable	X	Costo por unidad	Sub total
Cantidad de kilogramos de fertilizante	X	Costo por kilogramo	
Cantidad de jornales para aplicar fertilizante	X	Costo por jornal	
Cantidad de jornales para cosechar los esquejes	X	Costo por jornal	
		Costo variable total	

Paso 3 Costos totales de producción

Se procede a sumar los costos fijos totales y los costos variables totales como se observa en la tabla:

$$CT = CF + CV$$

Tabla 12. Costo total.

Tratamiento	1	2	3	Etc.
Costo fijo				
Costo variable				
Costo total				

Paso 4 Costo unitario promedio

Es el costo que se produce de cada unidad en este caso el costo de producción de cada esqueje producido.

Se procede a dividir el resultado de los costos totales entre el total de esquejes producidos por cada tratamiento de fertilización.

$$CU = \frac{CT}{VP = \text{NUMERO DE ESQUEJES POR TRATAMIENTO}}$$

Paso 5 Precio de venta

Es el precio con el que se puede comprar cada unidad en este caso esquejes de tallo de *I. batatas*. El precio de venta de los esquejes de tallo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} está determinado por el ICTA por un precio de venta de 0.55 quetzales.

Paso 6 Valor bruto de la producción (ingresos)

El costo bruto se refiere a la cantidad de ingresos que se obtiene después de vender los esquejes de *I. batatas*.

Se multiplica el precio de venta por el volumen producido por cada tratamiento.

$$\text{VBP} = \text{NUMERO DE ESQUEJES} * \text{PRECIO DE VENTA DE LOS ESQUEJES}$$

Paso 7 Utilidad total de producción

Se refiere a la ganancia obtenida luego de restarle a los ingresos bruto los gastos de producción.

Costo total de producción menos valor bruto de producción por cada uno de los tratamientos de fertilización.

$$\text{UT} = \text{INGRESOS} - \text{COSTO TOTAL}$$

Paso 8 Índice de rentabilidad en porcentaje

Este indicativo indica el porcentaje de ganancia que se obtiene luego de vender los esquejes de tallo de *I. batatas*.

La utilidad total se divide entre los costos totales y se multiplica por 100 en cada uno de los tratamiento de fertilización, para obtener un porcentaje que indica que tan rentable es el tratamiento de fertilización.

$$\text{IR} = (\text{UT} / \text{CT}) \times 100$$

Paso 9 relación beneficio / costo

Los ingresos de la producción se dividen entre los costos totales.

$$\text{Rel. B/C} = \text{VBP} / \text{CT}$$

Tabla 13. Indicadores análisis económico

INDICADORES	FÓRMULAS
Costo Total de Producción	$CT = (CF + CV)$
Volumen de Producción/Cajas/Ha.	$VP = \text{Rendimiento}$
Costo Unitario Promedio	$CU = CT / \text{Rendimiento o VP}$
Precio de venta o precio de mercado	PV
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	$VBP = \text{Rendimiento} \times PV$
Utilidad Total de Producción	$UT = VBP - CT$
Índice de Rentabilidad %	$IR = (UT / CT) \times 100$
Relación Beneficio / Costo	$Rel. B/C = VBP / CT$

Fuente. (Ing. Agr. M.Sc. Héctor R. Fernández Cardona , 2024)

2.12. Análisis de los datos

Los datos fueron analizados mediante el uso de un análisis de varianza para el diseño de bloques completos al azar y una prueba múltiple utilizando Tukey 5%, en el programa INFOSTAT, realizando un análisis para cada variable de respuesta.

2.13. Manejo del experimento

2.13.1. Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un área de 455 metros cuadrados ubicada en el centro de investigación del ICTA ubicado en la línea A-5, del municipio de San José La Máquina, del departamento de Suchitepéquez.

2.13.2. Preparación del terreno

Se utilizó un tractor para arar el suelo con el propósito de preparar el terreno.

Los camellones utilizados tenían un distanciamiento de un metro con el fin proporcionar al cultivo las condiciones adecuadas para el establecimiento de la investigación como se logra ver en la figura 9 y figura 10.



Figura 9. Preparación del suelo.



Figura 10. Camellones formados.

2.13.3. Control de malezas

Luego de mecanizar el suelo se dejó en reposo el terreno, esperando a que se desarrolle las semillas de las malezas que se encuentran en el suelo, aplicando una mezcla compuesta de los herbicidas de marca comercial Roundup 35,6 SL (herbicida fosfonico Glifosato), en una dosis de 188 ml y el herbicida de nombre comercial 2,4 d 72 SL Alaska (acido(2,4 diclorofenoxi) acetico), 125 ml, ambos herbicidas combinados en el interior de una por asperjadora de mochila de 21 litros, con el propósito de controlar las malezas antes de que alcancen la madurez y generen semillas y de esta forma el área del experimento se mantendrá libre de malezas durante un tiempo más prolongado.

El día dos de agosto se aplicó el herbicida de nombre comercial Fusilade 12,5 EC (12,5% Fluazifop-P-Butyl) una dosis de 125 ml por bomba de mochila de aspersion manual de 21 litros, para controlar las gramíneas que se estaban desarrollando dentro del experimento.

2.13.4. Extracción de muestras de suelo

Se realizó un análisis del suelo, con el propósito de conocer la disponibilidad de los nutrientes que posee el área de la investigación.

Las muestras de suelo que se extrajeron y se enviaron al laboratorio de suelos, del programa de manejo de suelos del ICTA, sector público agropecuario y de alimentación ubicado en La Aurora, Zona 13, Guatemala.

Paso 1

Se llevó a cabo la apertura de nueve agujeros de 0.30 metros de profundidad, utilizando una barreta y una pala como se logra apreciar en la figura:



Figura 11. Apertura de agujeros.

Paso 2

Con el fin de extraer muestras libres de contaminantes se realizó un raspado de los bordes, las paredes y todo el perfil del suelo, utilizando una estaca de bambú, con el fin de evitar que las muestras de suelo se contaminen, con las partículas de óxido que posean la barreta y la pala como se logra apreciar en la figura:



Figura 12. Raspado de los bordes del agujero.

Paso 3

Para la extracción de las muestras de suelo fue necesario utilizar un par de bolsas plásticas, una de las bolsas se utilizó como guante mientras que la otra bolsa se colocó en el fondo del agujero, con el objetivo de recoger las muestras de suelo.

Paso 4

Utilizando la estaca de bambú, se recolectó las muestras de suelo, extrayendo suelo desde la parte superior hasta la inferior, luego se colocó el suelo en una bolsa de plástico como se logra apreciar en la figura:



Figura 13. Extracción de muestra de suelo.

Paso 5

Se repitió el mismo procedimiento, hasta conseguir un total de nueve muestras de suelo, en sectores aleatorios en el área de la investigación como se logra observar en la figura:



Figura 14. Nueve muestras de suelo.

Paso 6

Todas las muestras se colocaron en una cubeta limpia, con el objetivo de revolver el suelo, para obtener una muestra compuesta, uniforme y representativa del área del experimento.

Paso 7

De la muestra compuesta se extrajeron dos muestras de suelo, y se colocaron en cajas de papel, las cuales fueron provistas por el laboratorio del ICTA.

Como medida extra de seguridad se colocó las muestras de suelo en bolsas plásticas tratando la manera de ocupar todo el volumen de las cajas de muestras, como se logra apreciar en la figura:



Figura 15. Muestras de suelo.

Paso 8

Se enviaron las muestras de suelo al laboratorio del ICTA, y fue necesario esperar un lapso de tiempo de 15 días para obtener los resultados de la información de los elementos minerales que conforman el suelo del área de la investigación, los que se logran apreciar en la figura 30 en anexos.

2.13.5. Preparación de semilla

1. Se seleccionaron esquejes apicales de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC}, con un largo de 0.30 metros y seis yemas foliares, de las parcelas demostrativas que posee el ICTA con el fin de obtener semillas de calidad para el establecimiento del experimento.
2. Luego de cortar los tallos, se procedió a sembrar los esquejes de *I. batatas*, enterrando por lo menos dos yemas foliares para producir un buen desarrollo radicular.

2.13.6. Siembra

Paso 1

Con la ayuda de un chuzo se realizaron agujeros de al menos 0.10 metros de profundidad, cada 0.5 metros entre planta en los camellones.

Paso 2

Se enteraron en los agujeros los esquejes en un ángulo de 45 grados, así como enterrar dos yemas foliares con la finalidad de proveer al cultivo de un buen sistema radicular.

Paso 3

Luego de sembrar los esquejes de *I. batatas* se recomienda mantener un riego constante la primera semana de crecimiento para favorecer en la generación de raíces en los esquejes de *I. batatas*.

2.13.7. Recolección de datos

La recolección de datos del primer corte se realizó a los dos meses después de establecer el cultivo de *I. batatas* de la variedad ICTA Dorado^{BC} y los datos del segundo corte a los cuatros meses después de establecer el cultivo.

VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Efecto en el rendimiento en número de esquejes de tallo.

1.1. Producción promedio total de esquejes de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} por hectárea.

Se realizó la suma de la producción total del primer corte y el segundo corte de esquejes de tallo y se representó el rendimiento promedio por hectárea de la producción de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} en la tabla 22, y se representó los resultados de la producción promedio de cada tratamiento en la siguiente figura:

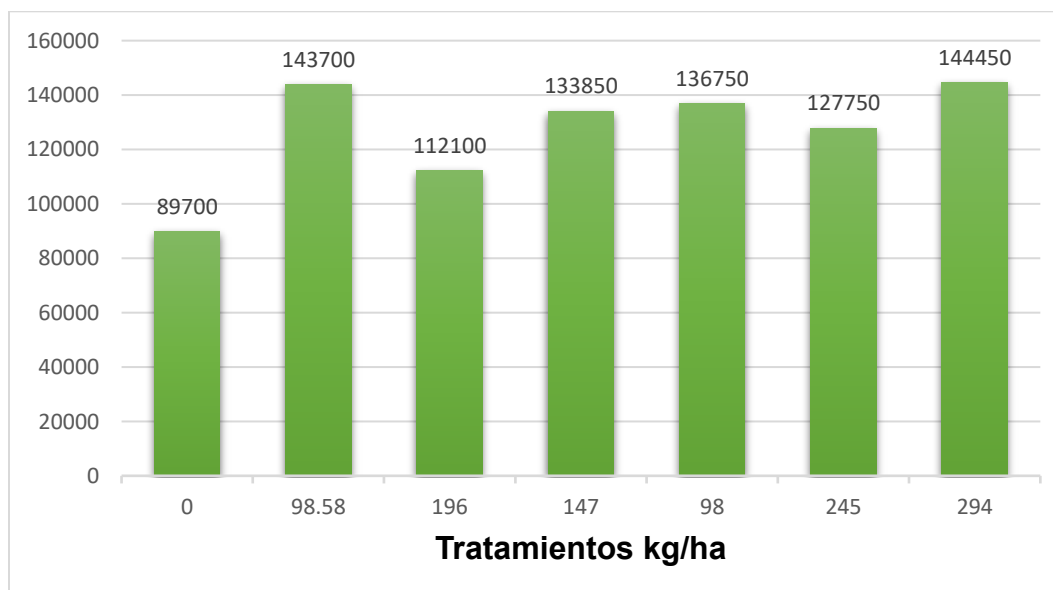


Figura 16. Producción promedio total de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} por hectárea

El tratamiento que obtuvo un mayor rendimiento promedio en la producción de esquejes de tallo fue el tratamiento siete el cual está constituido por 294 $\frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro con una producción promedio de 144450 esquejes de tallo por hectárea, el tratamiento con el menor rendimiento promedio fue el tratamiento uno el cual fue el testigo absoluto, este tratamiento no recibió ningún aporte de fertilizante y obtuvo un rendimiento promedio de 89700 esqueje de *I. batatas* por hectárea.

Se realizó una transformación de datos para evitar problemas de error con el análisis de varianza representado en la tabla 14, utilizando la fórmula de la raíz cuadrada de "X" debido a que esta transformación de datos es la indicada para las variables que surjan de un conteo de datos.

Tabla 14. Análisis de varianza producción total de esquejes de tallo *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	24247.97	9	2694.22	1.35	0.2808	no significativo
Bloque	5823.95	3	1941.32	0.35	0.4278	no significativo
Tratamiento	18424.02	6	3070.67	0.97	0.2226	no significativo
Error	35962.23	18	1997.9	1.54	CV	12.66
Total	60210.2	27				

Se observa el análisis de varianza para los datos obtenidos en los dos cortes de esquejes de tallo se muestra que estadísticamente y con un nivel de significancia del 95 % no existió diferencia significativa entre los tratamientos de dosis de nitrógeno, se acepta la hipótesis nula, ninguna de las dosis de nitrógeno, produjo un mayor rendimiento en la producción de esquejes de tallo.

El coeficiente de variación fue del 12.66 %, el valor obtenido es menor al 20 % de variabilidad se considera que el experimento se llevó a cabo en condiciones homogéneas y que los datos son aceptables para la investigación.

Si bien no se encontró diferencias estadísticas significativas en la producción de esquejes, al comparar, el tratamiento que no tuvo fertilización el testigo absoluto con el tratamiento siete que tuvo el mayor aporte de fertilizante; el tratamiento testigo tuvo un número de 89,700 esquejes y el tratamiento 7 tuvo 144,450 esquejes, es decir este produjo una cantidad de 54,750 esquejes por hectárea equivalente a un 37% más. Esto hace pensar que si hubo efecto de la fertilización (en un 37% más, que no fue detectado estadísticamente.)

Los dos tratamientos con la mayor producción fueron el tratamiento número dos con una producción 143,700 esquejes por hectárea y el tratamiento siete con una producción de 144,450 esquejes por hectárea superando por tan solo en un 0.52% en la producción de esquejes de tallo, este resultado pudo haber sido posible debido a que el tratamiento dos utilizó una fertilización completa constituida por la aplicación del fertilizante triple 15 el cual posee 15% de nitrógeno, 15% de potasio, 15% fosforo, si bien el suelo cuenta con estos elementos en cantidades suficientes para el desarrollo del cultivo el simple hecho

de haber sido aplicado de forma química debió aumentar la velocidad en que el cultivo asimilaba los nutrientes dando como resultado un desarrollo más alto en comparación al resto de tratamientos de fertilización.

2. Efecto en el vigor de los esquejes expresada en diámetro y número de yemas foliares por esqueje de 30 cm.

2.1. Diámetro promedio de tallo

2.1.1. Primer corte

En la tabla 23 en anexos, se muestra los diámetros promedios de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} del primer corte de esquejes mientras que en la figura 17 se representan los resultados.

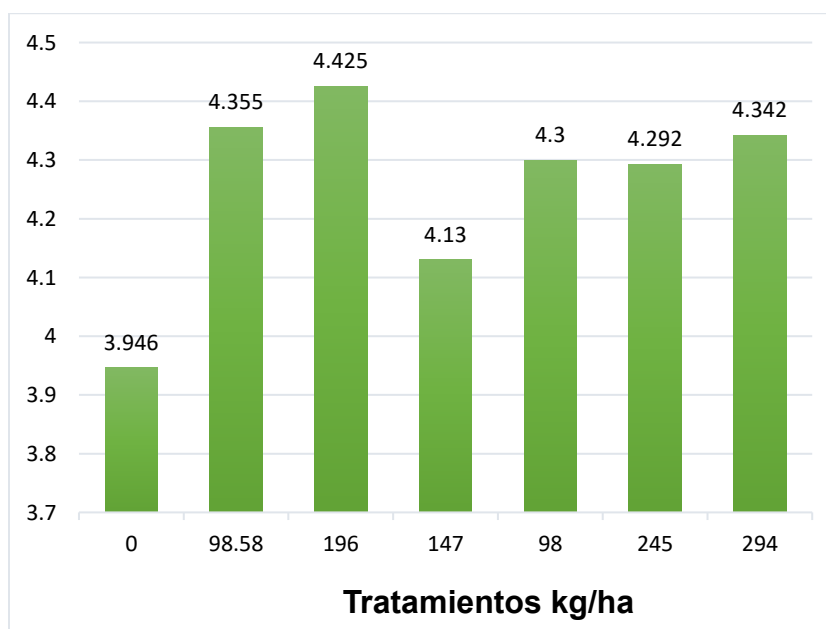


Figura 17. Promedio del primer corte de diámetros promedios de esqueje de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}

El tratamiento que obtuvo un mayor desarrollo en el diámetro del tallo fue el tratamiento número tres correspondiente a la dosis de los requerimientos del cultivo con una dosificación de $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro, con un diámetro promedio de 4.425 milímetros mientras que el tratamiento con el menor desarrollo en el grosor del tallo fue el tratamiento número uno el cual fue el testigo absoluto, el cual no recibió ningún aporte de fertilizante durante el experimento contando únicamente con el aporte del suelo y desarrolló un

diámetro de tallo de 3.94 milímetros, en la tabla se muestra el análisis de varianza empleado en el análisis de datos.

Tabla 15. Análisis de varianza para diámetro promedio de tallo en milímetros en el primer corte.

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	0.97	9	0.11	3.35	0.0138	significativo
Tratamiento	0.64	6	0.11	3.32	0.0221	significativo
Bloques	0.33	3	0.11	3.42	0.0398	significativo
Error	0.58	18	0.03			
Total	1.54	27			C.V.	4.21 %

Se muestra que estadísticamente y con un nivel de significancia del 95 %, que existió diferencias significativas entre las siete dosis de nitrógeno aceptando la hipótesis alternativa, al menos una de las dosis de nitrógeno producirá mayor vigor en los tallos expresada en diámetro de tallo, con un coeficiente de variabilidad de 4.21 % lo que indica que el experimento se llevó a cabo de manera homogénea debido a que no superó el 20% de coeficiente de variabilidad.

Debido a que se encontró significancia entre los tratamientos de fertilización se realizó un prueba múltiple de medias en la tabla 16.

Tabla 16. Prueba de medias en diámetro promedio de tallo primer corte.

Tratamientos kg/ha		Medias de diámetros	Clasificación	
T3	196	4.43	A	
T2	98.58	4.36	A	B
T7	294	4.34	A	B
T5	98	4.3	A	B
T6	245	4.29	A	B
T4	147	4.13	A	B
T1	0	3.95		B

En la prueba múltiple de medias Tukey al 95 % de confianza, se demostró que el tratamiento número tres correspondiente a la dosis de $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno, logró un desarrollo de 4.43 milímetros, es el mejor tratamiento, mientras que los tratamientos dos, siete, cuatro, seis y cinco fueron estadísticamente iguales y el tratamiento uno que fue el testigo absoluto fue el tratamiento con el peor desarrollo en el diámetro promedio de tallo con un desarrollo de 3.95 milímetros de diámetro.

2.1.2. Segundo corte

Se realizó un segundo corte a los cuatro meses después de la siembra donde se muestra en la tabla 24 en anexos y sus resultados promedios se representan en la figura 18.

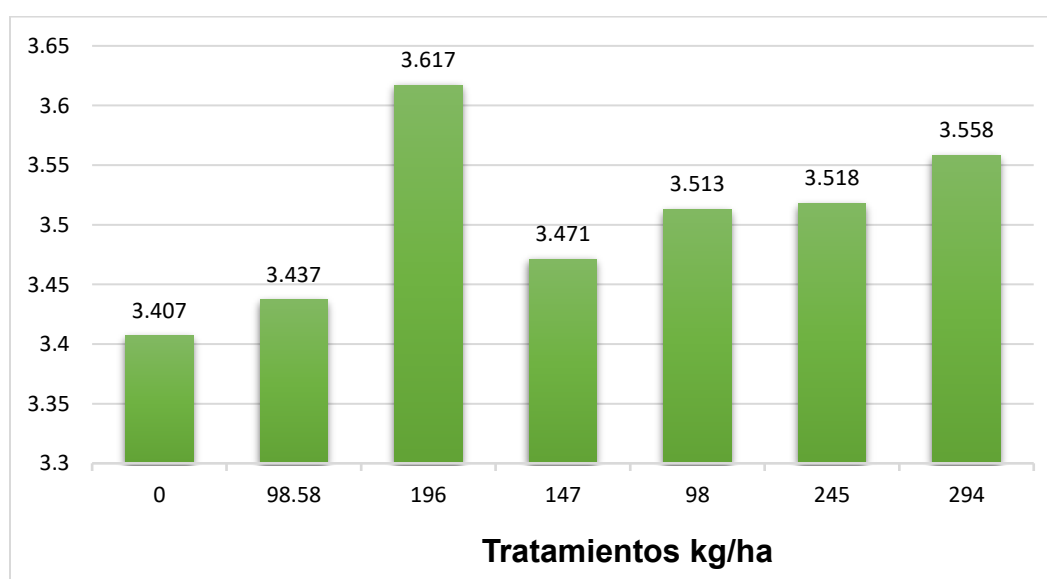


Figura 18. Promedio del segundo corte de diámetros promedios de esqueje de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}

El tratamiento que demostró tener un mejor desarrollo de diámetro promedio fue el tratamiento tres correspondiente a los requerimientos del cultivo con una dosificación de $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro con un diámetro promedio de 3.617 milímetros y el tratamiento con el menor desarrollo de diámetro fue el tratamiento uno el testigo absoluto y no recibió ningún tipo de aporte de fertilizante durante la realización del experimental con un diámetro de 3.407 milímetros.

Como se logra apreciar en la tabla 17 se realizó un análisis de varianza de los datos obtenidos en diámetro de tallo en el segundo corte.

Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro promedio de tallo de *I. batatas* en el segundo corte.

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1.06	9	0.12	1.59	0.1908	No hay diferencia significativa
Tratamientos	0.11	6	0.02	0.24	0.9556	No hay diferencia significativa
Bloques	0.95	3	0.32	4.3	0.0188	Hay significancia
Error	1.33	18	0.07			
Total	2.4	27		C. V.	7.78 %	

Se demostró que estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 %, que no existió diferencias significativa entre los diámetros de tallo en el segundo corte por lo tanto se acepta la hipótesis nula, ninguna de las dosis de nitrógeno produjo mayor vigor expresado en promedio de diámetro de tallo.

El coeficiente de variación fue de 7.78 % debido a que el valor es menor al 20 % de variabilidad se considera que el experimento se llevó a cabo en condiciones homogéneas y que los datos obtenidos son aceptables.

Según Herrera (1987) las diferencias significativas se dan a los 60 días después de la siembra mientras que a los 120 a 150 días comienzan a disminuir entre los tratamientos. Esto se explica porque cuando se realizó el primer corte de esquejes de tallo si se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización con respecto al diámetro del esqueje. Mientras que el segundo corte de esquejes se vio afectado el diámetro de los esquejes posiblemente debido a que el *I. batatas* tuvo que generar nuevas yemas foliares y estas no contaban con el mismo vigor que las yemas que ya estaban presentes en los esquejes de tallo.

2.2. Yemas foliares por esqueje de 30 centímetros.

2.2.1. Primer corte

En la Tabla 25 en anexos, se muestra los números de yemas foliares por esqueje de 30 centímetros de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} y se representan en forma gráfica los promedios en la figura siguiente:

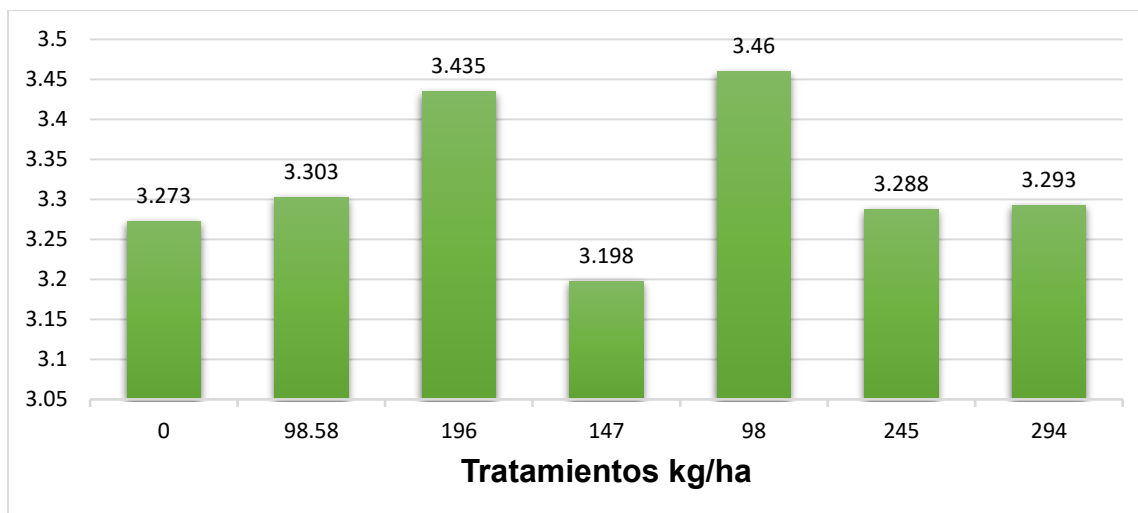


Figura 19. Primer corte, número promedio de yemas por esqueje de 30 cm de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}

El tratamiento que obtuvo la mayor vigor en número de yemas por esqueje de 30 centímetros de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} fue el tratamiento cinco el cual consistió en $98 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno con un promedio de yemas foliares de 3.46 y el tratamiento con el menor promedio de yemas foliares fue el tratamiento cuatro, con un promedio de 3.198 yemas foliares sin embargo debido a que las yemas foliares en un esqueje solo se presentan en números enteros y ninguno puede ser aproximado resulta que todos los tratamientos poseen la misma cantidad de yemas foliares. Se llevó a cabo una transformación de datos para evitar el error experimental en el análisis de varianza, utilizando la formula raíz cuadrada de "X", en la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza para el número de yemas por esqueje de 30 centímetros *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}.

Tabla 18. Análisis de varianza número de yemas foliares por esqueje de tallo de 30 cm de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} primer corte.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor	significancia
Modelo	0.09	9	0.01	4.72	0.0025	significativo
Bloque	0.07	3	0.02	11.49	0.0002	significativo
Tratamientos	0.02	6	1.34	1.34	0.2914	no significativo
Error	0.04	18				
Total	0.12	27			CV	2.47%

Se demostró que estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 %, no existió diferencia significativa entre los tratamientos en el experimento de fertilización, aceptando la hipótesis nula, ninguna de las dosis de nitrógeno producirá mayor vigor expresado en número de yemas foliares, el coeficiente de variación fue de 2.47% lo que demuestra la fiabilidad del experimento debido a que no superó en 20% de variación.

2.2.2. Segundo corte

Los datos del segundo corte se muestran en la tabla 26 en anexos, y se representan en forma de grafica en la figura:

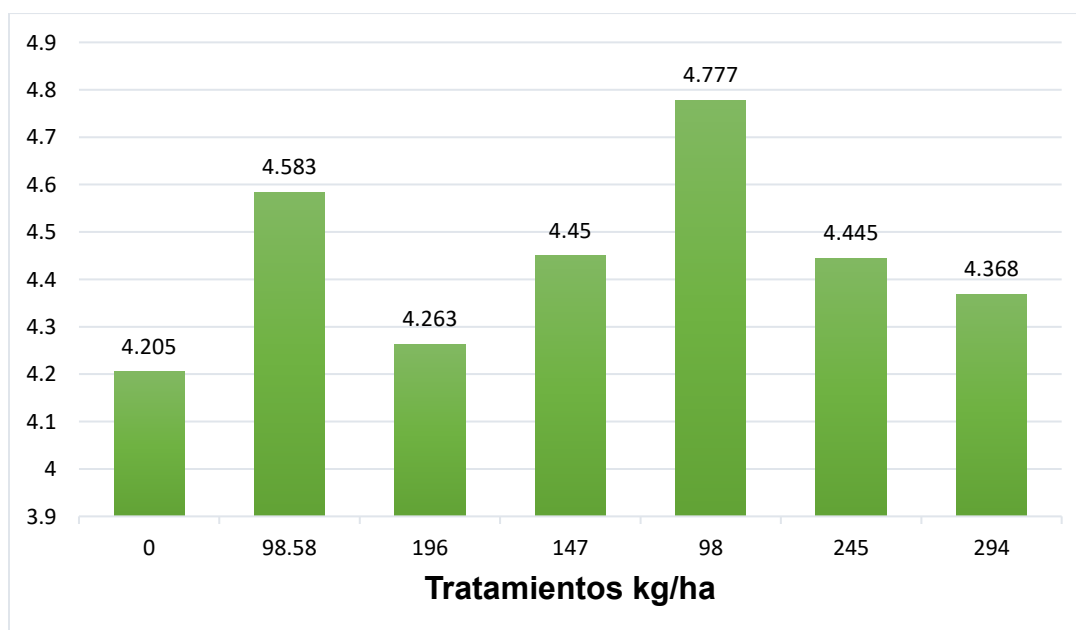


Figura 20. Segundo corte, promedio de yemas por esqueje de 30 cm de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} primer corte.

El tratamiento que obtuvo un mayor número de yemas foliares fue el tratamiento cinco el cual consistió en $98 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno el cual tuvo un promedio de 4.777 yemas foliares el cual se aproxima a cinco yemas foliares por esqueje, el tratamiento con la menor cantidad de yemas foliares fue el tratamiento uno en el cual no se aplicó ningún aporte de fertilización, con 4.205 yemas foliares equivalente a cuatro yemas foliares por esqueje de 30 centímetros. Se realizó la conversión de datos con la fórmula raíz cuadrado de "X" para evitar errores en el análisis de varianza el cual se logra apreciar en la tabla 19.

Tabla 19. Análisis de varianza número de yemas foliares por esqueje de tallo de 30 cm de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} segundo corte.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	significancia
Modelo	0.08	9	0.01	0.71	0.6971	no significativo
Bloque	0.03	3	0.01	0.78	0.5229	no significativo
Tratamientos	0.05	6	0.01	0.67	0.675	no significativo
Error	0.22	18	0.01			
Total	0.3	27			CV	5.27

El cual indica estadísticamente y con un nivel de significancia del 95 % que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, ninguna de las dosis de nitrógeno produjo mayor vigor expresado en número de yemas foliares por esqueje de 30 centímetros.

Según Ccente (2010), indica que la longitud de los tallos dependen la disponibilidad de agua en el suelo.

No se encontró diferencias significativas en el número de yemas foliares por esqueje entre los tratamientos de fertilización. Una de las causas que pudo haber ocasionado este resultado fue la disponibilidad del agua debido a que todo el cultivo se manejó con la misma cantidad de precipitaciones por lo tanto todas tuvieron el mismo desarrollo en crecimiento en longitud de los entrenudos, lo que equivale a que todos los tratamientos de fertilización produzcan un número similar de yemas por esqueje de 30 centímetro, esto se ve reflejado en la figura 18 en la cual ningún tratamiento fue capaz de producir más

de 3 yemas foliares y en el corte numero dos no se logró producir un numero superior a 4 yemas foliares por esqueje de tallo de 30 centímetros.

3. Análisis de rentabilidad para la producción total de esquejes de tallo.

Para el análisis de rentabilidad de la producción total de esquejes de tallo de *I. batatas* por hectárea, se tabularon los datos en costos fijos, costos variables y se representaron los resultados de los costos totales en la tabla 20, mientras que los cálculos de los costos fijos y variables se representan en la figura 28 a la 34 en anexos.

Tabla 20. Costos por tratamiento de producción total de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} por hectárea.

Tratamiento Kg/ha	T1 0	T2 98.58	T3 196	T4 147	T5 98	T6 245	T7 294
Costo fijo (Q)	73748.53	73748.53	73748.53	73748.53	73748.53	73748.53	73748.53
Costo variable (Q)	25,620.71	43,985.64	34,575.68	40,192.86	40,426.69	39,443.25	44,808.06
Costo total (Q)	99,369.24	117,734.17	108,324.21	113,941.39	114,175.22	113,191.78	118,556.59

El tratamiento que produjo un mayor costo total fue el tratamiento siete constituido por $294 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno, con un costo total de Q118,556.59 y el tratamiento que produjo un menor costo total fue el tratamiento uno el cual no utilizó ningún aporte de fertilizante con un costo total de Q99,369.24.

Las diferencias entre los costos totales de cada tratamiento fueron originadas debido a los costos variables, los cuales fueron notoriamente diferentes debido a que cada tratamiento produjo un numero diferente de esqueje lo que afectó en el número de jornales que se utilizaron para cosechar los esquejes.

Un ejemplo de este efecto fueron los tratamientos cuatro constituido por $147 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno y el tratamiento cinco con $98 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno, si bien en el tratamiento cinco se utilizó un menor consumo de fertilizante, también produjo un mayor número de esquejes

ocasionando un mayor gasto de mano de obra y su costo total sea mayor al tratamiento cuatro que utilizó un mayor gasto en fertilizante.

Los resultados del análisis de rentabilidad para la producción total de tallo se muestran en la tabla 21.

Tabla 21. Análisis de rentabilidad de los tratamiento de fertilización en la producción total de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} por hectárea.

Tratamiento Kg/ha N	T1 0	T2 98.58	T3 196	T4 147	T5 98	T6 245	T7 294
Costo total	99369. 24	117734. 17	108324. 21	113941. 39	114175. 22	113191. 78	118556. 59
Rendimiento en esquejes	358800	574800	448400	535400	547000	511000	577800
Costo unitario	0.2769 4	0.20483	0.24158	0.21282	0.20873	0.22151	0.20519
Precio de venta	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Ingresos	197340	316140	246620	294470	300850	281050	317790
Utilidad total	97970. 76	198405. 83	138295. 79	180528. 61	186674. 78	167858. 22	199233. 41
I. R. (%) rentabilidad	98.59%	168.52%	127.67%	158.44%	163.50%	148.30%	168.05%
Relación B/c	1.99	2.69	2.28	2.58	2.63	2.48	2.68
Q invertido	1	1	1	1	1	1	1
Ganancia	0.99	1.69	1.28	1.58	1.63	1.48	1.68

Los tratamiento con una mayor rentabilidad fueron los tratamientos dos correspondiente a la dosis de $98.58 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno con una producción de 574,800 y una rentabilidad del 168.52% y el tratamiento siete correspondiente a la dosis de $294 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno con una producción de 577800 y con una rentabilidad del 168.05% de nitrógeno.

Cabe resaltar que el tratamiento siete posee una producción más alta de esquejes, debido a ese factor su costo de producción es ligeramente más alto debido a que se utilizó un mayor consumo de mano de obra para cosechar los esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}, mientras que el tratamiento dos posee un mayor beneficio costo esto es debido a que produjo menos esquejes de tallo, por otro lado el tipo de fertilización también jugó un papel importante en la rentabilidad debido a que el tratamiento dos utilizó menos fertilizante pero su fertilizante al estar compuesto por urea 46% N y la mezcla física 15%N-15%P-15%K es más costoso, en comparación con el resto de dosis de los tratamientos que solo utilizaban urea 46% de nitrógeno.

Por lo tanto, se recomienda la utilización del tratamiento siete debido a que fue el tratamiento con la mayor producción de esquejes de tallo posee un beneficio costo de 2.68 que establece que por cada quetzal invertido se obtiene una ganancia de 1.68 quetzales.

El tratamiento con la menor rentabilidad en la producción total de esquejes de tallo exceptuando los tratamientos de testigo absoluto el cual no empleó ningún aporte de fertilizante, fue el tratamiento tres constituido por $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno y una producción de 448,400 esqueje de tallo con una rentabilidad del 127.67%, esto se debe a que el tratamiento tres tuvo el menor gasto en mano de obra en cosecha de esquejes de tallo debido a su baja producción. Su relación beneficio costo es de 2.28 que establece que por cada quetzal invertido se obtiene una ganancia de 1.28 quetzales.

Con base a los resultados de producción total de esquejes de tallo de *I. batatas* y al análisis de rentabilidad se recomienda utilizar la dosis del tratamiento siete debido a que posee la mayor producción de esquejes.

IX. CONCLUSIONES

1. El rendimiento en la producción de esquejes de tallo estadísticamente no detectó diferencias significativas entre los distintos tratamientos de fertilización.
Sin embargo, se logró observar diferencia aritmética en la producción utilizando entre el tratamiento testigo absoluto que no usó fertilización con una producción de 89700 esquejes y el tratamiento siete constituido por 294 kg/ha de nitrógeno con una producción de 14,4450 esquejes de tallo, siendo una diferencia de producción de 54750 equivalente al 37% de producción extra.
2. El vigor está expresado en diámetro de tallo, en el primer corte de esquejes, el tratamiento que tuvo el mayor diámetro promedio de tallo de *I. batatas* fue el tratamiento tres con $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno, el cual produjo esquejes de tallo con un diámetro de 4.425 milímetros, el cual poseyó diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos de fertilización.
En el segundo corte de esquejes de tallos de *I. batatas* ningún tratamiento demostró tener diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización.
3. El vigor está expresado en número de yemas foliares de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}, ningún tratamiento desarrolló diferencias significativas en la producción de número de yemas foliares por esqueje de 30 centímetros, esto fue debido a que toda la plantación recibió la misma cantidad de agua por lo cual no varió el crecimiento de los entrenudos de cada tallo afectando el número de yemas foliares por esqueje de 30 centímetros.
4. Análisis de rentabilidad para la producción total de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} por hectárea, El tratamiento que obtuvo la mayor rentabilidad y fue el tratamiento dos el testigo relativo el cual consistió en una dosis de 98.58 kg/ha de nitrógeno con un índice de rentabilidad del 168.52% con una relación beneficio costo del 2.69.

X. RECOMENDACIONES

1. Si bien no se encontró diferencias estadísticas en la producción de esquejes de tallo se sugiere utilizar el tratamiento siete de dosificación de $294 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro debido a que aritméticamente es mejor a los tratamientos con niveles más bajos en nitrógeno.
2. Para producir esquejes de tallo de mayor vigor se necesita utilizar el tratamiento tres que consistió en la dosificación de $196 \frac{kg}{ha}$ de nitrógeno puro debido a que demostró producir esquejes de tallo con un mayor diámetro en el primer corte y en el segundo corte con promedios de 4.425 y 3.39 milímetros respectivamente.
3. Es importante crear un sistema de tutorado para evitar que los tallos de *I. batatas* se enreden unos con otro y dificulte su cosecha.

XI. REFERENCIAS

- Abarca, O. (2020). (2. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Venezuela, Ed.)
https://books.google.com.gt/books/about/Proyecci%C3%B3n_de_la_demanda_de_tierras_agr.html?id=CKLqtWEACAAJ&redir_esc=y
- AGRO ALPANSEQUE S.L. (2021). *www.fertilizanteagricola.com*. <https://www.fertilizanteagricola.com/urea-granular.html>
- Auris, S. (1999). Comparativo en rendimiento de cultivares de camote para consumo. Tesis Licenciatura. Lima, Perú: UNA La Molina.
- Azurdia, C. (1995). Importancia económica del camote en Guatemala y el mundo. En *Caracterización de algunos cultivos nativos de Guatemala* (pág. 33). Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía / Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas / International Board for Plant Genetic Resources.
- Basurto, F., Martínez, D., Rodríguez, T., Evangelista, V., Mendoza, M., Castro, D., . . . Vaylón, V. (2015). Conocimiento actual del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en México. En *biblat.unam.mx*. Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://biblat.unam.mx/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no1/5.pdf>
- Bustamante, I. W., Rivera, I. D., Lucio, I. N., & Velásquez, E. A. (2019). Transformación de datos. En *Σ estadística aplicada a agronomía, agroindustria y ciencias y afines* (pág. 33). Universidad Agraria del Ecuador.
- Calvo, A. (14 de 12 de 2017). <https://www.agroptima.com/>. <https://blog.agroptima.com/es/blog/analisis-de-suelos-agricolas/>
- Ccente, E. A. (2010). Modelación del crecimiento y rendimiento potencial del cultivo de camote *Ipomoea batatas* L. cv. Jonathan en la costa central del Perú. Universidad Nacional Agrícola La Molina Facultad de Agronomía, Lima Perú.
- Cedar Lake Ventures, Inc. (11 de Marzo de 2024). weatherspark: <https://es.weatherspark.com/y/11222/Clima-promedio-en-San-Jos%C3%A9-La-M%C3%A1quina-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Centro de Investigación, Tecnología e Innovación Universidad de Sevilla. (13 de 09 de 2024). <https://investigacion.us.es>: https://investigacion.us.es/docs/web/files/at_lrx

_0006_factores_de_conversion_oxidos_elementos_y_elementos_oxidos._rev_00.pdf

- Charles S. Simmons, J. M. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Editorial del Ministerio de Educación Pública, "José de Pineda Ibarra".
- Chávez, C. (2002). El cultivo de camote. Departamento de Fitotecnia. Lima, Perú: UNA La Molina.
- Coyoy, O. E. (2022). En *"Investigación para el desarrollo agrícola" Recomendaciones técnicas para el cultivo de camote (Ipomea Batata L.)*. Guatemala: Instituto de ciencia y tecnología ICTA. Obtenido de www.icta.gob.gt
- Fernández, H. R., Fernández, A. M., & Álvarez, A. F. (2016). Esquejes/Estacas. En U. N. Metropolitana, *Manual de propagación de plantas superiores* (pág. 47). Mexico: Rectoría de la Unidad Xochimilco.
- Folquer, F. (1978). La batata (camote): estudio de la planta y su producción comercial (No. 635.22 F6B3 SB211. S9). San Jose: IICA.
- García, D. A. (agosto de 2016). Importancia económica del camote en Guatemala y el mundo. En *Evaluación de densidades de siembra en la variedad de camote biofortificado icta doradobc (ipomoea batatas l) en el municipio de san jerónimo, baja verapaz* (págs. 32-33). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5978/1/TRABAJO%20DE%20GRADUACION%20DAVID%20SAGASTUME.pdf>
- Giani, C. (30 de Abril de 2022). *Variables discretas y continuas*. Enciclopedia de ejemplos : <https://www.ejemplos.co/variables-discretas-y-continuas/#ixzz9132zsl10>
- Haifa Group. (Octubre de 2024). www.haifa-group.com. <https://www.haifa-group.com/es/principales-funciones-de-los-nutrientes-vegetales>
- Herrera, N. A. (1987). Evaluación del centro de crecimiento del camote (*Ipomoea batatas* L.) y su relación con la radiación solar en monocultivo y en asociación con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y maíz (*Zea mays* L.). Turrialba, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

- Huamán, Z. 1. (1992). *Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote*. Lima, Perú : CIP (Centro Internacional de la Papa). Boletín de Información Técnica.
- ICTA, I. d. (Marzo de 2024). *Centro de produccion del sur CEPSUR*. <https://icta.gob.gt/CEPSUR.html>
- ICTA, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (junio de 2022). *Camote bio-fortificado ICTA Dorado BC e ICTA Pacífico bc variedades de camote con alto contenido de betacarotenos (Vitamina A)*. Obtenido de www.icta.gob.gt
- Ing. Agr. M.Sc. Héctor R. Fernández Cardona . (2024). Análisis económico. En *Administración Agrícola* (pág. 86). Universidad de San Carlos de Guatemala, Carrera de Agronomía Tropical.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. (2020). *Manual practico, muestreo de suelos con fines de fertilización de cultivos*. www.icta.gob.gt/: <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Suelos/Muestreo%20de%20suelos%20con%20fines%20de%20fertilizacion0001.pdf>
- Irungaray, G. E., Monzón, J. C., Ibarra, R. E., & Cabrera, G. A. (2018). Bosque húmedo tropical (bh-T). En *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida* (pág. 54). Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (Iarna).
- Jiménez, K. R. (26 de 09 de 2022). *Transformación, Estandarización e Imputación de Datos*. https://bookdown.org/keilor_rojas/CienciaDatos/transformaci%C3%B3n-estandarizaci%C3%B3n-e-imputaci%C3%B3n-de-datos.html#:~:text=En%20estad%C3%ADstica%2C%20la%20transformaci%C3%B3n%20de,los%20supuestos%20de%20los%20modelos.
- Kass, D. C. (1996). Fertilidad de suelos. EUNED.
- Kh., S. S. (2018). Materia orgánica (MO). En *Interpretación de los resultados de análisis de suelo* (pág. 6). Centro Nacional de Investigaciones del Café - Canicafé, Manizales Caldas, Colombia .
- Laboratorio de suelos - ICTA. (3 de Junio de 2024). *Instituto de ciencia y tecnología Agrícola, laboratorio de suelos*. <https://www.icta.gob.gt/laboratoriodesuelos>

- Lardizába, R. (2004). Manual de producción de camote. En *Centro de desarrollo de agronegocios* (pág. 7). Honduras, Lima, Cortes: Fintrac CDA.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San Jose, Costa Rica: Agroamérica IICA.
- López, R. J. (2021). Pasos para producir esquejes de camote. En *Producción de semillas de camote (Ipomoea batatas)* (pág. 12). Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal-CENTA.
- Martí, H. M. (2014). Producción agroecológica de batata para el gran cultivo y la huerta familiar. . Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2006). *Infraestructura de Datos Espaciales de Guatemala*. ideg.segeplan.gob.gt: <https://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/>
- Molina, M. I. (2024). *Análisis de suelo y su interpretación*. (C. d. Rica, Editor) <http://www.infoagro.go.cr>: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Morales, I. C. (Marzo de 2024). Jefe del Centro de Producción de Sur ICTA, La Máquina. (J. L. Lopez Ochoa, Entrevistador)
- Morales, S. M. (2017). *Costos y rentabilidad de unidades artesanales (Carpintería)*. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0950_v11.pdf
- Muñoz, M. (2012). El camote, batata o boniato: Descripción y composición nutricional. Lima, Perú. Recuperado el 2020, de <http://consejonutricion.wordpress.com/2012/06/29/el-camote-batata-o-boniatodescripcion-y-composicion-nutricional/>
- Murillo, J. (2009). Manual del cultivo del camote. Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola. Nicaragua: Chemonics Internacional Inc. Recuperado el 04 de Mayo de 2014, de <http://futuroagronomo.blogspot.com/2011/08/manual-del-cultivo-del-camoteipomoea.html>
- Nations, F. a. (2014). Productos frescos y procesados; hortalizas, Camote (Ipomoea patatas). Roma, Italia. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/CAMOTE.HTM#B1

- Oviedo, V. R., Enciso-Garay, C. R., & Mendoza, J. F. (Febrero de 2021). *Caracterización agromorfológica de variedades nacionales de batata (Ipomoea batatas L.)*. https://www.researchgate.net/publication/349605123_Caracterizacion_agro_morfologica_de_variedades_nacionales_de_batata_Ipomoea_batatas_L
- PROCOMER. (Noviembre de 2024). *Manual técnico siembra de camote naranja*. <https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Manual-de-siembra-camote-naranja.pdf>
- Projar Group. (2023). *www.projar.es*. <https://projar.es/productos/restauracion-ambiental/material-hidrosiembra/mejorantes-para-hidrosiembra/abono-mineral-15-15-15/>
- Ramos, A. R. (31 de julio de 2021). (S. i. mayo-agosto, Editor) <https://icta.gob.gt/publicaciones%202022/transparencia%20presupuestaria/Segundo%20informe%20cuatrimestral%2021.pdf>
- Ramos, A. R. (31 de Agosto de 2022). (I. d. cuatrimestral, Editor) <https://www.icta.gob.gt/publicaciones%202022/acceso%20informacion/Agosto%20III/Numeral%205/Segundo%20Informe%20cuatrimestral%20avance%20metas%20fisicas%20y%20financieras%20final%201%202022-min.pdf>
- Ramos, A. R. (Noviembre de 2023). <https://icta.gob.gt/publicaciones%202023/transparencia%20presupuestaria/POA%202023%20Actualizado%204.pdf>
- Rodríguez, A. M. (Enero de 2017). *Agricultura Tropical*, 3(2517-9292), 1-13. https://www.researchgate.net/publication/342747840_ORIGEN_EVOLUCION_Y_DISTRIBUCION_DEL_BONIATO_Ipomoea_batatas_L_Lam_UNA_REVISION
- Rotoplas Agro. (24 de Octubre de 2023). *www.rotoplas.com.ar*. <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/que-son-los-fertilizantes-y-cual-es-su-uso-en-el-campo/>
- Ruíz, E., Aguilera, V., & Batista, A. (2012). *Manual técnico para el cultivo de camote (Ipomoea batata L)*. Panama. Recuperado el 10 de Marzo de 2020, de www.idiap.gob.pa/download/manual-tecnico-para-el-cultivo-de-camote/?wpdmdl=1256
- Sangrador, C. O. (Septiembre de 2018). *Fundamentos de Medicina Basada en la Evidencia*. www.evidenciasenpediatria.es: <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/7307/estadistica-tipos-de-variables-escalas-de-medida>

- Santa Clara University My Own Business Institute. (2020). *sesión "Control de costos" en el curso de inicio rápido de MOBI*. Costos: costos fijos, costos variables y volumen: <https://www.scu.edu/media/mobi/Costos--costos-fijos-costos-variables-y-volumen.pdf>
- Torres, G. P., & Collates, R. M. (2015). Efecto de dos niveles de fertilización NPK en el rendimiento del cultivo de camote (*Ipomoea Batata* Lam). en condiciones de Chanchamayo. La Merced, Chanchamayo: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion Facultad de Ciencias Agropecuarias .
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (08 de abril de 2025). *!Ipomoea batatas* (L.) Lam. Obtenido de Taxonomy Browser
- Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA); Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID). (2000). *Primera Aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000*. Ministerio de Agricultura, Ganaderia Y Alimentación; Programa de emergencia por desastres naturales . [https://www.maga.gob.gt/download/ clasifica cion-suelo.pdf](https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf)
- Zúñiga, C. J. (2009). *Efecto de dos métodos de propagación asexual y posición del esqueje, sobre el rendimiento de dos genotipos de camote (Ipomoea batatas Lam)*. Universidad de Costa Rica: [https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server /api/core/bitstreams/08e2b35d-77ba-4a63-919d-06e3c805179f/content](https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/08e2b35d-77ba-4a63-919d-06e3c805179f/content)

XII. ANEXOS



Figura 21. Corte de tallo de *I. batatas*.



Figura 22. Manejo de tallos *I. batatas*.



Figura 23. Unidad experimental T1 y T4 primera repetición.



Figura 24. Medición de largo de tallo de *I. batatas*.



Figura 25. Cosecha de nueve posturas por unidad experimental de *I. batatas*.



Figura 26. Conteo de yemas foliares de un tallo de *I. batatas*.



Figura 27. Diámetro de tallo 30 cm antes del meristemo apical de *I. batatas*.



Figura 28. Diámetro de la parte central del tallo de *I. batatas*.

Replicación Tratamiento	Fecha		Diámetro de tallo				No. Yemas Por esqueje	No. Esquejes Elite Por postura	No. Corte	
	No. tallos	Largo de tallo (cm)	Basal (mm)	Centro (mm)	Apical 30cm antes (mm)				No. Esquejes 30 cm por quila	No. Esquejes por unidad experimental
Rep. T 5										
Postura 1	70	252	3.3	3.3	4.6	2.8	70	8		
Postura 2	70	404	2.7	5.4	4.1	17	17	7.5		
Postura 3	7	763	4	5.2	5.2	40	13	7.2		
Postura 4	70	273	4.7	3.2	4.8	26	70	7		
Postura 5	74	272	3.6	4.9	5	23	75	7		
Postura 6	72	262	4	4.7	5.7	32	76	8		
Postura 7	74						73			
Postura 8										
Postura 9										
Promedio										

Figura 29. Diámetro de la base del tallo de *I. batatas*.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

50 Años de investigación para el desarrollo agrícola

Solicitante

Finca

Municipio

Fecha

Ref. Lab

Giancarlos Torres

S/D

San José La Maquina

03/06/2024

11224

Identificación de muestra

Departamento

Cultivo

Informe No.

Camote 002

Suchitepéquez

S/D

11224

pa (g/cm3)

1,1

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	RANGO ADECUADO		Kg/ha
pH	5,7	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	5,4	%	3,00	6,00	-
FOSFORO(P)	31,0	ppm	12,00	16,00	68
POTASIO (K)	1,2	meq/100g	0,40	0,80	1001
MAGNESIO (Mg)	4,14	meq/100g	1,50	3,00	1092
CALCIO (Ca)	14,0	meq/100g	4,00	8,00	6172
SODIO (Na)	0,5	meq/100g	0,10	1,00	253
HIERRO (Fe)	93,9	ppm	25,00	50,00	206,6
COBRE (Cu)	9,8	ppm	2,00	4,00	21,6
MANGANESO (Mn)	9,6	ppm	5,00	10,00	21,1
ZINC (Zn)	7,7	ppm	3,00	5,00	16,8
ARCILLA	21	%	-	-	-
LIMO	18	%	-	-	-
ARENA	61	%	-	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco arcillo arenoso		-	-	-

Figura 30. Análisis de suelo.

Fuente. (Laboratorio de suelos - ICTA, 2024)

Tabla 22. Producción total de esquejes de tallo de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC} por hectárea.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	$\bar{X}$
T1	69600	107000	93000	89200	89700
T2	197000	163800	125000	89000	143700
T3	118000	102800	125000	102600	112100
T4	117000	137600	141000	139800	133850
T5	142800	135200	94400	174600	136750
T6	130800	142000	118800	119400	127750
T7	95000	206200	91000	185600	144450

Tabla 23. Primer corte Diámetro promedio de tallo en milímetros en el primer corte de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	$\bar{X}$
T1	4.21	3.933	3.723	3.917	3.946
T2	4.5	4.55	4.16	4.21	4.355
T3	4.493	4.457	4.347	4.403	4.425
T4	4.363	4.37	4.47	4	4.3
T5	4.363	3.93	4.2	4.04	4.133
T6	4.16	4.463	4.417	4.127	4.292
T7	4.747	4.447	3.983	4.18	4.342

Tabla 24. Segundo corte diámetro promedio de tallo en milímetros segundo corte de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	$\bar{X}$
T1	3.657	2.823	3.7	3.45	3.407
T2	3.737	3.353	3.333	3.333	3.437
T3	3.627	3.283	3.907	3.58	3.617
T4	3.407	2.897	3.717	4.03	3.513
T5	3.673	3.153	3.17	3.887	3.471
T6	3.617	3.1	3.72	3.633	3.517
T7	3.25	3.677	3.75	3.557	3.558

Tabla 25. Número de yemas foliares por esqueje de 30 cm primer corte de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	$\bar{X}$
T1	3.1	3	3.47	3.52	3.273
T2	3.26	3.1	3.14	3.71	3.303
T3	3.49	3.34	3.31	3.6	3.435
T4	3.4	3.19	3.46	3.79	3.46
T5	2.72	3.08	3.36	3.63	3.198
T6	3.13	3.27	3.42	3.33	3.288
T7	3.12	3.04	3.37	3.64	3.293

Tabla 26. Promedio de número de yemas foliares por esqueje de 30 cm de *I. batatas* segundo corte de *I. batatas* variedad ICTA Dorado^{BC}.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	$\bar{X}$
T1	4.06	3.97	4.44	4.35	4.205
T2	4.38	4.56	3.84	5.55	4.583
T3	4.21	4.58	4.64	3.62	4.263
T4	5.1	4.35	5.11	4.55	4.777
T5	4.27	3.93	5.01	4.59	4.45
T6	4.49	3.71	4.63	4.95	4.445
T7	4.19	4.61	4.1	4.57	4.368

Tabla 27. Costos fijos por hectárea.

Costos fijos por hectárea	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Arrendamiento de tierra	ha	1	Q2,142.86	Q2,142.86
Mano de obra				
Herbicida paraquat alemán	jornal	1.886	Q107.11	Q202.01
Herbicida fusilade 12.5EC	jornal	1.886	Q107.11	Q202.01
Herbicida ROUNDUP 35,6 SL. + 2,4 D 72 sl alkada	jornal	1.886	Q107.11	Q202.01
Insecticida monarca 11,25SE	jornal	5.658	Q107.11	Q606.03
Insecticida karate zeon 5 CS	jornal	3.772	Q107.11	Q404.02
Control manual malezas	jornal	342.6	Q107.11	Q36,695.89
Siembra de esquejes	jornal	28.572	Q107.11	Q3,060.35
Insumos				
Herbicida fusilade 12.5EC	Litro	20	Q298	Q5,960.00
Herbicida paraquat alemán	Litro	37.5	Q42.00	Q1,575.00
Herbicida ROUNDUP 35,6 SL	Litro	37.5	Q88.00	Q3,300.00
Herbicida 2,4 D 72 sl alkada	Litro	25	Q45.00	Q1,125.00
Insecticida monarca 11,25SE	Litro	13.2	Q375.00	Q4,950.00
Insecticida karate zeon 5 CS	Litro	8	Q290.42	Q2,323.36
Semilla de <i>I. batatas</i>	esqueje	20000	Q0.55	Q11,000.00
Costo total fijo				Q73,748.53

Tabla 28. Costos variables tratamiento uno en hectáreas.

Costos variable tratamiento 1	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	0	Q7.39	Q0.00
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	0	Q4.96	Q0.00
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	0	Q107.11	0
Mano de obra cosecha	Jornal	239.2	Q107.11	Q25,620.71
Total, costos variable 1				Q25,620.71

Tabla 29. Costos variables tratamiento dos en hectáreas.

Costos variable tratamiento 2	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	260	Q7.39	Q1,921.40
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	130	Q4.96	Q644.80
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	3.5	Q107.11	Q374.89
Mano de obra cosecha	Jornal	383.2	Q107.11	Q41,044.55
Total, costos variable 2				Q43,985.64

Tabla 30. Costos variables tratamiento tres en hectáreas.

Costos variable tratamiento 3	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	0	Q7.39	Q0.00
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	440	Q4.96	Q2,182.40
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	3.5	Q107.11	Q374.885
Mano de obra cosecha	Jornal	298.93	Q107.11	Q32,018.39
Total, costos variable 3				Q34,575.68

Tabla 31. Costos variables tratamiento cuatro.

Costos variable tratamiento 4	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	0	Q7.39	Q0.00
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	320	Q4.96	Q1,587.20
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	3.5	Q107.11	Q374.885
Mano de obra cosecha	Jornal	356.93	Q107.11	Q38,230.77
Total, costos variable 4				Q40,192.86

Tabla 32. Costos variables tratamiento cinco.

Costos variable tratamiento 5	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	0	Q7.39	Q0.00
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	200	Q4.96	Q992.00
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	3.5	Q107.11	Q374.885
Mano de obra cosecha	Jornal	364.67	Q107.11	Q39,059.80
Total, costos variable 5				Q40,426.69

Tabla 33. Costos variables tratamiento seis.

Costos variable tratamiento 6	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	0	Q7.39	Q0.00
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	520	Q4.96	Q2,579.20
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	3.5	Q107.11	Q374.885
Mano de obra cosecha	Jornal	340.67	Q107.11	Q36,489.16
Total, costos variable 6				Q39,443.25

Tabla 34. Costos variables tratamiento siete.

Costos variable tratamiento 7	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (Q)	Valor total (Q)
Fertilizante				
15-15-15 N-P-K	Kg	0	Q7.39	Q0.00
Urea 46-0-0 N-P-K	Kg	640	Q4.96	Q3,174.40
Mano de obra				
Mano de obra fertilización	Jornal	3.5	Q107.11	374.885
Mano de obra cosecha	Jornal	385.2	Q107.11	Q41,258.77
Total, costos variable 7				Q44,808.06



Figura 31. Terreno de la investigación 10 de junio.



Figura 32. Siembra de esquejes apicales 13 de junio.



Figura 33. Crecimiento de esquejes 28 de junio.



Figura 34. Aplicación de fertilizante.



Figura 35. Crecimiento del cultivo 10 de julio.



Figura 36. Crecimiento del cultivo agosto 5.



Figura 37. Primer corte de esquejes de tallo de *I. batatas*.



Figura 38. Fabricación de copas para medidas exactas de fertilizante.



Figura 39. Segundo corte de esquejes.