

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA; SAN PEDRO
SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

TESIS DE GRADO

MARCOS ANTONIO LÓPEZ OROZCO

CARNET 24084-15

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA; SAN PEDRO
SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
MARCOS ANTONIO LÓPEZ OROZCO

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTHA ROMELIA PÉREZ CONTRERAS DE CHEN
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: MGTR. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. MARCO ANTONIO ABAC YAX

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

ING. LEONEL ABRAHAM ESTEBAN MONTERROSO



AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

- DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
- SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
- SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
- SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
- SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango, 26 de noviembre de 2019.

Honorable Consejo de
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el informe final del Trabajo de Tesis del estudiante Marco Antonio López Orozco, que se identifica con carné 2408415, titulado: **“EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO PAPA; SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la Comisión para su aprobación.

Atentamente



Ing. Agr. Marco Antonio Abac Yax
Código URL 15847



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARCOS ANTONIO LÓPEZ OROZCO, Carnet 24084-15 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0647-2021 de fecha 26 de marzo de 2021, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA; SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 6 días del mes de abril del año 2021.



MGTR. JULIO ROBERTO GARCIA MORÁN, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por mi vida, la inteligencia y la sabiduría de haberme permitido culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mi Familia: Por el apoyo moral de seguir avanzando y no abandonar mis estudios hasta alcanzar el título.

A la Universidad Rafael Landívar Campus Quetzaltenango: Facultad de ciencias ambientales y agrícolas, por ser mi casa de estudios de mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos: Por compartir momentos de aprendizaje y experiencias de alegría en cada uno de los procesos de mi formación.

A mis docentes: Por compartir sus conocimientos y experiencias como profesionales de las ciencias agrícolas.

A Ing. Agr. Marco Antonio Abac: Por el apoyo como coordinador, como docente y como amigo en cada uno de mis procesos de estudio.

DEDICATORIA

A Dios: Creador supreso por darme la vida, inteligencia, sabiduría y por todas tus bendiciones cada día en mi vida, en tus manos recomiendo cada uno de los procesos como ingeniero agrónomo.

A mis Padres Angélica Ruth Orozco y Nery Analberto López (QEPD): Por mi educación, por los consejos y ser mi ejemplo de lucha para nunca rendirse en la vida.

A mis hijas: Sharon López y Mavy López, Por ser mi motivación principal para alcanzar mi formación profesional y para que sigan mi ejemplo en un futuro si Dios lo permite.

A mis Hermanos Allan, Italia, Yaneidi y Daymi todos de apellido López Orozco: Por su apoyo Moral en cada proceso de mi formación.

A mi esposa Roxana Escobar: Por compartir cada momento de su vida a mi lado, por su apoyo moral y ser madre de mi hija.

A mi tía Amabilia López: Por ser como mi segunda mamá, por su apoyo moral, por su incondicional cariño en cada uno de los procesos de crecimiento como persona y como profesional.

A mi cuñada Ili y Sobrinos: por ser parte de mi vida y por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEÓRICO.....	3
2.1.	Cultivo de papa.....	3
2.1.1.	Origen	3
2.1.2.	Taxonomía.....	4
2.1.3.	Descripción botánica del cultivo de papa.....	4
2.1.4.	Características morfológicas del cultivo de papa	5
2.1.5.	Requerimiento nutricional del cultivo de papa.....	6
2.1.6.	Variedades de la región	6
2.1.7.	Importancia cultural.....	8
2.1.8.	Valor nutricional de la papa	9
2.1.9.	Producción del cultivo de papa en la región.....	10
2.1.10.	Importancia económica del cultivo	11
2.2.	Fertilización	11
2.2.1.	Importancia de la fertilización.....	11
2.2.2.	Beneficios de la fertilización.....	12
2.2.3.	Clases de fertilización.....	13
2.2.4.	Clases de liberación de nutrientes	15
2.3.	Antecedentes.....	17
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	25
4.	OBJETIVOS	27
4.1.	General.....	27
4.2.	Específicos.....	27
5.	HIPÓTESIS.....	28
5.1.	Hipótesis alternativa	28
6.	METODOLOGÍA	29
6.1.	Localización.....	29
6.2.	Material experimental.....	29
6.2.1.	Fertilizantes	29
6.2.2.	Papa variedad Loman	31
6.3.	Factores a estudiar	31
6.4.	Descripción de los tratamientos.....	31
6.5.	Diseño experimental	33
6.6.	Modelo estadístico.....	33
6.7.	Unidad experimental.....	33
6.8.	Croquis de campo	34
6.9.	Manejo del experimento	35
6.9.1.	Traza del terreno.....	36
6.9.2.	Análisis de suelos	36
6.9.3.	Preparación del terreno.....	36
6.9.4.	Corrección del pH del suelo	37

6.9.5. Siembra.....	37
6.9.6. Fertilización.....	38
6.9.7. Riego.....	39
6.9.8. Control de maleza.....	39
6.9.9. Control de plagas y enfermedades.....	39
6.9.10. Eliminación del follaje	40
6.9.11. Cosecha.....	40
6.10. Variables respuesta	40
6.10.1. Crecimiento vegetativo.....	40
6.10.2. Componentes de rendimiento	41
6.11. Análisis de la información	41
6.11.1. Análisis estadístico	41
6.11.2. Análisis económico	42
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
7.1. Crecimiento vegetativo.....	42
7.1.1. Altura de planta	42
7.1.2. Diámetro polar de tubérculo.....	45
7.2. Componentes de rendimiento	47
7.2.1. Rendimiento en toneladas por hectárea.....	47
7.2.2. Número de tubérculos por planta	50
7.3. Análisis económico.....	52
8. CONCLUSIONES	56
9. RECOMENDACIONES	57
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
11. ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	32
Tabla 2. Promedio de altura de planta en centímetros de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.....	42
Tabla 3. Prueba de t, altura de planta en centímetros de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.....	43
Tabla 4. Diámetro polar de tubérculo en centímetros de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.....	45
Tabla 5. Prueba de t, diámetro polar de tubérculos de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.....	46
Tabla 6. Rendimiento en toneladas por hectárea de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	48
Tabla 7. Prueba de t, de los datos de rendimiento en toneladas por hectárea en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	49
Tabla 8. Promedio de número de tubérculos por planta de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	51
Tabla 9. Prueba de t, de número de tubérculos por planta de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	52
Tabla 10. Análisis económico por hectárea de los tratamientos establecidos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	53
Tabla 11. Resumen de variables respuesta en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Unidad experimental de la, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; Aldea San José Caben y Aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, 2020.....	34
<i>Figura 2.</i> Croquis de campo, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; Aldea San José Caben y Aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, 2020.	35

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA;

SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar dos tipos de fertilización, en el cultivo de papa en aldea San José Caben y aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, utilizando el método de Student con datos de muestras independientes evaluando los siguientes tratamientos: T1 fertilizante de liberación lenta 15-3-20 +2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn (1,000 kg/ha), T2 15-15-15 (433 kg/ha) y el testigo relativo T3 20-20-0 MF y 15-15-15 MF (1,464 kg/ha). Durante la investigación se midieron variables de crecimiento vegetativo (altura de planta y diámetro polar del tubérculo) y variables de rendimiento (t/ha y número de tubérculos por planta), además se realizó un análisis de rentabilidad. De acuerdo a los resultados obtenidos el comportamiento de las variables evaluadas fue similar en las dos localidades, aunque se tuvieron mejores resultados en los tratamientos evaluados en aldea Chim excepto para la variable número de tubérculos que tuvo un comportamiento similar en las dos localidades; cabe mencionar que los tratamientos que presentaron la mejor rentabilidad son los tratamientos T2 y T3 donde se evaluaron fertilizantes convencionales. Llegando a la conclusión que la aplicación del fertilizante de liberación lenta no tuvo efecto sobre las variables evaluadas, aunque se tuvieron mejores resultados en los tratamientos evaluados en aldea Chim comparados con los evaluados en aldea San José Caben lo cual se le atribuye a la diferencia edafoclimática existente entre las dos localidades, en cuanto a la rentabilidad fue el tratamiento número dos evaluado en aldea Chim el que presentó una rentabilidad superior a los demás tratamientos evaluados.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa, es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica en el país, es cultivado principalmente por pequeños agricultores en la zona occidental, en climas que van de templado a frío, además es uno de los principales productos de consumo de las familias guatemaltecas. La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Huehuetenango (32%), Quetzaltenango (23%), San Marcos (21%), Guatemala (6%), Sololá (4%) y los demás departamentos de la República suman el (14%) restante. El 88.9% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 6 departamentos: Huehuetenango (29.1%), San Marcos (24.%), Quetzaltenango (21.7%), Guatemala (5.6%), Jalapa (4.7%) y Sololá (3.8%) (MINECO, 2015).

Entre los aspectos críticos en la producción de la papa, para los agricultores del municipio de San Pedro Sacatepéquez, se encuentra la nutrición vegetal, la disponibilidad de riego y el control de plagas y enfermedades, pues van ligados uno del otro. De la nutrición depende el desarrollo de las plantas y por ende el rendimiento y productividad de las mismas. En este sentido el incremento en el costo de los insumos agrícolas (fertilizantes) en los últimos años, sumado a los bajos rendimientos en el cultivo de papa, ha influido a que muchos agricultores del referido municipio, año con año tengan problemas en su economía, esto debido al mal manejo de los fertilizantes, lo que provoca que se pierda cierta cantidad de nutrientes por lixiviación o volatilización, incrementando los costos de producción y por ende bajos rendimientos del cultivo.

Una de las soluciones que se han presentado en el medio, son los fertilizantes de liberación lenta. Siendo la forma más segura y efectiva para lograr una disponibilidad de nutrientes coincidente con los requerimientos de la planta, mediante el control de su liberación en la solución del suelo. (Haifa Chemicals ltd, 2014).

Al respecto, con el propósito de encontrar una solución a la problemática del mal manejo de los fertilizantes convencionales, se evaluaron dos tipos de fertilización en el cultivo de papa, bajo las condiciones de dos localidades del municipio de San Pedro Sacatepéquez, tomando en cuenta un fertilizante de liberación lenta, el estudio se realizó bajo la metodología del método de Student con datos de muestras independientes midiendo componentes de crecimiento vegetativo y de rendimiento; de acuerdo a los datos obtenidos durante la investigación se determinó que la aplicación de fertilizantes de liberación lenta no tuvo ningún efecto sobre las diferentes variables evaluadas durante esta investigación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cultivo de papa

2.1.1. Origen

La historia de la papa comienza hace unos 8000 años, cerca del lago Titicaca, que está a 3,800 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera de los Andes, América del Sur, en la frontera de Bolivia y Perú. Ahí, según revela la investigación, las comunidades de cazadores y recolectores que habían poblado el sur del continente por lo menos unos 7000 años antes, comenzaron a domesticar las plantas silvestres de la papa que se daban en abundancia en los alrededores del lago (FAO, 2008).

En el continente americano hay unas 200 especies de papas silvestres, pero fue en los Andes centrales donde los agricultores lograron seleccionar y mejorar el primero de lo que habría de convertirse, en los milenios siguientes, una asombrosa variedad de cultivos del tubérculo. En realidad, lo que hoy se conoce como "papa" (*Solanum tuberosum*) contiene apenas un fragmento de la diversidad genética de las siete especies reconocidas de papa y las 5,000 variedades que se siguen cultivando en los Andes (FAO, 2008).

Si bien los agricultores andinos cultivaron muchas hortalizas y cereales, como el tomate, los frijoles y el maíz, sus variedades de papa eran particularmente adecuadas a la zona del valle quechua, que se extiende a alturas de 3,100 a 3,500 metros sobre el nivel del mar, a lo largo de las vertientes de los Andes centrales (los pueblos andinos consideraban la región quechua la "zona civilizada"). Pero los agricultores también produjeron una especie de papa resistente a las heladas, que sobrevive en la tundra alpina de la región de la Puna, a 4,300 metros de altura (FAO, 2008).

2.1.2. Taxonomía

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L.

Clasificación taxonómica de la papa (Quispe, 2016).

2.1.3. Descripción botánica del cultivo de papa

Plantas herbáceas anuales, de porte erecto, pubescentes esparcidas y con pelos simples o glandulosos, con estolones subterráneos terminados en tubérculos y con tallos de hasta 1.5 m, suculentos y algo alados o cuadrangulares. Hojas compuestas imparipinnadas. Foliolos 3-9 por hoja, con otros más pequeñas intercalados, ovados o lanceolado-ovados y de doble longitud que ancho con el ápice agudo o redondeado los inferiores y acuminado los superiores y con peciólulos alados. Pseudoestípulas auriculares o semilunares en la base del peciolo. Flores con pedicelos articulados cerca de la base y de 1-3.5 cm, en cimas o panículas cimosas opositifolias, plurifloras y con pedúnculos de 5-10 cm. Cáliz con tubo de unos 5 mm y 5 lóbulos subyúgales lanceolados y acuminados de 5-8 mm. Corola blanca, rosada, azul, violeta o purpúrea, rotado-pentagonal, de 2.5-4 cm y con los lóbulos de doble ancho que longitud. Filamentos estaminales de unos 2 cm. Anteras amarillas o anaranjadas, de 6-7 mm de longitud y con el ápice romo. Estilo de 8-9 mm. Baya globosa, de 1.5-4 cm de diámetro y de color verdoso a purpúreo. Semillas reniformes y de color

blanco. Se cultiva por sus tubérculos comestibles que también se utilizan para la obtención de almidón y por fermentación, de alcohol. (Agroes, 2017).

2.1.4. Características morfológicas del cultivo de papa

Según Cucas (2014), Las características morfológicas del cultivo de papa son las siguientes:

Raíces. Las raíces de la planta de papa son adventicias. La papa se propaga por tubérculos. El suelo debe ser arcilloso preferentemente ya que la mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 40 centímetros del suelo.

Tallos. La papa produce un tallo normal de tipo herbáceo, erecto, un poco veloso, y con ramificaciones no muy desarrolladas.

Tubérculos. Además de tallo la papa produce en la tierra tallos modificados, se llaman tubérculos. El tallo empieza como un estolón que se engrosa por la punta y que luego forma tubérculo.

Hojas. Estas son del tipo compuesto, con varios foliolos opuestos y uno grande como terminal. Las hojas son un poco velosas. En las axilas, que forman las hojas con tallo, salen las yemas vegetativas.

Flores. La inflorescencia de la papa es de tipo cima, compuesta de terminal de pedúnculos largos. La flor es completa y los cinco pétalos se fusionan formando un tubo floral.

Frutos. El fruto de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla conocida también como semilla sexual, es el ovulo fecundado, desarrollado y maduro. El número de semillas por fruto puede variar desde cero (nada) hasta 400.

2.1.5. *Requerimiento nutricional del cultivo de papa*

El gasto en fertilizantes representa entre 7 a 10% del costo de producción; en algunos casos hasta un 30%, esto de acuerdo con el grado de tecnificación del cultivo. Para tomar la decisión de cómo fertilizar la papa y adicionar las cantidades necesarias y adecuadas de nutrición al suelo, es necesario la realización del análisis de suelo; debiendo determinarse el contenido de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Aluminio (Al), materia orgánica, acidez total, densidad aparente, textura y pH (Cortéz & Hurtado, 2002).

Los requerimientos nutricionales de la papa para producir 35 t/ha de tubérculo fresco son: 150 kg. N, 65 kg. P₂O₅ y 225 kg K₂O; además, requiere cantidades moderadas de Mg, S y algunos microelementos como: B, Ca, Mo, Mn, Fe, Cu, y Zn. Cuando se aplican cantidades de Nitrógeno muy altas, en relación con la disponibilidad de los otros elementos, se induce a la producción de papas extra grandes, pero se reduce su contenido de almidones. También aumenta la susceptibilidad de las plantas a las plagas, especialmente a las enfermedades causadas por hongos y bacterias (Cortéz & Hurtado, 2002).

El P₂O₅ y el K₂O deben aplicarse en su totalidad al momento de la siembra; como fuente de Nitrógeno se puede usar la Urea 45%, Nitrato de Amonio 33%; como fuente de P₂O₅ el triple superfosfato 46% y fosfato simple 20% y como K₂O muriato de Potasio 0-0-60, sulfato de Potasio (formula 0-0-50), o bien fórmulas completas como la 15-15-15, 18-46-0 y 12-24-12 (Cortéz & Hurtado, 2002).

2.1.6. *Variedades de la región*

Variedad Tollocan. Puede alcanzar una altura de 70-95 cm. Las flores son de color blanco, las cuales se presentan entre los 55 a 60 días después de la siembra. Su madurez fisiológica la alcanza a los 110 o 115 días después de la siembra. La piel y la pulpa son de color crema. El

tubérculo tiene forma oblonga a redonda. A 2,390 msnm presenta 18.2 % de sólidos totales y 12.6 % de almidón. Se considera tolerante a tizón tardío. De acuerdo a estas características, su uso es adecuado para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas. Su rendimiento varía de 25 a 35 t/ha. Su textura es cerosa (ICTA & MAGA, 2002).

Variedad ICTA Chiquirichapa. Variedad ICTA Chiquirichapa puede alcanzar alturas de planta de 60-70 cm. Su floración se presenta a los 55-60 días después de la siembra. El color de las flores es lila. Su piel y pulpa es de color amarillo. Los tubérculos presentan forma oblongo alargado. A 2,390 msnm presenta 19.5 % de sólidos totales y 13.7 % de almidón. Se considera susceptible a tizón tardío. Su rendimiento varía de 25 a 35 t/ha. Su uso es adecuado para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas. Su textura es cerosa (ICTA & MAGA, 2002).

Variedad ICTA Xalapan. Variedad ICTA Xalapan es una variedad de porte alto (75-95 cm), follaje denso de color verde y hojas gruesas. Presenta flores de color morado. Tubérculo de forma alargado. Su hábito de crecimiento es decumbente, por lo que requiere calza alta y oportuna desde la siembra hasta antes de la floración. Su ciclo vegetativo puede variar de 100 a 140 días después de la siembra. El rendimiento varía de 25 a 40 t/ha. Se considera tolerante a tizón tardío, así como a heladas no muy severas. Es buena para frituras caseras, ensaladas y papas hervidas (ICTA & MAGA, 2002).

Variedad ICTAFRIT. Variedad ICTAFRIT presenta follaje abundante de color verde oscuro. Plantas que alcanzan los 80-90 cm. Florea entre los 70-75 días después de la siembra (2,390 msnm) y 130 días después de la siembra a 3,500 msnm. Sus flores son de color rosado. La piel y la pulpa es de color blanco. Se caracteriza porque sus ojos en las yemas presentan un color púrpura. A 2,390 msnm se reporta 17.3 % de sólidos totales y 11.6 % de almidón. Se considera tolerante a tizón tardío. Considerando sus cualidades culinarias, es buena para papas fritas, ensaladas y papas

hervidas. Su rendimiento se ve afectado principalmente por altura sobre el nivel del mar; siendo éste de 20-30 t/ha a 2,390 msnm y 60 t/ha a 3,500 msnm. (ICTA & MAGA, 2002).

Variedad Atlantic. Variedad Atlantic fue introducida al país por la empresa Productos René, S.A. y multiplicada en sus inicios por el ICTA. Es de tubérculo oblongo y color de piel crema y pulpa blanca. Alcanza alturas de planta de 40-50 cm. (2,390 msnm). Florea a los 55- 60 días después de la siembra. El color de sus flores es lila pálido. A 2,390 msnm reporta 21.4 % de sólidos totales y 15.8 % de almidón. Es susceptible a tizón tardío. Uno de los atributos principales de esta variedad es su calidad industrial. Es excelente para cocinar papas horneadas, papalinas y papas fritas a la francesa. Presenta una textura harinosa, seca (ICTA & MAGA, 2002).

Variedad Loman. Su altura de planta varía desde 20-30 cm (3,500 msnm) a 60-65 cm (2,390 msnm). En condiciones de campo no produce flores o algunas veces pocas. La forma del tubérculo puede variar de oblongo alargado ha alargado. La pulpa y piel es de color crema, susceptible a tizón tardío. Su ciclo vegetativo varía de 80-90 días (2,390 msnm) a 120 días (3,500 msnm). A 2,390 msnm presenta 18.8 % de sólidos y 13.2 % de almidón. De acuerdo a su uso, se caracteriza por ser excelente para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas y enlatado. Presenta una textura cerosa. Los rendimientos pueden variar de 15 t/ha (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm) (ICTA & MAGA, 2002).

2.1.7. Importancia cultural

El cultivo de la papa representa para una gran mayoría de agricultores parte de su dieta básica, especialmente en el altiplano occidental del país. En algunos casos se ha observado que la papa es la única fuente de alimentación y que una familia de seis miembros consume diariamente 6 kilogramos. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE) de Guatemala, indica que durante los años 1988 y 1990 el suministro anual por persona según grupo de alimentos, los

guatemaltecos consumieron 13.4 y 16.1 Kg/año de tubérculos, plátanos y bananos respectivamente. Dicho consumo representó el 3 y 4 % del total del alimento consumido en los años mencionados anteriormente. Se considera que el mayor porcentaje (más o menos 80 %) del consumo per cápita de este grupo de alimentos se refiere a la papa (ICTA & MAGA, 2002).

2.1.8. Valor nutricional de la papa

La papa es un alimento que contiene una cantidad relativamente baja en calorías, libre de grasas y colesterol, es alta en contenido de potasio y vitamina C, la cual tiene una capacidad de combate de resfríos y gripes. La papa es una rica fuente de almidón, por lo que es una buena fuente de energía. Los carbohidratos son necesarios para prevenir la fatiga y desbalances nutricionales, siendo la papa una fuente de carbohidratos que contiene menos calorías y grasas que otras fuentes de estos compuestos, como son el pan, las pastas o el arroz (Muñoz, 2014).

Además de suministrar energía y los compuestos señalados anteriormente, la papa posee una buena cantidad de otros metabolitos beneficiosos para la salud humana, esto son: Fenoles (importantes antioxidantes en nuestra dieta y la papa es una buena fuente de ellos, tienen un amplio rango de características promotoras de la salud), flavonoides (compuestos con actividad antioxidante y por lo tanto, promotores de la salud), y carotenoides (Muñoz, 2014).

Efectos de los métodos de preparación de las papas. El valor nutritivo de un alimento que contenga papas depende de los otros alimentos que las acompañan y del método de preparación. Por sí misma, la papa no engorda (la saciedad que produce su consumo puede en realidad ayudar a las personas a mantener la línea). Sin embargo, la preparación y consumo de las papas con ingredientes de gran contenido de grasa aumenta el valor calórico del platillo (Prokop & Albert, 2008).

Las papas, se consumen hervidas (con o sin piel), al horno o fritas. Cada método de preparación repercute en la composición de la papa en distintas formas, pero todos reducen el contenido de fibra y proteínas, que se escurren al agua o el aceite, además de que el calor destruye estos nutrientes o se producen cambios químicos, como la oxidación (Prokop & Albert, 2008).

Al hervir las papas, que es el método más común de preparación en todo el mundo, se pierde una gran cantidad de vitamina C, sobre todo en las papas peladas. Las papas a la francesa y las hojuelas de papa, freírlas en aceite caliente (de 140°C a 180°C) produce una gran absorción de grasa y reduce mucho el contenido de minerales y ácido ascórbico. En general, la preparación al horno causa una pérdida un poco mayor de vitamina C que la cocción en agua, debido a que la temperatura del horno es más elevada, pero en cambio se pierden menos vitaminas y minerales (Prokop & Albert, 2008).

2.1.9. Producción del cultivo de papa en la región

El IV Censo Nacional Agropecuario reporta que durante el periodo 2002 - 2003, el cultivo de papa ocupó el quinto lugar en superficie de siembra de cultivos anuales o temporales, en este periodo se registró un área de siembra de 6,733 hectáreas, con una producción de 10,2482 toneladas métricas y un rendimiento promedio de 15.22 toneladas por hectárea, los departamentos con la mayor producción del cultivo fueron Huehuetenango, San Marcos y Quetzaltenango; estos tres departamentos colindan entre sí y se localizan en la región occidental del país, además se debe mencionar que la producción nacional del cultivo de papa tradicionalmente está orientada al abastecimiento del mercado nacional y centroamericano (INE, 2004).

2.1.10. Importancia económica del cultivo

Para el caso de Guatemala, la papa es un cultivo propio de regiones frías o templadas a altitudes de 1,500 a 3,600 msnm (ICTA & MAGA, 2002).

Es un cultivo de importancia económica para los agricultores del occidente del país ya que la producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Huehuetenango (32%), Quetzaltenango (23%), San Marcos (21%), Guatemala (6%), Sololá (4%) y los demás departamentos de la República suman el (14%) restante. El 88.9% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 6 departamentos: Huehuetenango (29.1%), San Marcos (24%), Quetzaltenango (21.7%), Guatemala (5.6%), Jalapa (4.7%) y Sololá (3.8%). Además el cultivo de papa en el año 2014 generó 3,581,900 jornales al año lo cual es equivalente a 12,793 empleos permanentes de acuerdo a los economistas (MINECO, 2015).

2.2. Fertilización

2.2.1. Importancia de la fertilización

Aunque la calidad depende en gran medida de la variedad, la disponibilidad de nutrientes influye evidentemente en la misma, y está condicionada por el destino de la producción (ICTA & MAGA, 2002).

La práctica de la fertilización consiste en aplicar al suelo los nutrientes que se encuentran deficientes, para la producción esperada. Los suelos sometidos a una agricultura intensiva si bien pueden tener una alta capacidad productiva, generalmente son deficientes en Nitrógeno, Fósforo, Potasio y algunas veces en otros macro y micro elementos que el agricultor necesita aplicarlos para obtener altos rendimientos que le aseguren una buena rentabilidad en el cultivo. Por ello es aconsejable que antes de plantar el cultivo se realice un análisis del suelo para conocer la situación de éste y poder aplicar los elementos necesarios (macro y micro elementos) que el cultivo requiere

para su óptima producción. Además, es conveniente que durante el desarrollo del cultivo se realicen análisis foliares para corregir algunas deficiencias de micro o macro elementos que puedan afectar la producción (ICTA & MAGA, 2002).

2.2.2. Beneficios de la fertilización

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Se ha demostrado que, si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Pero también, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse. Los resultados de miles de demostraciones y de ensayos llevados a cabo en las fincas de los agricultores bajo el primer programa de fertilizantes de la FAO, que cubrió un período de 25 años en 40 países, mostró que el aumento promedio ponderado del mejor tratamiento de fertilizantes para ensayos de trigo era alrededor del 60 por ciento (IFA, 2002).

El uso de fertilizantes como el Nitrógeno, el Fósforo, el Potasio y elementos menores, pueden afectar a los nematodos de manera directa o indirecta, al favorecer el desarrollo y crecimiento de la planta, así como el vigor y la lignificación de las raíces, lo que las hace más difíciles de penetrar por el nematodo. El Calcio es otro elemento importante en la lignificación y mayor crecimiento de raíces. (VISAR, 2015).

2.2.3. Clases de fertilización

Aplicaciones de fertilizantes al suelo. Principalmente existen dos formas de aplicación de fertilizantes al suelo: localizadas, cuando se aplica el fertilizante a una zona limitada del suelo que será interceptada por las raíces y las aplicaciones no localizadas o al voleo cuando la aplicación del fertilizante se hace a toda el área que va a ocupar el cultivo, ya sea incorporado (arado, disquera, rastras) o aplicado en superficie o cobertura (Bordoli & Barbazán, 2010).

En lo que respecta a la fertilización de cultivos existen diferentes momentos de aplicación de fertilizantes como se describe a continuación: Antes de la siembra, que también se divide en aplicación al voleo en superficie en donde se favorecen las pérdidas Nitrógeno por inmovilización, desnitrificación y volatilización o aplicación al voleo incorporado obteniendo una aplicación uniforme sobre el suelo e incorporado con arado o cultivador. También se puede realizar la aplicación localizada ya sea en banda superficial o en banda sub superficial: entre 5 y 20 cm (Bordoli & Barbazán, 2010).

Al momento de la siembra: ya sea bandeado con la semilla (es una banda sub superficial, pero se usa comúnmente como aplicación starter en suelos fríos y húmedos. Se aplica cerca o con la semilla, a dosis bajas y se usan fuentes sólidas o fluidas), en bandas superficiales (superficialmente o a chorrillo en la siembra, en bandas directamente en la hilera o algunos centímetros al lado de la hilera) o en banda sub superficial cerca de la semilla, de 2.5 a 5 cm directamente debajo de la semilla o de 2.5 a 7.5 cm al costado y debajo de la semilla (Bordoli & Barbazán, 2010).

Postsiembra: con cobertura (Nitrógeno en trigo, cebada, avena y pasturas), o al costado del cultivo en bandas superficiales o sub superficiales (inyección) (Bordoli & Barbazán, 2010).

Fertilización foliar. Los usos de la fertilización foliar están principalmente enfocados en corregir rápidamente deficiencias, frente a problemas de excesiva fijación por parte del suelo,

frente a una inadecuada absorción de las raíces (por baja temperatura, daños, etc.), usada para la aplicación de elementos menores como son los micronutrientes (Ej: Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, etc), utilizada normalmente en frutales (viña, citrus, etc) y hortalizas (papa, tomate, morrón, etc) (Bordoli & Barbazán, 2010).

Las principales ventajas de la fertilización foliar son la alta eficiencia potencial de los fertilizantes aplicados directamente al follaje, la aplicación de NPK en cultivos extensivos no retarda la senescencia de las hojas y en general no afecta rendimiento. Puede aumentar la calidad (%N, %P, etc) al aplicarse entre floración y llenado de grano (Bordoli & Barbazán, 2010).

Uno de los mayores problemas de la fertilización foliar es el daño en hojas y/o frutos y que la aplicación foliar de macronutrientes ha dado escasos resultados en cultivos extensivos (Bordoli & Barbazán, 2010).

Fertirriego. Si bien las ventajas del fertirriego dependen del sistema de riego que se utilice, se mencionan como ventajas al bajo costo de aplicación, flexibilidad del momento y de la dosis (N), precisión de la aplicación y distribución y mayor eficiencia (Bordoli & Barbazán, 2010).

Entre los métodos de irrigación se mencionan a los métodos por gravedad (inundación-surcos), que se caracterizan por una distribución poco uniforme, método por aspersores-cañones que se caracterizan por tener una distribución mala si hay viento y una infiltración no uniforme y por último el método por goteo, el cual tiene como características que es de baja presión, alta frecuencia de irrigación (4 mm/h), se utiliza sólo en cultivos en hilera, tiene alta eficiencia en el uso de agua y nutrientes, más sin embargo, presenta problemas obturación goteros (en superficie algas, microbios, arcillas, sustancias orgánicas y sales) (Bordoli & Barbazán, 2010).

Problemas o desventajas del fertirriego: Distribución de nutrientes según la distribución del agua, precisión de dosis y eficiencia según equipo de riego, pérdidas volatilización de NH_3 en

riego por superficie o aspersores, estratificación superficial o localizada de poco móviles (P; K) y problemas de precipitación de Ca; Mg; HCO₃ - en el agua (Bordoli & Barbazán, 2010).

2.2.4. Clases de liberación de nutrientes

Fertilizantes en gránulos. Los fertilizantes en gránulos nutren naturalmente las plantas a través de las raíces. Los gránulos se disuelven lentamente, filtrándose en el suelo; sin embargo, ante una lluvia intensa, los gránulos pueden lavarse a medida que se disuelven (Grupo SACSA, 2015).

Fertilizantes de liberación lenta. Los fertilizantes de liberación lenta suministran los nutrientes a la planta de forma eficaz, lenta y prolongada en el tiempo. Esto permite reducir el número de aplicaciones y de unidades de fertilizantes a aportar, posibilitando así, una fertilización nitrogenada mucho más eficaz (TRAXCO, 2011).

Se mantienen niveles adecuados de Nitrógeno en el suelo durante todo el ciclo de desarrollo de la planta, se minimizan las pérdidas y se evita el exceso o defecto que caracteriza a otras formas de aplicación más tradicionales. A todo esto hay que añadir la reducción en cuanto a necesidad de mano de obra y uso de maquinaria, ya que el número de aplicaciones es menor, y también la cantidad de fertilizante empleada (TRAXCO, 2011).

Urea recubierta de azufre. Se consigue rociando Azufre molido sobre granos de urea sobrecalentados, por lo que queda como un fertilizante encapsulado. Posteriormente, con una capa de cera, se sella para eliminar posibles imperfecciones y orificios que se originen en la cubierta de Azufre. Resulta común la aparición de gránulos con agujeros sin sellar, por lo que la característica de liberación lenta puede perderse. Hasta que el resto de los gránulos empiecen a liberar el Nitrógeno tras la liberación inicial, comienza una etapa en la que se reduce de forma significativa la disponibilidad de este nutriente. Una vez que las bacterias del suelo oxidan la capa de Azufre de

los gránulos sin imperfecciones, el proceso de liberación inicia. La oxidación de estas bacterias se ve favorecida por factores que van a influir en la liberación del Nitrógeno y por consiguiente en la longevidad del producto como son un pH neutro, la temperatura, la humedad del suelo y el alto contenido en materia orgánica (TRAXCO, 2011).

Urea formaldehído. Este tipo de fertilizantes son resultado de la reacción de la urea con formaldehído, dando lugar a mezclas de urea y cadenas de polímeros de diferentes longitudes, según las condiciones de la reacción y de la proporción existente entre la urea y el formaldehído. Al romperse estas cadenas por la acción de los microorganismos del suelo, surge la liberación del Nitrógeno. La velocidad de liberación aumenta cuanto menor sea la longitud de las cadenas (TRAXCO, 2011).

Inhibidores de la nitrificación. Estos compuestos químicos retrasan la actividad de las nitrosomonas, que son las bacterias responsables de la transformación del amonio en nitrito. Este proceso es la etapa previa a su transformación en nitratos por la acción de las bacterias, siendo los nitratos la forma en la que se producen las principales pérdidas del Nitrógeno aplicado en la fertilización por su facilidad de lavado. Desde ese momento, el Nitrógeno amónico que contenga el fertilizante aportado seguirá estando disponible para la planta. En función del tipo de suelo, variará el tiempo que se mantiene el nitrógeno en forma amoniacal (TRAXCO, 2011).

Cubiertas a base de polímeros biodegradables. Este tipo de fertilizantes se denominan encapsulados, ya que los nutrientes están recubiertos por capas de polímero biodegradable. Esta característica permite su liberación de forma controlada en función únicamente de la temperatura del suelo (a mayor temperatura, mayor liberación) lo que coincide con el aumento de las necesidades de las plantas. Este método es el único que permite controlar la liberación de cualquier nutriente, al ser susceptibles todos ellos de ser encapsulados. Debido a que los nutrientes se encuentran encapsulados y no existen problemas por el exceso de alguno de los elementos, pueden

aplicarse de forma localizada cerca del sistema radicular. Una vez aplicado, el fertilizante de liberación controlada absorbe la humedad y disuelve los nutrientes del interior, pero sin liberarlos. El ritmo de liberación inicia de forma lenta y precisa la liberación de nutrientes a la zona radicular y está regulado únicamente por la temperatura del suelo (TRAXCO, 2011).

Ventajas de los fertilizantes de liberación lenta: Evitan deficiencias o excesos de nutrientes, ya que hay una disponibilidad óptima de nutrientes a través de todo el ciclo; al no tener que fraccionar las aplicaciones, se produce un ahorro en mano de obra; se reducen las pérdidas de nutrientes por lavado al ir liberándolos poco a poco; mejoran la eficiencia de los cultivos en el uso de nutrientes; y se aplican dosis más precisas, evitando la acumulación de sales y la contaminación de las aguas subterráneas (TRAXCO, 2011).

Fertilizantes de liberación rápida. Los fertilizantes de liberación rápida hacen que los nutrientes estén disponibles de inmediato para que las plantas puedan usarlos. Debido a la rápida liberación de nutrientes, este tipo de fertilizante se agota velozmente; por lo tanto, se necesitan más aplicaciones. Si aplica fertilizante en exceso en sus plantas, puede quemarlas en lugar de ayudarlas a crecer (Grupo SACSA, 2015).

Fertilizante líquido. Los fertilizantes líquidos son de liberación rápida y se pueden aplicar luego de que las plantas han echado raíces. Los fertilizantes sólidos a menudo liberan nutrientes más lentamente que los líquidos; esto hace que la fórmula líquida sea ideal para revivir rápidamente plantas enfermas (Grupo SACSA, 2015).

2.3. Antecedentes

Ubidia (2014), evaluando tres concentraciones de fertilizante de liberación controlada en el cultivo de brócoli en la provincia de Cotopaxi. Tuvo como objetivo principal incrementar el rendimiento del cultivo híbrido Domador. Se utilizó el diseño experimental de Bloques completos

al azar con arreglo factorial de $3 \times 3 + 1$, con cuatro repeticiones. Los tratamientos utilizados en esta investigación fueron los siguientes: 50% de mezcla de CRF para la concentración uno (C1); 65% de mezcla de CRF para la concentración dos (C2) y 80% de mezcla de CRF para la concentración tres (C3), con una dosis de 600 kg/ha para la dosis uno (D1), 800 kg/ha para la dosis dos (D2) y 1000 kg/ha para la dosis tres (D3). Evaluando las variables: altura de la planta, número de hojas, días a cosecha, peso y diámetro ecuatorial de la pella, y rendimiento. Con la aplicación de fertilización de liberación controlada en la concentración de 80% de mezcla de CRF (C3), se obtuvieron los mejores resultados, ya que se alcanzó mayor altura de planta, mejor número de hojas, como también un buen crecimiento y desarrollo de las pellas obteniendo pellas de mejor peso y consecuentemente mejores rendimientos; por lo que es el que mejor influenció, dotando de los nutrientes necesarios durante la etapa de crecimiento activo. Concluyendo que con la aplicación de fertilización de liberación controlada en la concentración de 80% de mezcla de CRF (C3), y la dosis de 1000kg/ha (D3), se mejora el desarrollo y rendimiento del cultivo de brócoli.

John, Vallín y Dueñas (2015), evaluaron el efecto de la aplicación de urea mezclada con zeolita al 15%, 20% y 30% en los cultivos de papa y tomate, en la ciudad de La Habana. El objetivo fue evaluar la eficiencia de utilización de la urea combinada con zeolita por los métodos convencional y el isotópico. Para ello utilizaron el diseño experimental bloques completos al azar; los tratamientos estudiados fueron: urea - 15N + zeolita (mezclada); urea - 15 N; zeolita natural y un control. Las variables evaluadas fueron las siguientes: rendimiento, % de materia seca N, P, K, Brix, Vitamina C y el contenido de nitratos. Los resultados obtenidos demostraron que la urea mezclada con zeolita al 15% permitió sustituir el 15% de la fertilización nitrogenada, incrementando significativamente los rendimientos en los mismos. El método isotópico corroboró los resultados obtenidos por métodos convencionales donde la combinación de urea + zeolita favoreció la acumulación del Nitrógeno por la planta en un 26%. La urea mezclada con zeolita tuvo

el mayor beneficio económico en los cultivos de papa y tomate además de reducir las pérdidas de N-NH₃ y disminuir la contaminación del suelo al aplicar niveles de fertilizantes más bajos. Concluyendo que la zeolita es una alternativa para aplicación combinada con fertilizante que puede ser utilizada como acondicionador de los fertilizantes nitrogenados sin afectar la calidad ni los rendimientos de los cultivos haciendo más eficiente el uso de los fertilizantes además de reducir el impacto negativo al ambiente que provoca el uso excesivo de fertilizantes sintéticos.

Negrete (2011), realizó una evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), en Pichincha, Ecuador; el objetivo principal de esta investigación fue analizar las diferencias económicas y de rendimiento en el cultivo de papa. Para ello se utilizó el diseño experimental de parcelas comparativas midiendo las variables altura de la planta, número de tubérculos y peso de los tubérculos. Los tratamientos fueron: parcela A (125 kilogramos por hectárea de muriato de Potasio, 375 kilogramos por hectárea de 18-46-00, y 281.5 kilogramos por hectárea de urea) y parcela B (187.5 litros por hectárea de biol y 281.5 kilogramos por hectárea de urea). Se debe mencionar que para el análisis estadístico de las variables se hizo una prueba de T de Student para muestras independientes. Los resultados del análisis de la variable de rendimiento, en el que se analizó el peso y cantidad de tubérculos, indicaron que no hubo diferencias estadísticas significativas entre lotes. Concluyendo que es posible disminuir la fertilización química en la producción de papa sin afectar los rendimientos del cultivo. Por otro lado, el análisis económico indicó que la fertilización química equivale al 34% de los costos totales de producción mientras que la fertilización mixta equivale al 17%. También se determinó que usar únicamente fertilizantes químicos es 20% más caro que usar una fertilización mixta (biol y urea).

López (2014), evaluó fertilizantes de liberación lenta en el crecimiento de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq, Var. Ghana) en la fase de vivero, en Raxruhá, Alta Verapaz; el objetivo

principal fue evaluar la respuesta del cultivo de palma ante fertilizantes de liberación lenta utilizando un diseño factorial bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, dos sub bloques, doce tratamientos y tres repeticiones con un total de 72 unidades experimentales. Los fertilizantes evaluados fueron Osmocote1 (12-14-00), Osmocote2 (8-9-0) y Osmocote3 (3-4-0), y las frecuencias fueron; F1 (en una sola aplicación), F2 (en segunda aplicación) y F3 (en tercera aplicación). Los tratamientos fueron: T1 (50g/pl.Osm1.F1), T2 (75g/pl. Osm1.F1), T3 (100g/planta Osm1.F1), T4 (125g/pl.Osm1.F1), T5 (25g/pl.Osm1F1 + 25g/pl.Osm2F2), T6 (50g/pl. Osm1F1 + 25g/pl.Osm2F2), T7 (50g/pl.Osm1F1 + 50g/pl.Osm2F2), T8 (75g/pl. Osm1F1 + 25g/pl. Osm2F2+25g/pl. Osm2F2), T9 (50 g/pl. Osm1F1 +50g/pl.Osm2F2 + 25g/pl.Osm3F3), T10 (50g/pl.Osm1F1 + 50g/pl.Osm2F2 + 50g/pl.Osm3F3) T11 Fer.conv (fert.normal.F1+Fert.normal.F2+fert.normal.F3) y T12 correspondiente al testigo absoluto. Las variables respuesta fueron: Altura de planta, número de hojas, diámetro de planta y materia seca de raíz; según los resultados existió diferencia estadística en altura planta y diámetro de tallo. Se determinó que los tratamientos T4, T5 y T6 de las variables altura de planta y diámetro de tallo, fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de tratamientos. Concluyendo que la aplicación de fertilizante de liberación controlada (Osmocote), implementados en los tratamientos T4, T5 y T6 influyen positivamente en la altura y diámetro de planta, en la fase de vivero del cultivo de la palma aceitera.

Cháves (2007), realizó una evaluación del desempeño de los fertilizantes de liberación lenta de la familia Osmocote, en la producción de almácigo de café en bolsa, la misma se realizó en Barva de Heredia, Costa Rica. Para ellos se utilizaron bolsas de polietileno de 15 x 20 cm, empleándose una parcela útil de 10 bolsas, cada una. La evaluación de los ensayos consistió en la medición del peso seco de la parte aérea una vez finalizado el ensayo (7.5 a 9 meses de sembrado el manquito). Este experimento tuvo una duración de 9 meses, en donde se evaluó el fertilizante

de liberación lenta 24-4-8 a 3 dosis (4, 6, 8 g/planta) en tres distintos sustratos (suelo, suelo +broza y suelo + broza + granza de arroz) comparado contra un testigo absoluto (sin fertilizante), y dos testigos relativos, uno de ellos con base a nitrato de amonio (2 aplicaciones de DAP a 2.5 g/planta) y el otro con base al empleo de la fórmula completa 18-4-15-6-2 (2 aplicaciones de DAP y 3 de Fertilizante, Común todas a 2.5 g/planta). De acuerdo a los resultados obtenidos se presentó mejor desarrollo en el tratamiento donde se aplicó una dosis de 6 g/bolsa. En sustrato compuesto por suelo + broza + granza de arroz. Concluyendo que los fertilizantes de liberación lenta recubiertos de polímeros, se presentan como una buena alternativa agronómica para el manejo de la fertilización de almacigo de café en bolas; siendo en la actualidad su principal limitante su elevado precio en comparación con los fertilizantes tradicionales.

Loor (2014), realizó un estudio para evaluar la combinación de fertilizantes químicos en vivero de palma aceitera híbrida (*Elaeis oleifera X Elaeis Guineensis*) para optimizar el desarrollo en palmeras en la provincia de Sucumbíos, Ecuador; para ello se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con seis tratamientos, y siete repeticiones, siendo estos: T1(incorporación al suelo, sumicoat 1: total de N equivalente a E), T2 (incorporación al suelo, sumicoat 1: dosis = $A \times 60\%$), T3 (incorporación al suelo, sumicoat 1: dosis = $A \times 30\%$ aprox recomendación proveedor), T4 (dilusión al suelo, simples: dosis equivalentes a A para N, P, K y Mg), T5 (incorporación al suelo, elementos aplicados N 107.6; P_2O_5 27.5; K_2O 52.2; MgO 23.5), T0 (incorporación al suelo, testigo practica actual). Las variables evaluadas fueron: emisión foliar, largo de la hoja número cuatro, diámetro del estípite, altura de la planta, índice de vigor, peso de biomasa en fresco, peso de la materia seca del área foliar, peso de las raíces secas y finalmente el análisis foliar. Al realizar el analisis estadístico se determino que hubo diferencia significativa entre los tratamientos siendo el tratamiento tres presentó el mejor desarrollo de la palma en vivero ante los demas tratamientos. De acuerdo a los datos obtenidos, se determinó que la fertilización

adecuada agronómicamente fue la realizada con dosis de 55.5 g de Sumicoat, en una sola aplicación en la fase de vivero ya que con este tratamiento se consigue una mayor rentabilidad del cultivo.

Rodríguez y Muñoz (2010), efectuó una evaluación de tres sistemas de preparación de almácigos de café (*Coffea arabica*) var. Caturra en Honduras; para ello utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3x3 con 36 unidades experimentales que consistieron en una parcela de vivero de 1m² con 25 plantas. Los tratamientos evaluados fueron: S1 (Bolsas de PET con tierra virgen+lombrihumus de sustrato); S2 (Tubetes de 6 pulgadas con sustrato Kuntan); S3 (Pellets hidratados). Todos los sustratos se combinaron con los fertilizantes: DAP (F1); Osmocote (F2) y sin fertilización (SF). Los tratamientos fueron: T1 (S1F1); T2 (S1F2); T3 (S1SF); T4 (S2F1); T5 (S2F2); T6 (S2SF); T7 (S3F1); T8 (S3F2); T9 (S3S1). Las variables a medir en esta investigación fueron altura de planta, pares de hojas verdaderas y grosor de tallo. Al realizar el análisis estadístico se determinó que existieron diferencias significativas entre los tratamientos y la mayor altura de plantas después de 170 días, se obtuvo con el uso de bolsas con DAP y Osmocote. La mejor altura de planta a los 110 días se presentó con el sistema de tubetes con Osmocote; el mayor diámetro de tallo se presentó en tubetes fertilizados con Osmocote y las plantas con mejor desarrollo foliar (número de pares de hojas) se presentaron en las bolsas fertilizadas con Osmocote. Concluyendo que el mejor tratamiento fue el sistema de tubetes con DAP, ya que obtuvo más desarrollo a un menor costo; aunque se tuvieron mejores resultados con el fertilizante de liberación controlada Osmocote.

Suárez, Giletto, Rattín, Echeverría y Caldiz (2006), realizaron una evaluación del efecto del Nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad en las variedades de papa Innovator y Gem Russet en Balcarce, Argentina. La evaluación se realizó en las campañas 2004-2005 y 2005-2006, para cada año y variedad se diseñó un ensayo en bloques completos al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos. Los tratamientos en el primer año fueron: 0, 60, 125 y 250 kg N/ha y en el segundo

año: 26, 85, 155 y 285 kg N/ha. Las variables de medición fueron: rendimiento, porcentaje de materia seca (MS), cantidad de nitrógeno acumulado (N_{tub}) y concentración de nitratos en los tubérculos. La información obtenida, demuestra que en los dos años, el rendimiento de GR fue ligeramente superior al de INN. El rendimiento aumentó con la dosis de Nitrógeno, siendo sólo significativo en INN. La MS en GR fue mayor a la de INN (primer año: 20 y 23 % y segundo año: 20 y 21 %). Esta disminuyó con la dosis de N, siendo más pronunciada esta disminución en GR. La concentración de nitratos y la cantidad de N_{tub} aumentó con la dosis de N. La variedad INN tendió a acumular más nitratos y GR más N_{tub}. Las variedades tuvieron diferente respuesta a la fertilización en rendimiento y calidad. La variedad INN tendría mayor respuesta al N para obtener elevados rendimientos. La menor MS en INN probablemente fue debida a la mayor concentración de nitratos en los tubérculos

Brandán, Antoni, Fernández, Villagra, Díaz, & Páez (2007), evaluaron el carácter morfo-fisiológico en papa semilla con fertilización con N-P-K, en Tafí del Valle para ello utilizaron un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones y siete tratamientos de fertilización con NPK (unidades de fertilización por hectarea): T1: Control. T2: 100N. T3: 100N:90P:150K. T4: 100N:150P:150K. T5: 130N:90P:150K. T6: 130N:150P:150P. T7: 130N:160P. las variables evaluadas fueron: número y altura de plantas (cm) en 3 períodos del cultivo. Se encontraron diferencias significativas en altura de plantas en 1ª fecha entre T7(23,42); T4(22,74); T6(21,342) T3(21,12) respecto a T1(16,68); en 2ª fecha entre T7(39,5); T4(38,84); T6(37,38); T3(36,38); T5(36,32) y T2(34) respecto a T1(26,96); en 3ª fecha entre T7(40,14) respecto a T2(34,32) y a T1(27,30); y T2 respecto a T1(LSD). Se detectaron diferencias (LSD) en número de plantas en: 1ª fecha: T4(45,0) respecto a T2(37,3) (LSD) en 2ª fecha: T5(47,3); T3(46,9); T7(46,5) respecto a T1(39,2); en 3ª fecha T7(40,14) respecto a T2(34,32) y a T1(27,3); y T2 respecto a T1. Al comparar 3 fechas, en altura de plantas (cm), la 2ª (35,777) y 3ª (35,554) se

diferenciaron significativamente de 1ª (21,141); no se detectaron diferencias en número de plantas. La correlación entre número y altura de plantas fue baja (0,3448). Concluyendo que el aporte en UF/ha de 130N y 160P ó 100N:150P:150K promueve mejor crecimiento vegetativo del cultivo de papa -para las condiciones de suelo y manejo del cultivo- con menor costo económico- ambiental.

Santana (2015), realizó una investigación sobre fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.), provincia de Manabí, Ecuador. Para ello utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 10 tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos fueron: T1=Basacote Plus 3 M Baja (750,00); T2=Basacote Plus 3 M Media (1563,76); T3 Basacote Plus 3 M Alta (2375,00); T4 Novatec Perfect Baja (801,02); T5 Novatec Perfect Media (1665,82); T6 Novatec Perfect Alta (2533,16); T7 Yaramila Baja (443,88); T8 Yaramila Media (926,02); T9 Yaramila Alta (1408,16); T10 fertilización productor (Urea) 349,49. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, altura de planta, días a la floración, inserción de la mazorca y rendimiento. En las variables porcentaje de germinación y altura de planta no se encontraron diferencias estadísticas significativas para ninguna fuente de variación. El uso del fertilizante Yaramila permitió acortar ligeramente los días a la floración en relación a los fertilizantes de liberación controlada. Las plantas con tecnología del agricultor, presentaron una altura de inserción de mazorca menor al resto de tratamientos. Estadísticamente no se encontraron diferencias para el rendimiento de maíz en ninguna fuente de variación, analizando los promedios, dosis bajas de Basacote y medias de Novatec presentaron los mejores rendimientos; tomando en cuenta la relación beneficio costo se concluye que económicamente es más rentable fertilizar el cultivo de maíz con la tecnología del productor (349,49 Kg de urea/ha), dosis baja (443,88 Kg de Yaramila/ha) y dosis media (926,02 Kg de Yaramila/ha) del fertilizante de mezcla química compleja.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, la agricultura es una de las principales actividades económicas destacando el cultivo de papa, con 155.71 hectáreas y rendimiento promedio de 18,998 kilogramos por hectárea (Segeplan, 2010).

En los últimos años los costos de producción se han incrementado por el alza de precios de los insumos y los rendimientos tienden a reducirse y en el mejor de los casos a mantenerse. Existen diversos factores que favorecen esta problemática, por ejemplo, el costo de fertilizantes y la lixiviación que sufren estos por efecto de la lluvia, derivado del tipo de suelo (arenoso) en donde se desarrolla el cultivo en la actualidad, lo que repercute en la rentabilidad que obtienen los agricultores. Estudios recientes han demostrado que el uso de fertilizantes estabilizados o de liberación controlada tiene el potencial para incrementar la eficacia de nutrientes, especialmente en suelos arenosos. (NUTRIMON, 2008).

La aplicación de fertilizantes de liberación lenta, tienen la ventaja de que estos están disponibles cuando el cultivo los necesita en cada una de las etapas, esto permite reducir el número de aplicaciones de fertilizantes. Entre otras ventajas se mantienen niveles adecuados de nitrógeno en el suelo durante todo el ciclo de desarrollo de la planta, se minimizan las pérdidas y se evita el exceso o defecto que caracteriza a otras formas de aplicación tradicionales. A todo esto, hay que añadir la reducción en cuanto a necesidad de mano de obra, ya que el número de aplicaciones es menor, y también la cantidad de fertilizante empleada.

Para contribuir a la solución de esta problemática, y colaborar en el desarrollo agrícola local y mejorar de la rentabilidad para los agricultores y sus familias, se realizó una evaluación de dos

tipos de fertilización, tomando en cuenta fertilizante de liberación lenta, en el cultivo de papa en las aldeas San José Caben y Chim, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Evaluación de dos tipos de fertilización, tomando en cuenta fertilizante de liberación lenta, en el cultivo de papa en aldea San José Caben y aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos.

4.2. Específicos

Determinar el efecto de la aplicación de fertilizante de liberación lenta en el crecimiento vegetativo en el cultivo de papa bajo las condiciones edafoclimáticas de dos localidades.

Determinar el efecto de la aplicación de fertilizante de liberación lenta en el rendimiento y sus componentes en el cultivo de papa bajo las condiciones edafoclimáticas de dos localidades.

Determinar la rentabilidad de los tratamientos a evaluar del cultivo bajo las condiciones edafoclimáticas de dos localidades.

5. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis alternativa

Ha1. Al menos uno de los fertilizantes, tendrá efecto en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa bajo las condiciones edafoclimáticas de dos localidades.

Ha2. Al menos uno de los fertilizantes, tendrá efecto en el rendimiento y sus componentes del cultivo de papa bajo las condiciones edafoclimáticas de dos localidades.

Ha3. Al menos uno de los fertilizantes, presentará alta rentabilidad bajo las condiciones edafoclimáticas de dos localidades.

6. METODOLOGÍA

6.1. Localización

La investigación se realizó en dos localidades, en aldea San José Caben y aldea Chim, las cuales pertenecen al municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos; aldea San José Caben se encuentran localizada en las coordenadas geográficas 14°57'55" latitud norte y 91°46'36" longitud oeste a una altura de 2,330 msnm, mientras que aldea Chim se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 14°92'54" latitud norte y 91°73'04" longitud oeste a una altura de 2,185 msnm. Ambos lugares cuentan con temperaturas que van entre 4.5 y 23.7 grados centígrados con una media de 14.1 grados centígrados, humedad relativa de hasta 83%, precipitación pluvial de 1,809 mm anuales. (Segeplan, 2010).

Los suelos de San Pedro Sacatepéquez son de origen volcánico de textura arena franca, franco arenoso y franco turbosa, color gris y café oscuro; de las series Ostuncalco (Os), Totonicapán (Tp), Quetzaltenango (Qe), Patzité (Pz) y Camancha erosionada (Cme). Las pendientes topográficas van de 5 a 45% (Segeplan, 2010).

6.2. Material experimental

6.2.1. Fertilizantes

Para realizar esta investigación se utilizaron tres tipos de fertilizantes químicos existentes en el mercado los cuales se describen a continuación.

15-3-20+2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn. Es un fertilizante de liberación lenta que contiene en su formulación la molécula DMPP (3-4 Dimetilpirazol fosfato), que retrasa la transformación de Nitrógeno amoniacal (NH₄⁺) a Nitrógeno nítrico (NO₃⁻) por la inhibición temporal de las bacterias nitrosomonas, además es un fertilizante NPK monogranulado lo que

garantiza uniformidad en la distribución física de los nutrientes mejorando la eficiencia de la aplicación. Por las características mencionadas anteriormente este fertilizante tiene una disponibilidad inmediata y prolongada de Nitrógeno absorbible por la planta, asimismo mejora la absorción de micronutrientes en el suelo, además proporciona una mayor absorción del Fósforo desde el suelo por parte de la planta y reduce la contaminación de aguas subterráneas por nitrato ofreciendo una mayor eficiencia del Nitrógeno aplicado debido a que existen menores pérdidas por lavado (Compo Expert, 2017).

20-20-0 MF. Las mezclas físicas (MF) son fertilizantes que se obtienen a partir de combinaciones de diversos materiales simples que proporcionan dos o más elementos nutritivos y se mezclan para tener una fórmula predeterminada; este tipo de formulación en los fertilizantes tienen como ventaja su bajo costo, sin embargo deben de tenerse en cuenta algunas consideraciones en su preparación y uso, se debe tomar en cuenta que los materiales a utilizar para su formulación deben ser similares en su tamaño de partícula (granulometría) y densidad aparente (peso por unidad de volumen), pues de lo contrario las partículas tienden a separarse durante su manejo, transporte y almacenamiento, problema que se conoce como segregación, este tipo de fertilizantes tiene una gran demanda en el mercado agrícola (González , 2007).

El fertilizante 20-20-0 MF utilizado en esta investigación es un fertilizante altamente soluble que proporciona una liberación rápida y continua de los nutrientes que contiene lo cual permite una absorción eficiente por la planta; aportando dos macroelementos que son importantes para el desarrollo de las plantas en etapas iniciales como los son el Nitrógeno y Fósforo (Nutrición de Plantas S.A., 2013).

15-15-15 MF. Es un fertilizante que contiene tres macronutrientes primarios que son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio en similar proporción. Debido a su composición, este fertilizante

puede ser utilizado en cualquier etapa fenológica del cultivo, por lo que representa un fertilizante completo para la planta (Disagro, 2013).

6.2.2. Papa variedad Loman

Es la variedad más utilizada por los productores de la zona la cual alcanza alturas que van desde 20-30 cm (3,500 msnm) a 60-65 cm (2,390 msnm). En condiciones de campo no produce flores o algunas veces pocas. La forma del tubérculo puede variar de oblongo alargado ha alargado. La pulpa y piel es de color crema, susceptible a tizón tardío. Su ciclo vegetativo varía de 80-90 días (2,390 msnm) a 120 días (3,500 msnm). A 2,390 msnm presenta 18.8 % de sólidos y 13.2 % de almidón. De acuerdo a su uso, se caracteriza por ser excelente para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas y enlatado. Presenta una textura cerosa. Los rendimientos pueden variar de 15 t/ha (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm) (ICTA & MAGA, 2002).

6.3. Factores a estudiar

El efecto de fertilizantes de liberación lenta en el cultivo de Papa variedad Loman, y su incidencia en sus componentes de rendimiento y crecimiento vegetativo.

6.4. Descripción de los tratamientos

A continuación, en la tabla número uno se describen los tratamientos evaluados durante la investigación los cuales se replicaron en Aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos que son las dos localidades donde se realizó la presente investigación.

Tabla 1.

Descripción de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Tratamientos	Descripción	Aplicación 1 (kg/ha)	Aplicación 2 (kg/ha)	Total (kg/ha)
T1	Fertilizante de liberación lenta 15-3-20 +2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn	500	500	1,000
T2	15-15-15 MF	216.66	216.66	433
T3	20-20-0 MF y 15-15-15 MF	627.27	836.36	1,464

Tratamientos utilizados en la evaluación de fertilizante de liberación lenta en Aldea Chim, y Aldea San José Caben, de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Se debe mencionar que en el programa de fertilización utilizado en los tratamientos uno y dos se tomaron en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo, para lo cual fue necesario adicionarle otro tipo de fertilizantes y de esta forma poder cumplir con el requerimiento nutricional del cultivo.

Al tratamiento número uno además del fertilizante de liberación lenta (1000 kg/ha de 15-3-20 +2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn) se le adicionaron 70 kg/ha de 10-50-0 y 41.66 kg/ha de 0-0-60, esto para cumplir el requerimiento nutricional del cultivo que son 150 kg/ha de Nitrógeno, 65 kg/ha de Fósforo y 225 de potasio kg/ha. En este mismo sentido al tratamiento número dos además del 15-15-15 MF se le agregaron 184.78 kg/ha de 46-0-0 y 266.66 kg/ha de 0-0-60.

Además, se debe mencionar que en el tratamiento número tres se utilizaron fertilizantes de las formulas y las cantidades que normalmente utilizan los productores del área ya que es el testigo relativo (TR); los tratamientos aquí descritos fueron replicados en las dos localidades donde se realizó la investigación las cuales son Aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

6.5. Diseño experimental

Por las características de la investigación y en relación a las variables que se plantean se utilizó el método de Student con datos de muestras independientes con varianzas desiguales. La prueba de t para muestras independientes debe utilizarse cuando se necesite realizar una comparación de las medias de dos grupos de casos, es decir cuando la comparación se realice entre las medias de dos poblaciones independientes (los individuos de una de las poblaciones son distintos a los individuos de la otra); lo ideal es que para esta prueba los sujetos se asignen aleatoriamente a dos grupos, de forma que cualquier diferencia en la respuesta sea debida al tratamiento (o falta de tratamiento) y no a otros factores. (Ramírez, 2008).

Para aplicar el método de Student de muestras independientes con varianzas desiguales, es necesario tabular los datos obtenidos de campo, seguidamente se debe de conocer los promedios de las variables obtenidas y calcular las varianzas de los tratamientos para posteriormente calcular el valor de t con la fórmula correspondiente. Se debe tomar en cuenta que si el valor de t calculado es inferior al valor de t tabulado para $2n-2$ que son los grados de libertad al 5 %, los tratamientos son iguales estadísticamente, mientras que si el valor de t calculada es superior al valor de t tabulada los tratamientos son diferentes estadísticamente (Ramírez, 2008).

6.6. Modelo estadístico

$$t' = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

6.7. Unidad experimental

La unidad experimental utilizada durante la investigación fue de un área 5.6 m por 19 m, es decir 106.4 m². Cada unidad experimental tendrá 8 surcos con 63 posturas a cada uno (504 plantas

en la parcela bruta), manejando un marco de siembra de 0.70 m entre surcos y 0.30 m entre plantas. La parcela neta estará conformada por los cuatro surcos centrales con 43 posturas centrales a cada uno, dejando dos surcos en la parte superior y dos surcos en la parte inferior y 10 posturas en cada extremo (3 m por extremo) para evitar el efecto de borde de los tratamientos.

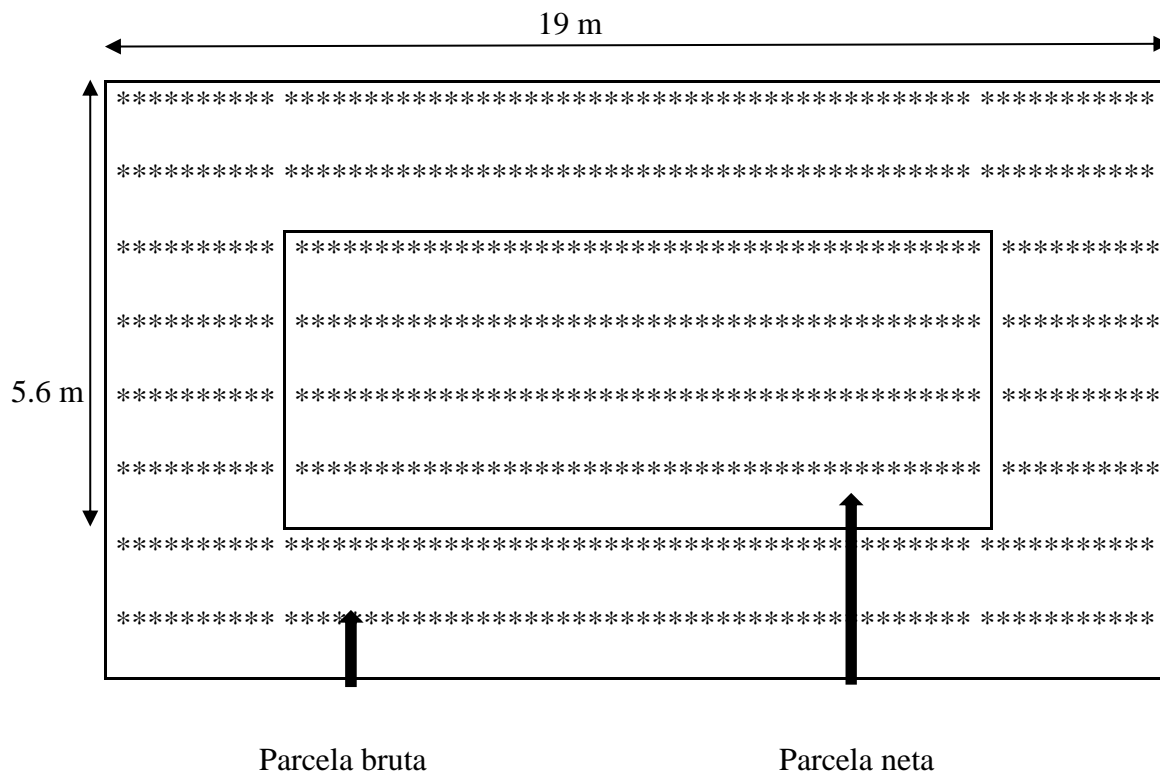


Figura 1. Unidad experimental de la, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; Aldea San José Caben y Aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, 2020.

6.8. Croquis de campo

En cada localidad la investigación constó de tres tratamientos sin repeticiones, con un área experimental de 455.62 m², (20.90 m x 21.80 m). La distribución de los tratamientos en cada bloque, se realizó considerando dejar el tratamiento relativo en medio de los dos tratamientos con aplicación de fertilizantes según requerimiento del cultivo, para evitar el efecto de borde entre los tratamientos evaluados.

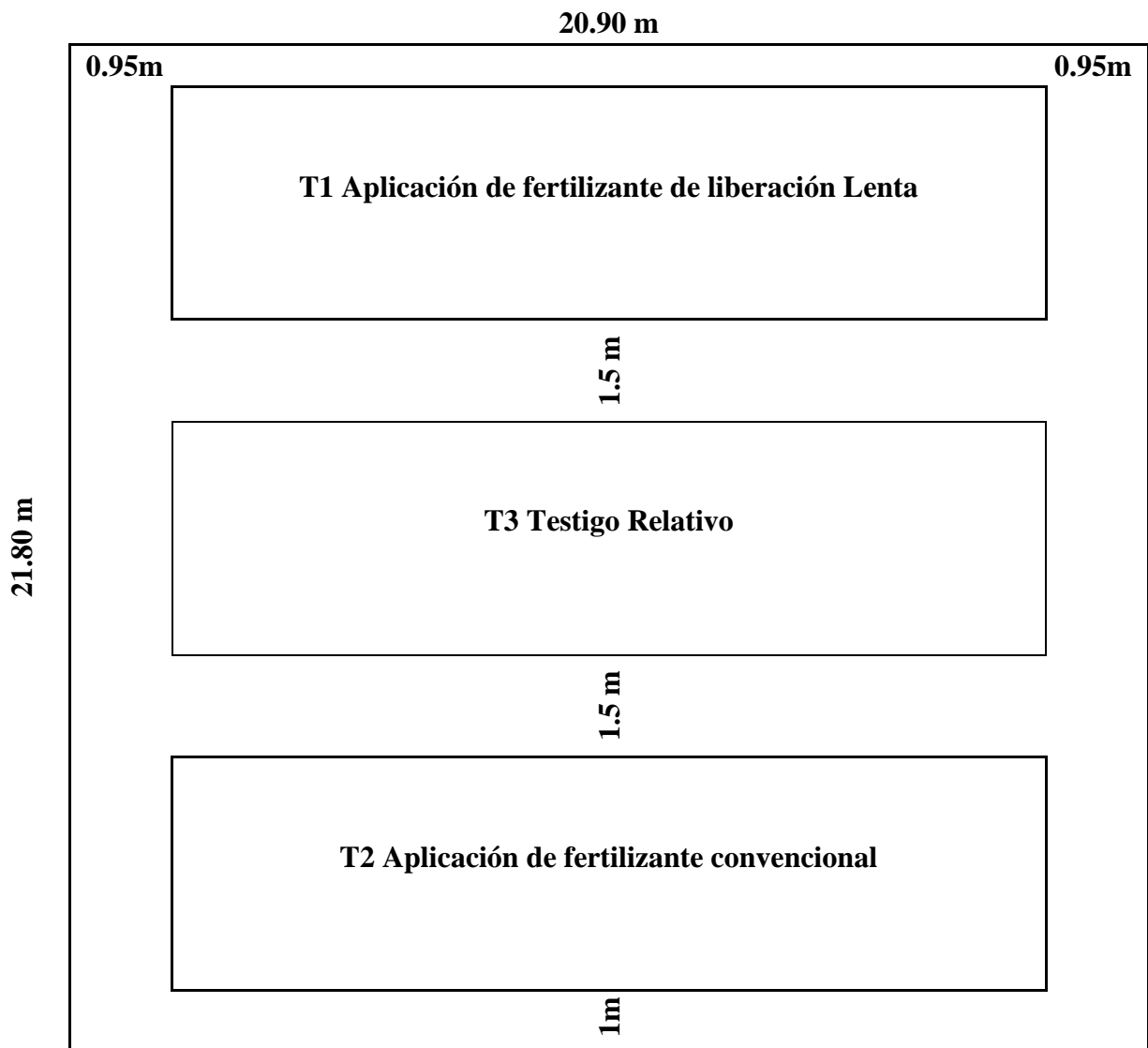


Figura 2. Croquis de campo, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; Aldea San José Caben y Aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, 2020.

6.9. Manejo del experimento

La presente investigación se realizó en la segunda temporada de siembra de papa en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. El cual comprende desde el 12 de febrero hasta el 25 de junio del año 2020.

6.9.1. Trazo del terreno

El 12 de febrero del año 2020, se midió y trazó el área experimental en las dos localidades utilizando una cinta métrica, delimitando con pita plástica y estacas las tres unidades experimentales, identificándolas respectivamente para mayor facilidad al momento de la recolección de los datos de cada unidad experimental, este procedimiento se realizó en las dos localidades.

6.9.2. Análisis de suelos

21 días antes de la siembra (12 de febrero de 2020) se tomó una muestra de suelo de la parcela experimental para realizar el respectivo análisis de nutrientes en cada una de las localidades donde se realizó la investigación. Para obtener la muestra representativa, se tomaron 10 submuestras distribuidas sistemáticamente en forma de zigzag en cada área experimental a una profundidad de 0.30 m. esto en base a la profundidad del sistema radicular del cultivo de papa. Todas las submuestras se mezclaron para obtener una muestra de un kilogramo de suelo por cada localidad donde se realizó la investigación, las cuales se enviaron a un laboratorio de suelos para determinar las características químicas del suelo.

6.9.3. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó 10 días antes de la siembra (23 de febrero 2020). Se hizo un barbecho manual con azadón a una profundidad de 30 centímetros, dejando el suelo bien mullido libre de malezas y rastrojos que pudieran dificultar el desarrollo y el manejo del cultivo durante todo el ciclo.

6.9.4. Corrección del pH del suelo

La corrección del pH del suelo se realizó 10 días antes de la siembra tomando como parámetro principal el pH proporcionado en los resultados de los análisis de suelo realizados en las dos localidades donde se establecieron los tratamientos evaluados durante la investigación; de acuerdo a los resultados proporcionados por el laboratorio se puede determinar que en Aldea Chim que fue una de las localidades donde se realizó la investigación el pH del suelo es de 6.24 (ver resultados en anexos, figura 3) el cual es adecuado para establecer la plantación por lo tanto no requirió la aplicación de cal agrícola para corregir el pH ya que Según Satuder (2020), el rango óptimo de pH para que la mayoría de nutrientes estén disponibles para la planta es de 5.8 a 6.8.

Además, se debe mencionar que de acuerdo a los resultados determinados en el laboratorio en aldea San José Caben el pH del suelo es de 5.34 (ver resultados en anexos, figura 4) por lo que se determinó que es un suelo moderadamente ácido. Según Satuder (2010), la acidez (pH menos de 5.5) favorece la solubilización de Aluminio, Hierro y Manganeso que cuando están presentes en altas cantidades en la solución del suelo son tóxicos para las plantas, además en condiciones se puede presentar una mayor incidencia de hongos dañinos como *Fusarium*; la acidez también incrementa la precipitación de Fósforo en el suelo por la formación de fosfatos insolubles de Hierro, Manganeso y Aluminio lo cual provoca deficiencias de Calcio y Magnesio en la planta; de acuerdo a los cálculos realizados para corregir el pH del suelo en esta localidad fue necesaria la aplicación de cal agrícola en una dosis de 288 kg/ha la cual fue incorporada al suelo al momento de su preparación.

6.9.5. Siembra

La siembra se realizó el 5 de marzo de 2020 utilizando semilla de papa certificada, la cual se obtuvo en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), Labor Ovalle, Quetzaltenango.

La siembra se realizó de forma manual, utilizando un distanciamiento de 30 centímetros entre plantas y 70 centímetros entre surcos, colocando una semilla por postura después de haber realizado el respectivo zanjeo. Al momento de la siembra se aplicó un fungicida-insecticida a base de los ingredientes activos Penflufen + Imidacloprid para prevenir ataques de hongos como *Rhizoctonia solani* y *Pythium* y de insectos chupadores como *Paratrioza cockerelli*, *Myzus spp*, *Agriotes spp* y *Phyllophaga sp*.

6.9.6. Fertilización

Las aplicaciones de fertilizantes en los tratamientos evaluados se realizaron en dos fases, una al momento de la siembra y la otra a los 35 días después de la siembra (9 de abril del año 2020) aplicándose de la siguiente forma: T1: 500kg/ha de 15-3-20+2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn a la cual se le agregaron 35 kg/ha de 10-50-0 y 20.83 kg/ha de 0-0-60 para cumplir con el requerimiento nutricional del cultivo esta aplicación se realizó al momento de la siembra, repitiendo la misma dosis a los 45 días después de la siembra; T2 al momento de la siembra se le aplicó 216.66 kg/ha de 15-15-15 agregándole 92.39 kg/ha de 46-0-0 y 133.33 kg/ha de 0-0-60 para cumplir con el requerimiento nutricional del cultivo, la misma dosis se repitió a los 45 días después de la siembra. En el T3 (testigo relativo) se aplicó una dosis al momento de la siembra de 627.27 kg/ha de 20-20-0 y 836.36 kg/ha de 15-15-15 a los 45 días después de la siembra, como normalmente lo hacen los productores de área.

Además, se debe mencionar que en todos los tratamientos se realizaron aplicaciones de fertilizantes foliares como normalmente lo realizan los productores del área utilizando fertilizantes foliares que se encuentran en el mercado a base de Calcio, aminoácidos y Potasio, esto con la finalidad de prevenir o corregir alguna deficiencia de nutrientes en el área foliar de la planta.

6.9.7. Riego

Debido a que la siembra se realizó en época de verano, se regó el cultivo a cada tres días durante un tiempo de dos meses verificando siempre que el cultivo tuviera la humedad adecuada, para ello se utilizó el método de riego por aspersión, posteriormente en el tercer mes después de haber establecido la plantación iniciaron las lluvias por lo que se suspendió el sistema de riego.

6.9.8. Control de maleza

A los siete días después de la siembra (12 de marzo de 2020) se realizó un control químico de malezas aplicando Linuron a una dosis de 1 kg/ha; a los 20 y 45 días después de la siembra se realizó un control de maleza de forma manual utilizando azadón para evitar que la maleza invadiera el cultivo.

6.9.9. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se inició desde el momento de la siembra ya que se realizó una aplicación de un producto químico cuyos ingredientes activos son Penflufen + Imidacloprid en una dosis de 1.75 l/ha para el control de hongos del suelo como *Fusarium spp*, *pythium*, *Rhizoctonia spp* e insectos que también pueden atacar la semilla desde el momento de la siembra. Además durante la fase vegetativa del cultivo se realizaron un total de 10 aplicaciones (una semanal) a partir del 26 de marzo al 5 de junio haciendo una rotación de fungicidas tanto curativos como preventivos a base de Cimoxanil+Mancozeb (1.5 kg/ha), Fluopicolide+ propineb (1.5 kg/ha) y Clorotalonil 1l/ha, las aplicaciones se realizaron para evitar que la plantación fuera afectada principalmente por hongos como *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani* que son los que más incidencia tienen sobre el área foliar del cultivo. Se debe mencionar que para el control de insectos durante todo el ciclo del cultivo se realizaron aplicaciones alternando diferentes

insecticidas a base de abamectina (0.2 l/ha), Spiromesifén (0.5 l/ha), Tiametoxam+lambda cihalotrina (0.3 l/ha) y Lufenurón (0.3 l/ha).

6.9.10. Eliminación del follaje

Esta actividad se realizó 96 días después de la siembra (11 de junio 2020) cuando el follaje presentó una coloración amarillenta que es el indicador de la senescencia de la planta, se cortaron los tallo y hojas de forma manual utilizando un machete, esto con el objetivo de detener el crecimiento aéreo de la planta y de esta forma favorecer el secado de la epidermis de los tubérculos y estén aptos para comercializarlos en el mercado.

6.9.11. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual el 25 de junio de 2020 (110 días después de la siembra) ya cuando los tubérculos estaban con la epidermis seca producto de la eliminación previa del follaje; para ello se sacaron los tubérculos utilizando un azadón y teniendo el debido cuidado de no lastimarlos para que los mismos no pierdan su valor comercial.

6.10. Variables respuesta

6.10.1. Crecimiento vegetativo

Altura de planta. Para determinar esta variable se seleccionaron al azar 25 plantas a las cuales se les midió la altura desde la base del suelo hasta la yema apical de la planta, haciendo uso de una regla calibrada en centímetros. Los datos se tomaron a los 75 días después de la siembra registrándolos en la libreta de campo para posteriormente realizar el cálculo de los promedios a cada tratamiento.

Diámetro polar de tubérculo. En cada parcela neta, se seleccionaron al azar 25 plantas a las cuales se les midió el diámetro ecuatorial a los tubérculos haciendo uso de vernier. Los datos fueron registrados en la libreta de campo y posteriormente se tabularon para realizar los cálculos de los promedios correspondientes a cada tratamiento.

6.10.2. Componentes de rendimiento

Rendimiento en t/ha. Al momento de la cosecha, se cosecharon 25 plantas al azar de la parcela neta ubicada en cada uno de los tratamientos, de las cuales se pesó con una balanza debidamente calibrada el total de tubérculos por cada una de ellas sin realizar ninguna clasificación de tubérculos, estos datos se registraron en la libreta de campo para después realizar las respectivas proyecciones a toneladas por hectárea y el análisis estadístico correspondiente.

Número de tubérculos por planta. Al momento de la cosecha se tomaron al azar 25 plantas de cada parcela neta de los tratamientos, a las cuales se les contabilizaron el total de tubérculos por planta, registrando los datos en una libreta de campo, posteriormente se digitalizaron los datos en una hoja de excel y se calculó el promedio respectivo para esta variable en cada uno de los tratamientos.

6.11. Análisis de la información

6.11.1. Análisis estadístico

Con los datos recolectados en campo, se ordenaron y tabularon en una base de excel para realizar los cálculos de los promedios correspondientes con los cuales posteriormente se realizó una comparación de muestras independientes de distribución t de Student.

6.11.2. Análisis económico

Al finalizar la fase de campo de la investigación se procedió a realizar un análisis económico de rentabilidad a cada uno de los tratamientos evaluados, para ello fue necesario llevar un registro de todos los costos en que se incurrieron durante el ciclo de producción, clasificándolos en costos directos e indirectos.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Crecimiento vegetativo

7.1.1. Altura de planta

La altura de planta está directamente relacionada con la cantidad de masa foliar, entre más área foliar tenga la planta, tendrá mayor área fotosintética para la formación de azúcares, esto tiene relación, ya que una planta con mayor área foliar tiene mayor capacidad de generar más alimento para sí misma teniendo un mejor desarrollo de tubérculos. (Intagri, 2017).

A continuación, en la tabla número dos se presenta la media de los datos de campo correspondientes a esta variable los cuales fueron recolectados a los 75 días después de la siembra midiendo 25 plantas de cada parcela neta con una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta el ápice (ver datos de campo en anexos, tabla 12).

Tabla 2.

Promedio de altura de planta en centímetros de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SJC)		
T1	T2	T3 (TR)	T1	T2	T3 (TR)
59.00	59.24	58.64	38.48	39.68	38.96

Promedio de datos de altura de planta en aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro San Marcos.

De acuerdo a los datos expuestos en la tabla anterior el promedio general de altura de planta obtenido de todos los tratamientos evaluados durante la investigación fue de 49 centímetros, siendo el tratamiento número dos (15-15-15 MF) evaluado en aldea Chim el que presentó una altura de planta de 59.24 centímetros la cual es superior a la de todos los tratamientos evaluados durante la investigación en las dos localidades; además se debe mencionar que el tratamiento que tuvo una altura inferior a todos los tratamientos evaluados fue el tratamiento número uno (15-3-20 +2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn) evaluado en aldea San José Caben con un promedio de altura de planta de 38.48 centímetros, existiendo una diferencia en cuanto a altura de planta de 20.76 centímetros entre los dos tratamientos descritos anteriormente.

Para conocer si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados se procedió a realizar un total de nueve comparaciones entre los mismos seleccionando las parcelas en pares, para el análisis estadístico se utilizó una comparación de muestras independientes por medio de la prueba t de Student obteniendo los resultados que se presentan a continuación en la tabla número tres.

Tabla 3.

Prueba de t, altura de planta en centímetros de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Comparación	Diferencia de altura de planta en centímetros entre tratamientos	T
Aldea Chim T1-TR	0.36	0.34
Aldea Chim T2-TR	0.60	0.41
Aldea Chim T2-T1	0.24	0.17
Aldea SJC TR-T1	0.48	0.39
Aldea SJC T2-TR	0.72	0.62
Aldea SJC T2-T1	1.20	2.00
Aldea Chim TR-Aldea SJC TR	19.68	14.32
Aldea Chim T1-Aldea SJC T1	20.52	23.85
Aldea Chim T2-Aldea SJC T2	19.56	15.50

t 0.05 para 2n-2 = 2.011

De acuerdo a la tabla presentada anteriormente se puede determinar que al realizar el análisis estadístico entre los tratamientos evaluados en cada localidad, no existe diferencia estadística entre los mismos para la variable altura de planta, ya que todos los valores de t obtenidos al realizar las diferentes comparaciones oscilaron en un rango que va de 0.17 a 2.00 los cuales son inferiores al valor obtenido de la tabla de t para $2n-2$ al 5% que es de 2.011; con estos datos se puede determinar que la aplicación de fertilizantes de liberación lenta no tuvo ningún efecto sobre la variable altura de planta en las dos localidades donde se realizó la investigación.

El nulo efecto de los fertilizantes de liberación lenta sobre la variable de altura de planta en los tratamientos evaluados en cada una de las localidades se le puede atribuir a algunas desventajas que se tienen al utilizar este tipo de fertilizantes; según Chen (2020), a medida que las plantas crecen, requieren diferentes cantidades de nutrientes dependiendo de su etapa de desarrollo; por ejemplo, una planta joven requiere menos fertilizante que una planta que es madura y está creciendo activamente. Los fertilizantes de liberación lenta se liberan a una velocidad bastante constante, por lo tanto, es posible que no se suministre la cantidad correcta de nutrientes en el momento que se requieran.

En este sentido, al realizar una comparación estadística de muestras independientes entre los tratamientos replicados en las dos localidades se puede determinar que existe diferencia estadística entre los mismos ya que en este caso como se puede observar en la tabla número tres, el valor obtenido para t es superior al valor de la tabla de t para $2n-2$ al 5%, siendo los tratamientos evaluados en aldea Chim los que presentaron mejores resultados con una diferencia de altura de planta que va de 19.56 centímetros a 20.52 centímetros en comparación con los tratamientos evaluados en aldea San José Caben. Esta diferencia se le puede atribuir a la variabilidad climática existente entre los dos lugares ya que aldea Chim está a una altitud de 2,185 msnm mientras que aldea San José Caben se encuentra a una altitud de 2,330 msnm existiendo una diferencia de altura

sobre el nivel del mar de 145 metros entre ambos lugares; Según ICTA & MAGA (2002), la altura de papa variedad Loman varía desde 20-30 cm (3,500 msnm) a 60-65 cm (2,390 msnm) existiendo una relación inversamente proporcional entre la altitud y la altura de planta ya que a menor altitud se puede tener mayor altura de papa utilizando esta variedad.

7.1.2. *Diámetro polar de tubérculo*

Las medidas de la papa y el peso son factores determinantes para la clasificación de la papa; en el área productiva de la papa a nivel nacional, la clasificación se realiza principalmente en cuatro formas: papa de primera, de segunda, de tercera y rechazo. El principal criterio para esta clasificación es el tamaño del tubérculo y principalmente el diámetro polar ya que el consumidor toma como grande a una papa que tenga forma alargada y dejan en segundo plano el grosor o diámetro ecuatorial (De León, 2016).

Tabla 4.

Diámetro polar de tubérculo en centímetros de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SJC)		
T1	T2	T3 (TR)	T1	T2	T3 (TR)
8.03	7.38	7.70	6.30	6.33	6.02

Datos de diámetro polar promedio en Aldea Chim y aldea San José caben, San Pedro San Marcos.

En la tabla presentada anteriormente, se encuentran los datos promedio que corresponden a la variable diámetro polar de tubérculo recolectados en campo al momento de la cosecha, estos se obtuvieron de la medición realizada a 25 tubérculos al azar de cada parcela neta de los diferentes tratamientos evaluados la cual se realizó utilizando vernier que es la herramienta adecuada para

realizar este tipo de mediciones; se debe mencionar que al momento de obtener estos datos no se realizó ninguna clasificación de tubérculos (ver datos de campo en anexos, tabla 13).

Como se puede observar en la tabla número cuatro el tratamiento que presentó un promedio inferior a los de más tratamientos en la medición de diámetro polar de tubérculos fue el tratamiento número tres (testigo relativo) evaluado en aldea San José Cabén con un promedio de diámetro polar de tubérculo de 6.02 centímetros, mientras que el tratamiento que tuvo un comportamiento superior a los demás tratamientos fue el tratamiento número uno evaluado en aldea Chim con un promedio de diámetro polar de tubérculo de 8.03 centímetros existiendo una diferencia de diámetro polar de tubérculo de 2.01 entre los dos tratamientos mencionados anteriormente.

Para determinar si existen diferencias estadísticas se realizaron un total de nueve comparaciones de muestras independientes entre los tratamientos evaluados durante la investigación; a continuación, en la tabla número cinco se presentan los datos obtenidos de las diferentes comparaciones de muestras independientes en donde además se incluye la diferencia en centímetros existente entre cada uno de los tratamientos comparados y el valor de t obtenido.

Tabla 5.

Prueba de t, diámetro polar de tubérculos de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Comparación	Diferencia de diámetro polar de tubérculos promedio entre tratamientos en cm	t
Aldea Chim T1 – TR	0.33	0.91
Aldea Chim TR – T2	0.32	0.89
Aldea Chim T1-T2	0.65	2.00
Aldea SJC T1 – TR	0.28	1.22
Aldea SJC T2 – TR	0.31	1.37
Aldea SJC T2 – T1	0.04	0.15
Aldea Chim TR – Aldea SJC TR	1.68	5.05
Aldea Chim T1 – Aldea SJC T1	1.73	6.37
Aldea Chim T2 – Aldea SJC T2	1.02	4.05

t 0.05 para 2n-2 = 2.011

Según el valor de t obtenido al realizar las diferentes comparaciones de los datos de campo que corresponden a la variable diámetro ecuatorial de tubérculo se logró determinar que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados tanto en aldea Chim como aldea San José Caben ya que el valor de t que se obtuvo osciló en un rango que va de 0.15 a 2.00 valores que son inferiores a los valores de la tabla t para $2n-2$ al 5%, por lo tanto, la aplicación de fertilizantes de liberación lenta no tuvo ningún efecto sobre la variable diámetro polar de tubérculo al momento de la cosecha; además se debe mencionar que se realizó una comparación entre los tratamientos que se replicaron en las dos localidades donde se realizó la investigación en donde si existió una diferencia estadística entre los tratamientos ya que los valores de t que se obtuvieron fueron superiores a los valores de la tabla de t para $2n-2$ al 5%, siendo los mejores tratamientos los evaluados en aldea Chim. Esta diferencia se le puede atribuir a una relación directa con las condiciones climáticas como pasó en la variable altura de planta ya que las dos localidades donde se realizó la investigación tienen diferencias edafoclimáticas.

7.2. Componentes de rendimiento

7.2.1. Rendimiento en toneladas por hectárea

Según observaciones de campo y experiencias de los productores del cultivo de papa, el rendimiento es una de las variables más importantes para el productor porque de aquí depende el retorno de la inversión realizada durante todo el ciclo del cultivo. En la tabla número seis presentan los datos correspondientes a la variable de rendimiento en toneladas por hectárea, esta variable se midió al momento de la cosecha pesando la producción de 25 plantas por separado de cada parcela neta, esta actividad se realizó en todas las parcelas netas de los tratamientos evaluados durante la

investigación realizada para obtener los datos que se presentan a continuación (ver datos de campo en anexos, tabla 14).

Tabla 6.

Rendimiento en toneladas por hectárea de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SJC)		
T1	T2	T3 (TR)	T1	T2	T3 (TR)
31.36	30.52	31.51	26.39	26.93	26.32

Datos de rendimientos por hectárea de los tratamientos en Aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro San Marcos.

Como se puede observar en la tabla anterior las medias de rendimiento total obtenidas en los diferentes tratamientos evaluados oscilan en un rango que va desde 26.32 t/ha a 31.52 t/ha; siendo el tratamiento número tres (testigo relativo) evaluado en la Aldea San José Caben el que presento un rendimiento inferior a todos los tratamientos y el tratamiento número tres (testigo relativo) evaluado en aldea Chim el que presentó el rendimiento superior a todos los tratamientos evaluados durante la investigación; se debe mencionar que los rendimientos obtenidos en aldea Chim son superiores a los rendimientos reportados en investigaciones realizadas por ICTA y MAGA (2002), en donde indican que los rendimientos del cultivo de papa variedad Loman pueden variar de 15 t/ha (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm).

Tabla 7.

Prueba de t, de los datos de rendimiento en toneladas por hectárea en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Comparación	Diferencia de rendimiento entre tratamientos en t/ha	t
Aldea Chim TR – T1	0.15	0.34
Aldea Chim TR – T2	0.99	1.86
Aldea Chim T1-T2	0.84	1.52
Aldea SJC T1 – TR	0.07	0.17
Aldea SJC T2 – TR	0.61	1.59
Aldea SJC T2 – T1	0.54	1.58
Aldea Chim TR – Aldea SJC TR	5.19	12.41
Aldea Chim T1 – Aldea SJC T1	4.97	12.03
Aldea Chim T2 – Aldea SJC T2	3.59	7.16

t 0.05 para 2n-2 = 2.011

Para conocer si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados en ambas localidades, se procedió a realizar un total de nueve comparaciones de muestras independientes entre los tratamientos por medio de de la t de Student obteniendo los datos que se presentan anteriormente en la tabla número siete.

Como se puede observar en los datos de la tabla número siete, al realizar el análisis estadístico de los tratamientos evaluados correspondiente a la variable de rendimiento en t/ha tanto en los tratamientos evaluados en aldea Chim como en los tratamientos evaluados en aldea San José Caben no existe diferencia estadística, ya que el valor de t obtenido al realizar la comparación estadística entre los tratamientos evaluados es inferior los valores de la tabla de t para 2n-2 al 5%, la igualdad estadística entre el tratamiento donde se utilizó una fuente de fertilizante de liberación lenta (T1: 15-3-20 +2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn) y los demás tratamientos evaluados se puede relacionar con lo descrito por Vera (2016), en donde hace referencia que al realizar aplicaciones de fertilizantes de liberación lenta es difícil que se ajuste exactamente la liberación de los nutrientes a las necesidades puntuales de cada cultivo.

Según Paredes (2014), los fertilizantes de liberación lenta no siempre pueden incrementar el rendimiento de las plantas ya que el espesor de la capa y la temperatura del aire son factores que determinan la velocidad de liberación pero en la actualidad no hay métodos estandarizados disponibles hasta ahora para la determinación fiable del patrón de liberación de nutrientes y en general existe una falta de correlación entre los datos resultantes de los ensayos de laboratorio que están hechas para el consumidor y el funcionamiento real del patrón de liberación de nutrientes en condiciones de campo. Se debe tener en cuenta que en la agricultura intensiva moderna la aplicación óptima de nutrientes debe seguir un monitoreo constante de las condiciones de crecimiento ya que es preferible adaptar la dosis de nutrientes con el desarrollo de los cultivos y con las expectativas de rendimiento.

En este sentido al realizar la comparación de los tratamientos replicados en las dos localidades se puede comprobar que existe una diferencia estadística ya que el valor de t en las tres comparaciones realizadas fueron superiores al valor de la tabla de t para $2n-2$ al 5%, siendo los tratamientos que se evaluaron en aldea Chim los que presentaron los mejores resultados comparados con los tratamientos evaluados en aldea San José Caben. Al igual que las otras variables evaluadas este comportamiento se atribuye a las diferencias edafoclimáticas climáticas existentes entre los dos lugares donde se realizó la investigación.

7.2.2. Número de tubérculos por planta

El tubérculo de la papa es el producto final del proceso de crecimiento y desarrollo de la planta y al mismo tiempo el punto inicial de una planta. La planta de la papa esta potencialmente capacitada para producir tubérculos a partir de sus estolones o de las yemas axilares; las hojas compuestas de la planta producen almidón que se desplaza hacia la parte final de los tallos subterráneos, también llamados estolones. Estos tallos sufren en consecuencia un engrosamiento y

así se producen hasta 20 tubérculos; el número de tubérculos que llegan a madurar depende de la humedad y nutrientes del suelo, además los tubérculos diferentes formas y distintos tamaños llegando a pesar por lo general hasta 300 gramos (Rojas, 2011).

A continuación en la tabla número ocho se presenta el promedio de tubérculos por planta obtenidos durante la investigación realizada, para ello al momento de la cosecha fue necesario cosechar 25 plantas de la parcela neta de cada tratamiento contando la cantidad de tubérculos que se obtuvo de cada planta los cuales se anotaron en la libreta de campo para después tener el promedio de número de tubérculos de cada tratamiento evaluado (ver datos de campo en anexos, tabla 15).

Tabla 8.

Promedio de número de tubérculos por planta de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SJC)		
T1	T2	T3 (TR)	T1	T2	T3 (TR)
12.92	14.96	13.56	14.00	15.96	14.12

Datos promedio de tubérculos por planta de los tratamientos en Aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro San Marcos.

Como se puede observar en la tabla anterior el promedio de número de tubérculos obtenidos durante la investigación oscila en un rango que va de 12.92 a 15.96 tubérculos por planta siendo el tratamiento uno (15-3-20+2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn.) evaluado el aldea Chim el que tiene un promedio inferior a todos los tratamientos y el tratamiento número dos (15-15-15 MF) evaluado en aldea San José Caben el que tiene el promedio más alto ante todos los tratamientos; para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados fue necesario realizar diferentes comparaciones de muestras independientes entre los tratamientos evaluados a las cuales se les aplicó la prueba de t de Student la cual se presenta en la tabla número nueve.

De acuerdo a los datos obtenidos al momento de calcular el valor de t al 5 % para 2n-2, se puede determinar que en esta variable no existen diferencias estadísticas ya que todos los valores de t calculada son inferiores al valor de t para 2n-2 al 5%; por lo tanto, se deduce que ninguno de los programas de fertilización química evaluados durante esta investigación en las dos localidades tuvieron efecto sobre la variable número de tubérculos por planta.

Tabla 9.

Prueba de t, de número de tubérculos por planta de los tratamientos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Comparación	Diferencia de número de tubérculos por planta promedio entre tratamientos	t
Aldea Chim TR – T1	0.64	0.67
Aldea Chim T2 – TR	1.40	1.59
Aldea Chim T2 – T1	2.04	1.87
Aldea SJC TR - T1	0.12	0.11
Aldea SJC T2 – TR	1.84	1.51
Aldea SJC T2 – T1	1.96	2.07
Aldea SJC TR – Aldea Chim TR	0.56	0.53
Aldea SJC T1 – Aldea Chim T1	1.08	1.13
Aldea SJC T2 – Aldea Chim T2	1.00	0.93

t 0.05 para (2n-2) = 2.011

7.3. Análisis económico

A continuación, en la tabla número 10 se presentan los datos de utilidad y rentabilidad de cada tratamiento evaluado en las dos localidades donde se realizó la investigación, para obtener estos datos se contabilizaron los egresos e ingresos que se dieron durante todo el ciclo de producción del cultivo tomando en cuenta las tres clasificaciones de papa que se conocen en el mercado como lo son papa de primera, papa de segunda y papa de tercera (ver tablas 16-21 en anexos).

Tabla 10.

Análisis económico por hectárea de los tratamientos establecidos en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Tratamiento	Ingresos (Q)	Egresos (Q)	Utilidad (Q)	Rentabilidad (%)
T1 Chim	Q100,728.73	Q82,026.99	Q18,701.74	22.80
T2 Chim	Q98,077.49	Q71,143.20	Q26,934.30	37.86
T3 Chim	Q101,191.58	Q74,397.12	Q26,794.45	36.02
T1 SJC	Q85,618.33	Q82,649.07	Q2,969.26	3.59
T2 SJC	Q87,224.55	Q71,930.28	Q15,294.27	21.26
T3 SJC	Q86,251.24	Q75,019.20	Q11,232.04	14.97

Datos de rentabilidad en cada uno de los tratamientos en Aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro San Marcos.

Al realizar un análisis por cada localidad de acuerdo a los datos presentados en la tabla anterior, se logra determinar que en ambas localidades el tratamiento que presentó una rentabilidad inferior a los demás tratamientos evaluados es el tratamiento número uno (15-3-20+2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn), donde se aplicó el fertilizante de liberación lenta, ya que en aldea Chim presento una rentabilidad de 22.80 % mientras que en aldea San José Caben este mismo tratamiento presentó una rentabilidad de 3.59 %. Esta rentabilidad se le atribuye incremento de costo que implica la aplicación de fertilizantes de liberación lenta ya que el costo de fertilización por hectárea en estos tratamientos fue de 12,534.74 quetzales lo cual equivale al 27 % del costo de los insumos utilizados, mientras que el costo de fertilización de los demás tratamientos evaluados oscilo en un rango que va de 3,602.41 quetzales a 6,176.52 quetzales; esto concuerda con lo mencionado por Paredes (2014), en donde indica que el costo de fabricación de los fertilizantes de liberación lenta es aún considerable mayor en comparación con la producción de fertilizantes minerales convencionales, así que su relación costo beneficio en la actualidad impide el uso generalizado. En este sentido Vera (2016), hace mención que la principal barrera a superar en la aplicación de fertilizantes de liberación lenta es el elevado costo de estos fertilizantes comparado

con los fertilizantes convencionales, lo que ha limitado su uso en la agricultura en tanto se utilizan en nichos de mercados no agrícolas.

Se debe mencionar que el tratamiento número dos (15-15-15 MF) fue el que presentó la mayor rentabilidad en las dos localidades donde se realizó la investigación ya que en aldea Chim se obtuvo una rentabilidad del 37.86 % y en aldea San José Caben tuvo una rentabilidad de 21.26 % seguido del tratamiento número tres (testigo relativo), esto se debió a que los fertilizantes convencionales proporcionan un costo inferior de aplicación comparado con los fertilizantes de liberación lenta.

A continuación, en la tabla número 11 se presenta un resumen los promedios de los datos obtenidos en campo que corresponde a cada una de las variables evaluadas durante la investigación, esto se realiza con la finalidad de conocer la tendencia de cada una de las variables en los diferentes tratamientos evaluados.

Tabla 11.

Resumen de variables respuesta en la evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro polar de tubérculo (cm)	Rendimiento t/ha	Número De tubérculos por planta	Rentabilidad por hectárea (%)
Aldea Chim T1	59.00	8.03	31.36	12.92	22.80
Aldea Chim T2	59.24	7.38	30.52	14.96	37.86
Aldea Chim T3	58.64	7.70	31.51	13.56	36.02
Aldea SJC T1	38.48	6.30	26.39	14.00	3.59
Aldea SJC T2	39.68	6.33	26.93	15.96	21.26
Aldea SJC T3	38.96	6.02	26.32	14.12	14.97

Datos da cada uno de las variables respuestas por cada tratamiento, en Aldea Chim y Aldea San José Caben de San Pedro San Marcos.

Como se puede observar en la tabla anterior los tratamientos evaluados en aldea Chim siempre tuvieron un comportamiento superior a los tratamientos evaluados en aldea San José

Caben, en la mayoría de los casos esta diferencia se le atribuyó a las diferencias edafoclimáticas existentes entre las dos localidades como altitud y temperatura principalmente; además se debe mencionar que al realizar el análisis de los tres tratamientos establecidos por localidad la aplicación de fertilizantes de liberación lenta no tuvo ninguna diferencias estadística que pudiera justificar la utilización de estos fertilizantes ya que en la mayoría de los casos con los fertilizantes convencionales aplicados se obtuvieron mejores resultados.

8. CONCLUSIONES

Se llega a la conclusión que la aplicación de fertilizantes de liberación lenta no tuvo ningún efecto sobre los componentes de crecimiento vegetativo altura de planta y diámetro polar de tubérculo en las dos localidades donde se realizó la investigación, aunque los tratamientos evaluados en aldea Chim fueron los que presentaron un comportamiento superior a los evaluados en aldea San José Caben existiendo diferencia estadística entre ellos.

La aplicación de fertilizantes de liberación lenta no tuvo ningún efecto sobre los componentes de rendimiento t/ha y número de tubérculos por planta, aunque los tratamientos evaluados en aldea Chim presentaron los mejores resultados comparados con los evaluados en aldea San José Caben en la variable de rendimiento en t/ha no así para la variable número de tubérculos por planta.

Al realizar el análisis económico de rentabilidad, el tratamiento que presentó una rentabilidad superior ante los demás tratamientos fue el tratamiento número dos (15-15-15 MF) evaluado en aldea Chim, además, de los tratamientos evaluados en aldea San José Caben también fue el que presentó la mejor rentabilidad; de acuerdo al análisis económico realizado los fertilizantes de liberación lenta incrementan el costo de producción disminuyendo considerablemente la rentabilidad del cultivo.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda el plan de fertilización utilizado en el tratamiento dos (15-15-15 MF) evaluado durante esta investigación ya que fue el que presentó la mejor rentabilidad en las dos localidades lo cual beneficiaría a los productores del cultivo de papa.

En futuras investigaciones se recomienda replicar esta investigación utilizando otras variedades de papa existentes en la zona para determinar si estas variedades tienen la misma respuesta ante la aplicación de fertilizantes de liberación lenta.

Además, se recomienda replicar esta investigación en otras localidades bajo condiciones de invierno para determinar el comportamiento de las variables evaluadas bajo estas condiciones climáticas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroes. (17 de Octubre de 2017). *Agroes*. Recuperado el 22 de Agosto de 2017, de Agroes Web Site: <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/patata/337-patata-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Asociación Argentina de Horticultura. (2007). *Horticulturaar*. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de Horticulturaar Web site: horticulturaar.com.ar
- Bordoli, J., & Barbazán, M. (25 de 10 de 2010). *Aplicación de fertilizantes*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de Fagro Web site: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/Aplicaci1.pdf>
- Cháves, V. (2007). *icafe*. Recuperado el 02 de Octubre de 2017, de icafe Web site: http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/revista_informativa/Revista-I-Sem-07.pdf
- Chen, J. (2 de marzo de 2020). *PROMIX*. Recuperado el 18 de junio de 2020, de PROMIX Web site: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/ventajas-y-desventajas-del-uso-de-fertilizantes-de-liberacion-controlada-en-el-invernadero/>
- Compo Expert. (05 de Julio de 2017). *Compo Expert*. Recuperado el 01 de Octubre de 2017, de Compo Expert Web site: <http://www.compo-expert.com/cl/productos/productos-de-suelo/novatec.html>
- Cortéz, M., & Hurtado, G. (9 de diciembre de 2002). *Guía técnica del cultivo de la papa*. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de centa Web site: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>
- Cucas, C. (21 de julio de 2014). *Fases fenológicas del cultivo (Solanum tuberosum)*. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de Cinthya Web site: <http://cinthya089411.blogspot.com/>
- De León, C. (2016). *Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el rendimiento de papa*. Universidad Rafael Landívar, Campus Quetzaltenango, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Quetzaltenango Guatemala.
- Disagro. (4 de marzo de 2013). *Disagro*. Recuperado el 01 de 10 de 2017, de Disagro Web site: <http://www.disagro.com/es/producto/pelicano-aplicacion-al-suelo>
- FAO. (2008). *FAO*. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de FAO web site: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/origenes.html>
- González, H. (12 de agosto de 2007). Mezcla de fertilizantes en la finca, una buena opción para el caficultor. *Avances técnicos CENICAFE* (362), 8.
- Grupo SACSА. (05 de Julio de 2015). *SACSА*. Recuperado el 18 de Agosto de 2017, de Grupo SACSА Web site: <http://www.gruposacsa.com.mx/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-fertilizantes/>
- Haifa Chemicals ltd. (2014). *Haifa Chemicals ltd*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2017, de Haifa Chemicals ltd web site: http://www.haifa-group.com/spanish/products/plant_nutrition/controlled_release_fertilizers/
- ICTA & MAGA. (2002). *El cultivo de la papa en Guatemala*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de ICTA Web site: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/El%20cultivo%20de%20la%20papa%20en%20Guatemala,%202002.pdf>
- IFA. (2002). *FAO*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de FAO Web Site: <http://www.fao.org/documents/card/es/c/b0f8bfc5-4c95-54b0-80cd-96b810006037/>

- INE. (Enero de 2004). *INE*. Recuperado el 19 de Agosto de 2017, de INE, Web site: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/16/cv9H2R2CyhS1n0c1XfKqXVf4pLIXONTg.pdf>
- Intagri. (10 de Septiembre de 2017). *Intagri*. Recuperado el 01 de Junio de 2017, de Intagri Web site: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>
- John, C., Vallín, G., & Dueñas, G. (2 de noviembre de 2015). *zeocat*. Recuperado el 14 de octubre de 2018, de zeocat Web site: <http://www.zeocat.es/docs/cultivosurea.pdf>
- Loor, J. (2014). *Estudio de la combinacion de fertilizantes quimicos en vivero de palma aceitera híbrida (Elaeis oleifera x Elaeis Guneensis para optimizar el desarrollo en palmeras del Ecuador- Cantón Shushufindi*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Ecológica, Amazónica, Facultad de Ciencias Administrativas y Ambientales, División Ciencias Agropecuarias, Shushufindi, Ecuador.
- López, S. (2014). *Evaluación de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de palma aceitera (Elaeis guineensis. jacq, var. ghana) en la fase de vivero, diagnóstico y servicios realizados, en la finca El Canaleño, Raxruhá, Alta Verapaz, Guatemala*. Tesis de Grado; Ingeniero Agrónomo, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala, Guatemala.
- MINECO. (2015). *MINECO*. Recuperado el 08 de Octubre de 2017, de MINECO Web site: http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Integracion%20y%20comercio%20exterior/e_l_agro_en_cifras_2015.pdf
- Muñoz, M. (Octubre de 2014). Composición y aportes nutricionales de la papa. *Revista Agrícola*, 36-37.
- Negrete, A. (2011). *Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en Pichincha – Ecuador*. Tesis de Grado, Ingeniero en Agroempresas, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición, Quito Ecuador.
- Nutrición de Plantas S.A. (1 de Junio de 2013). *Comite Cafeteros*. Recuperado el 01 de Octubre de 2017, de Comite Cafeteros Web site: <http://recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/Fichas/FTN-FOS201592219918.pdf>
- NUTRIMON. (2 de agosto de 2008). *NUTRIMON*. Recuperado el 5 de septiembre de 2019, de NUTRIMON Web site: <http://www.monomeros.com/descargas/d+noticias.pdf>
- Paredes, D. (2014). *Fertilizantes de liberacion controlada: una alternativa en cultivos de ciclo corto*. Tesis de grado, Especialista en Suelos y Nutrición de Plantas, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito.
- Prokop, S., & Albert, J. (2008). *FAO*. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de FAO Web site: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>
- Quispe, D. (2016). *Evaluación de dos variedades de papa bajo tres niveles de K2O con la aplicación de ceniza como abono natural en la comunidad de Finaya*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz Bolivia.
- Ramírez, B. (2008). *Evaluación del clon de papa Lóman M-60, asesoría técnica y servicios comunitarios en el caserío Ebenezer, Purulhá, Baja Verapaz*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía Integrada , Guatemala.

- Rodríguez, E., & Muñoz, M. (2010). *Evaluación de tres sistemas de producción de almácigos de café (Coffea arabica) var. Caturra*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Panamericana Zamorano, Carrera de ciencia y producción agropecuaria , Tegucigalpa Honduras.
- Rojas, E. (2011). *Evaluación del desarrollo de papa bajo escenarios de variabilidad climática interanual y cambio climático* . Tesis de Grado, Magister en Ciencias de Meteorología, Universidad Nacional de Colombia , Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Bogotá, Colombia.
- Santana, F. (2015). *Fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo y rendimiento en maíz (Zea mays L.)*. Tesis de Grado, Ingeniería Agropecuaria, Universidad de las Fuerza Armadas, Departamento de Ciencias de la Vida y La Agricultura, Santo Domingo, República Dominicana.
- Segeplan. (2010). *Plan de desarrollo Municipal*. Diagnóstico, Municipalidad, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, Guatemala.
- Stauder, N. (2010). *Guía para desarrollar programas efectivos de Fertilización*. Guatemala, Guatemala.
- Suárez, L., Giletto, C., Rattín, J., Echeverría, H., & Caldiz, D. (s.f.). *academiaedu*. Recuperado el 25 de 09 de 2017, de academiaedu Web site: https://www.academia.edu/23147057/Efecto_del_nitr%C3%B3geno_sobre_el_rendimiento_y_la_calidad_de_tub%C3%A9rculos_en_papa_para_industria
- TRAXCO. (20 de Diciembre de 2011). *TRAXCO S.A*. Recuperado el 18 de Agosto de 2017, de TRAXCO Web site: <https://www.traxco.es/blog/labores-del-campo/fertilizantes-de-liberacion-lenta>
- Ubidia, M. (2014). *Evaluación de la eficacia de fertilizantes de liberación controlada (CRF) en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica)*. Tesis de Grado, Ingeniera Agrónoma , Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ambato, Ecuador.
- Vera, F. (2016). *Reacción del cultivo de maíz a la aplicación de fertilizante de liberación lenta en la zona de Vinces, Ecuador*. Universidad de Guayaquil, Facultad de ciencias para el desarrollo , Guayaquil.
- VISAR. (Agosto de 2015). *Plan de manejo integrado de enfermedades de la papa en Guatemala (Solanum tuberosum L.)*. Guatemala, Guatemala, Guatemala.

11. ANEXOS

Datos de campo correspondientes a la variable de altura de planta, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

No.	Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SC)		
	T1	T2	T3 (T. Rel)	T1	T2	T3 (T. Rel)
1	63.00	56	67.00	37	37	48
2	60.00	60	60.00	39	39	43
3	57.00	63	56.00	37	41	39
4	63.00	66	58.00	36	38	39
5	62.00	65	57.00	35	41	35
6	61.00	63	56.00	35	37	40
7	64.00	67	58.00	38	41	33
8	59.00	44	57.00	36	41	30
9	52.00	57	60.00	35	40	35
10	60.00	68	60.00	39	44	36
11	50.00	54	53.00	42	39	33
12	60.00	54	70.00	41	40	40
13	59.00	52	58.00	43	38	46
14	61.00	58	63.00	44	40	43
15	58.00	61	58.00	42	38	50
16	60.00	64	57.00	39	40	49
17	62.00	65	55.00	38	41	45
18	61.00	64	54.00	38	39	41
19	62.00	65	57.00	40	41	39
20	61.00	55	53.00	39	40	37
21	55.00	50	58.00	39	38	37
22	56.00	62	60.00	36	39	36
23	55.00	61	56.00	37	41	31
24	55.00	54	61.00	39	40	35
25	59.00	53	64.00	38	39	34
suma	1475.00	1481.00	1466.00	962.00	992.00	974.00
promedio	59.00	59.24	58.64	38.48	39.68	38.96
varianza	12.33	37.36	16.32	6.18	2.48	30.87

Datos de campo de la variable diámetro polar de tubérculo, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

No.	Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SC)		
	T1	T2	T3 (T. Rel)	T1	T2	T3 (T. Rel)
1	6.00	6.50	9.00	8.25	6.25	7.30
2	6.25	6.25	8.50	7.00	5.10	6.00
3	7.50	9.50	8.75	6.00	6.20	5.75
4	9.50	7.00	9.50	6.75	7.10	7.00
5	8.25	6.00	11.00	6.25	6.20	7.00
6	7.25	7.75	8.00	6.00	7.15	5.10
7	8.50	7.00	7.00	5.50	5.90	6.50
8	8.25	7.50	7.00	6.50	5.80	6.50
9	8.50	7.25	8.00	6.05	5.50	5.60
10	7.00	7.50	9.00	7.50	7.50	5.75
11	7.25	6.50	8.00	6.00	5.45	5.75
12	7.50	7.75	8.75	6.00	7.25	7.00
13	8.75	6.50	7.50	6.25	5.75	5.00
14	9.25	8.00	7.25	7.00	7.05	6.25
15	8.50	6.50	8.00	6.50	5.85	4.85
16	7.25	8.00	6.00	7.75	4.95	4.60
17	8.75	7.25	6.50	6.25	6.05	5.50
18	8.75	6.50	8.25	6.75	6.35	7.25
19	7.25	8.50	3.50	5.75	7.75	5.75
20	9.25	7.10	6.00	4.15	5.85	6.50
21	8.25	9.75	8.50	5.15	7.70	6.50
22	9.50	7.00	7.00	6.00	5.65	5.50
23	8.00	6.75	7.00	6.65	7.90	5.75
24	6.00	9.00	8.50	5.55	6.05	5.25
25	9.50	7.25	6.00	5.85	6.00	6.50
suma	200.75	184.60	192.50	157.40	158.30	150.45
promedio	8.03	7.38	7.70	6.30	6.33	6.02
varianza	1.14	0.96	2.18	0.71	0.72	0.59

Datos de campo correspondientes a la variable rendimiento t/ha, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

No.	Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SC)		
	T1	T2	T3 (T. Rel)	T1	T2	T3 (T. Rel)
1	31.07	29.26	32.58	26.07	27.86	25.66
2	29.22	29.87	30.03	25.54	26.01	24.77
3	27.63	26.27	28.50	23.40	24.86	22.63
4	33.00	31.00	31.49	28.01	29.48	27.24
5	31.00	30.72	32.95	27.65	27.32	27.08
6	30.70	27.89	28.78	25.01	26.48	24.25
7	31.67	29.02	31.25	25.18	27.65	24.41
8	33.20	29.35	32.34	27.65	26.11	26.88
9	34.14	34.01	29.35	25.46	28.87	28.50
10	31.45	34.88	30.92	26.43	27.94	25.70
11	32.08	30.28	32.50	27.40	25.87	26.63
12	32.08	35.93	32.30	27.20	27.67	26.43
13	31.34	29.12	30.76	25.74	27.13	25.89
14	31.61	30.52	32.70	26.71	26.15	27.04
15	32.35	28.70	30.92	25.82	28.29	25.05
16	27.08	30.84	32.50	28.21	26.67	26.62
17	33.49	32.50	30.92	24.81	25.09	25.05
18	30.72	28.66	33.68	25.82	26.25	27.01
19	30.07	29.26	31.65	27.97	26.86	29.62
20	31.52	33.66	30.88	26.39	27.78	26.70
21	32.15	29.47	33.03	26.47	26.94	28.70
22	30.60	29.59	34.16	26.63	27.48	25.86
23	33.35	30.32	32.46	26.80	25.63	26.59
24	31.75	31.33	31.00	25.05	27.52	26.29
25	30.72	30.52	30.03	28.29	25.24	27.40
suma	784.01	762.96	787.70	659.72	673.16	658.02
promedio	31.36	30.52	31.51	26.39	26.93	26.32
Varianza	2.74	4.93	2.12	1.52	1.37	2.25

Datos de campo de la variable número de tubérculos por planta, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

No.	Aldea Chim (CH)			Aldea San José Caben (SC)		
	T1	T2	T3 (T. Rel)	T1	T2	T3 (T. Rel)
1	24.00	12.00	12.00	17.00	16.00	14.00
2	11.00	13.00	16.00	9.00	15.00	19.00
3	13.00	11.00	12.00	11.00	13.00	13.00
4	13.00	18.00	10.00	13.00	13.00	18.00
5	19.00	19.00	16.00	14.00	18.00	11.00
6	12.00	17.00	18.00	13.00	18.00	16.00
7	10.00	10.00	14.00	16.00	11.00	21.00
8	8.00	18.00	13.00	13.00	17.00	7.00
9	15.00	21.00	13.00	19.00	22.00	15.00
10	13.00	14.00	19.00	10.00	15.00	13.00
11	11.00	15.00	13.00	13.00	19.00	13.00
12	8.00	15.00	14.00	15.00	17.00	14.00
13	12.00	12.00	9.00	12.00	14.00	22.00
14	15.00	18.00	11.00	13.00	22.00	21.00
15	19.00	23.00	13.00	15.00	24.00	14.00
16	8.00	13.00	11.00	14.00	17.00	13.00
17	18.00	14.00	14.00	15.00	11.00	11.00
18	18.00	12.00	15.00	14.00	18.00	6.00
19	11.00	22.00	15.00	13.00	10.00	12.00
20	12.00	12.00	13.00	18.00	13.00	11.00
21	8.00	15.00	12.00	18.00	12.00	13.00
22	12.00	11.00	14.00	12.00	23.00	7.00
23	13.00	15.00	10.00	11.00	15.00	12.00
24	11.00	11.00	15.00	17.00	10.00	13.00
25	9.00	13.00	17.00	15.00	16.00	24.00
suma	323.00	374.00	339.00	350.00	399.00	353.00
promedio	12.92	14.96	13.56	14.00	15.96	14.12
varianza	16.49	13.29	6.17	6.50	15.87	21.28

Costo de producción por hectárea del tratamiento uno en aldea Chim, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q82,026.99
A. Costos Directos (Variables)				Q62,314.16
1. Insumos agrícolas				Q45,771.16
a. Semilla				Q15,580.46
Semilla de papa Loman	kg	4154.79	Q3.75	Q15,580.46
b. Fertilizantes y enmiendas				Q17,826.20
Orgánicos				Q3,863.95
Materia orgánica	kg	4154.79	Q0.93	Q3,863.95
Químicos				Q12,534.74
15-3-20				
+2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn	kg	1000.00	Q12.00	Q12,000.00
10-50-0	kg	70.00	Q5.33	Q373.10
0-0-60	kg	41.66	Q3.88	Q161.64
Foliales				Q1,427.50
Fertilizante foliar a base de Calcio	Litro	4.00	Q95.00	Q380.00
Fertilizante foliar a base de Aminoácidos	Litro	5.00	Q145.00	Q725.00
Fertilizante foliar a base de Potasio	Litro	3.00	Q65.00	Q195.00
Enraizador Fósforo+Auxinas	Litro	1.50	Q85.00	Q127.50
Enmienda				Q0.00
Cal agrícola	kg			Q0.00
c. Insecticidas				Q2,129.00
Abamectina	Litro	0.60	Q450.00	Q270.00
Spiromesifén	Litro	0.50	Q1,050.00	Q525.00
Tiametoxam+lambd cihalotrina	Litro	1.15	Q800.00	Q920.00
Lufenurón	Litro	1.15	Q360.00	Q414.00
d. Fungicidas				Q4,602.50
Cimoxanil+Mancozeb	kg	7.5	Q190.00	Q1,425.00
Fluopicolide+ propineb	kg	6.00	Q250.00	Q1,500.00
Clorotalonil	litro	5.00	Q115.00	Q575.00
Penflufen + imidacloprid, fungicida e insecticida, (1 aplicación al momento de siembra).	litro	1.75	Q630.00	Q1,102.50
e. Coadyudantes				Q258.00
Organosilicona	litro	0.6	330	Q198.00
Nonilfenol	Litro	2.00	Q30.00	Q60.00
f. Herbicidas				Q190.00
Linuron	kg	1.00	Q190.00	Q190.00
g. Envases para cosecha				Q1,730.00
Arpilla	Unidad	692.00	Q2.50	Q1,730.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
H. Transporte				Q3,455.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	691.00	Q5.00	Q3,455.00
2. Mano de obra				Q16,543.00
a. Limpieza y arado del suelo	jornal	46	Q50.00	Q2,300.00
b. Siembra	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
c. Riego	jornal	23	Q180.00	Q4,140.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	7.66	Q50.00	Q383.00
e. Segunda fertilización y aporque	jornal	23	Q40.00	Q920.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38	Q50.00	Q1,900.00
g. cosecha	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
B. costos Indirectos (Fijos)				Q19,712.83
1. Arrendamiento del terreno				Q6,900.00
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1	Q6,900.00	Q6,900.00
3. Análisis de suelos				Q350.00
Análisis básico de suelo	unidad	1	Q350.00	Q350.00
4. Costos de administración				Q12,462.83
20 % de los costos directos				Q12,462.83
II INGRESOS				Q100,728.73
a. Papa de primera	tonelada	23.50	Q3,748.50	Q88,089.75
b. Papa de segunda	tonelada	6.50	Q1,760.00	Q11,440.00
c. Papa de tercera	tonelada	1.36	Q881.60	Q1,198.98
Utilidad neta				Q18,701.74
Rentabilidad %				22.80

Costo de producción por hectárea del tratamiento dos en aldea Chim, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q71,143.20
A. Costos Directos (Variables)				Q53,244.33
1. Insumos agrícolas				Q36,701.33
a. Semilla				Q15,580.46
Semilla de papa Loman	kg	4154.79	Q3.75	Q15,580.46
b. Fertilizantes y enmiendas				Q8,893.87
Orgánicos				Q3,863.95
Materia orgánica	kg	4154.79	Q0.93	Q3,863.95
Químicos				Q3,602.41
15-15-15	Kg	433.33	Q4.22	Q1,828.65
46-0-0	kg	184.78	Q4.00	Q739.12
0-0-60	kg	266.66	Q3.88	Q1,034.64
Foliares				Q1,427.50
Fertilizante foliar a base de Calcio	Litro	4.00	Q95.00	Q380.00
Fertilizante foliar a base de Aminoácidos	Litro	5.00	Q145.00	Q725.00
Fertilizante foliar a base de Potasio	Litro	3.00	Q65.00	Q195.00
Enraizador Fósforo+Auxinas	Litro	1.50	Q85.00	Q127.50
Enmienda				Q0.00
Cal agrícola	kg			Q0.00
c. Insecticidas				Q2,129.00
Abamectina	Litro	0.60	Q450.00	Q270.00
Spiromesifén	Litro	0.50	Q1,050.00	Q525.00
Tiametoxam+lambd cihalotrina	Litro	1.15	Q800.00	Q920.00
Lufenurón	Litro	1.15	Q360.00	Q414.00
d. Fungicidas				Q4,602.50
Cimoxanil+Mancozeb	kg	7.5	Q190.00	Q1,425.00
Fluopicolide+ propineb	kg	6.00	Q250.00	Q1,500.00
Clorotalonil	litro	5.00	Q115.00	Q575.00
Penflufen + imidacloprid, fungicida e insecticida, (1 aplicación al momento de siembra).	litro	1.75	Q630.00	Q1,102.50
e. Coadyudantes				Q258.00
Organosilicona	litro	0.6	330	Q198.00
Nonilfenol	Litro	2.00	Q30.00	Q60.00
f. Herbicidas				Q190.00
Linuron	kg	1.00	Q190.00	Q190.00
g. Envases para cosecha				Q1,682.50
Arpilla	Unidad	673.00	Q2.50	Q1,682.50

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
H. Transporte				Q3,365.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	673.00	Q5.00	Q3,365.00
2. Mano de obra				Q16,543.00
a. Limpieza y arado del suelo	jornal	46	Q50.00	Q2,300.00
b. Siembra	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
c. Riego	jornal	23	Q180.00	Q4,140.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	7.66	Q50.00	Q383.00
e. Segunda fertilización y aporque	jornal	23	Q40.00	Q920.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38	Q50.00	Q1,900.00
g. cosecha	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
B. costos Indirectos (Fijos)				Q17,898.87
1. Arrendamiento del terreno				Q6,900.00
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1	Q6,900.00	Q6,900.00
3. Análisis de suelos				Q350.00
Análisis básico de suelo	unidad	1	Q350.00	Q350.00
4. Costos de administración				Q10,648.87
20 % de los costos directos				Q10,648.87
II INGRESOS				Q98,077.49
a. Papa de primera	tonelada	22.76	Q3,748.50	Q85,315.86
b. Papa de segunda	tonelada	6.74	Q1,760.00	Q11,862.40
c. Papa de tercera	tonelada	1.02	Q881.60	Q899.23
Utilidad neta				Q26,934.30
Rentabilidad %				37.86

Costo de producción por hectárea del tratamiento tres en aldea Chim, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q74,397.12
A. Costos Directos (Variables)				Q55,955.94
1. Insumos agrícolas				Q39,412.94
a. Semilla				Q15,580.46
Semilla de papa Loman	kg	4154.79	Q3.75	Q15,580.46
b. Fertilizantes y enmiendas				Q11,467.97
Orgánicos				Q3,863.95
Materia orgánica	kg	4154.79	Q0.93	Q3,863.95
Químicos				Q6,176.52
20-20-00	Kg	627.27	Q4.22	Q2,647.08
15-15-15	kg	836.36	Q4.22	Q3,529.44
				Q0.00
Foliales				Q1,427.50
Fertilizante foliar a base de Calcio	Litro	4.00	Q95.00	Q380.00
Fertilizante foliar a base de Aminoácidos	Litro	5.00	Q145.00	Q725.00
Fertilizante foliar a base de Potasio	Litro	3.00	Q65.00	Q195.00
Enraizador Fósforo+Auxinas	Litro	1.50	Q85.00	Q127.50
Enmienda				Q0.00
Cal agrícola	kg			Q0.00
c. Insecticidas				Q2,129.00
Abamectina	Litro	0.60	Q450.00	Q270.00
Spiromesifén	Litro	0.50	Q1,050.00	Q525.00
Tiametoxam+lambda cihalotrina	Litro	1.15	Q800.00	Q920.00
Lufenurón	Litro	1.15	Q360.00	Q414.00
d. Fungicidas				Q4,602.50
Cimoxanil+Mancozeb	kg	7.5	Q190.00	Q1,425.00
Fluopicolide+ propineb	kg	6.00	Q250.00	Q1,500.00
Clorotalonil	litro	5.00	Q115.00	Q575.00
Penflufen + imidacloprid, fungicida e insecticida, (1 aplicación al momento de siembra).	litro	1.75	Q630.00	Q1,102.50
e. Coadyudantes				Q258.00
Organosilicona	litro	0.6	330	Q198.00
Nonilfenol	Litro	2.00	Q30.00	Q60.00
f. Herbicidas				Q190.00
Linuron	kg	1.00	Q190.00	Q190.00
g. Envases para cosecha				Q1,730.00
Arpilla	Unidad	692.00	Q2.50	Q1,730.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
H. Transporte				Q3,455.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	691.00	Q5.00	Q3,455.00
2. Mano de obra				Q16,543.00
a. Limpieza y arado del suelo	jornal	46	Q50.00	Q2,300.00
b. Siembra	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
c. Riego	jornal	23	Q180.00	Q4,140.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	7.66	Q50.00	Q383.00
e. Segunda fertilización y aporque	jornal	23	Q40.00	Q920.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38	Q50.00	Q1,900.00
g. cosecha	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
B. costos Indirectos (Fijos)				Q18,441.19
1. Arrendamiento del terreno				Q6,900.00
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1	Q6,900.00	Q6,900.00
3. Análisis de suelos				Q350.00
Análisis básico de suelo	unidad	1	Q350.00	Q350.00
4. Costos de administración				Q11,191.19
20 % de los costos directos				Q11,191.19
II INGRESOS				Q101,191.58
a. Papa de primera	tonelada	23.60	Q3,748.50	Q88,464.60
b. Papa de segunda	tonelada	6.55	Q1,760.00	Q11,528.00
c. Papa de tercera	tonelada	1.36	Q881.60	Q1,198.98
Utilidad neta				Q26,794.45
Rentabilidad %				36.02

Costo de producción por hectárea del tratamiento uno establecido en aldea San José Caben, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q82,649.07
A. Costos Directos (Variables)				Q62,832.56
1. Insumos agrícolas				Q46,289.56
a. Semilla				Q15,580.46
Semilla de papa Loman	kg	4154.79	Q3.75	Q15,580.46
b. Fertilizantes y enmiendas				Q18,344.60
Orgánicos				Q3,863.95
Materia orgánica	kg	4154.79	Q0.93	Q3,863.95
Químicos				Q12,534.74
15-3-20				
+2MgO+10S+0.02B+0.06Fe+0.01Zn	kg	1000.00	Q12.00	Q12,000.00
10-50-0	kg	70.00	Q5.33	Q373.10
0-0-60	kg	41.66	Q3.88	Q161.64
Foliares				Q1,427.50
Fertilizante foliar a base de Calcio	Litro	4.00	Q95.00	Q380.00
Fertilizante foliar a base de Aminoácidos	Litro	5.00	Q145.00	Q725.00
Fertilizante foliar a base de Potasio	Litro	3.00	Q65.00	Q195.00
Enraizador Fósforo+Auxinas	Litro	1.50	Q85.00	Q127.50
Enmienda				Q518.40
Cal agrícola	kg	288.00	Q1.80	Q518.40
c. Insecticidas				Q2,129.00
Abamectina	Litro	0.60	Q450.00	Q270.00
Spiromesifén	Litro	0.50	Q1,050.00	Q525.00
Tiametoxam+lambd cihalotrina	Litro	1.15	Q800.00	Q920.00
Lufenurón	Litro	1.15	Q360.00	Q414.00
d. Fungicidas				Q4,602.50
Cimoxanil+Mancozeb	kg	7.5	Q190.00	Q1,425.00
Fluopicolide+ propineb	kg	6.00	Q250.00	Q1,500.00
Clorotalonil	litro	5.00	Q115.00	Q575.00
Penflufen + imidacloprid, fungicida e insecticida, (1 aplicación al momento de siembra).	litro	1.75	Q630.00	Q1,102.50
e. Coadyudantes				Q258.00
Organosilicona	litro	0.6	330	Q198.00
Nonilfenol	Litro	2.00	Q30.00	Q60.00
f. Herbicidas				Q190.00
Linuron	kg	1.00	Q190.00	Q190.00
g. Envases para cosecha				Q1,730.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Arpilla	Unidad	692.00	Q2.50	Q1,730.00
H. Transporte				Q3,455.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	691.00	Q5.00	Q3,455.00
2. Mano de obra				Q16,543.00
a. Limpieza y arado del suelo	jornal	46	Q50.00	Q2,300.00
b. Siembra	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
c. Riego	jornal	23	Q180.00	Q4,140.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	7.66	Q50.00	Q383.00
e. Segunda fertilización y aporque	jornal	23	Q40.00	Q920.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38	Q50.00	Q1,900.00
g. cosecha	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
B. costos Indirectos (Fijos)				Q19,816.51
1. Arrendamiento del terreno				Q6,900.00
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1	Q6,900.00	Q6,900.00
3. Análisis de suelos				Q350.00
Análisis básico de suelo	unidad	1	Q350.00	Q350.00
4. Costos de administración				Q12,566.51
20 % de los costos directos				Q12,566.51
II INGRESOS				Q85,618.33
a. Papa de primera	tonelada	20.30	Q3,748.50	Q76,094.55
b. Papa de segunda	tonelada	4.73	Q1,760.00	Q8,324.80
c. Papa de tercera	tonelada	1.36	Q881.60	Q1,198.98
Utilidad neta				Q2,969.26
Rentabilidad %				3.59

Costo de producción por hectárea de tratamiento dos establecido en aldea San José Caben, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q71,930.28
A. Costos Directos (Variables)				Q53,900.23
1. Insumos agrícolas				Q37,357.23
a. Semilla				Q15,580.46
Semilla de papa Loman	kg	4154.79	Q3.75	Q15,580.46
b. Fertilizantes y enmiendas				Q9,412.27
Orgánicos				Q3,863.95
Materia orgánica	kg	4154.79	Q0.93	Q3,863.95
Químicos				Q3,602.41
15-15-15	Kg	433.33	Q4.22	Q1,828.65
46-0-0	kg	184.78	Q4.00	Q739.12
0-0-60	kg	266.66	Q3.88	Q1,034.64
Foliares				Q1,427.50
Fertilizante foliar a base de Calcio	Litro	4.00	Q95.00	Q380.00
Fertilizante foliar a base de Aminoácidos	Litro	5.00	Q145.00	Q725.00
Fertilizante foliar a base de Potasio	Litro	3.00	Q65.00	Q195.00
Enraizador Fósforo+Auxinas	Litro	1.50	Q85.00	Q127.50
Enmienda				Q518.40
Cal agrícola	kg	288.00	Q1.80	Q518.40
c. Insecticidas				Q2,129.00
Abamectina	Litro	0.60	Q450.00	Q270.00
Spiromesifén	Litro	0.50	Q1,050.00	Q525.00
Tiametoxam+lambda cihalotrina	Litro	1.15	Q800.00	Q920.00
Lufenurón	Litro	1.15	Q360.00	Q414.00
d. Fungicidas				Q4,602.50
Cimoxanil+Mancozeb	kg	7.5	Q190.00	Q1,425.00
Fluopicolide+ propineb	kg	6.00	Q250.00	Q1,500.00
Clorotalonil	litro	5.00	Q115.00	Q575.00
Penflufen + imidacloprid, fungicida e insecticida, (1 aplicación al momento de siembra).	litro	1.75	Q630.00	Q1,102.50
e. Coadyudantes				Q258.00
Organosilicona	litro	0.6	330	Q198.00
Nonilfenol	Litro	2.00	Q30.00	Q60.00
f. Herbicidas				Q190.00
Linuron	kg	1.00	Q190.00	Q190.00
g. Envases para cosecha				Q1,730.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Arpilla	Unidad	692.00	Q2.50	Q1,730.00
H. Transporte				Q3,455.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	691.00	Q5.00	Q3,455.00
2. Mano de obra				Q16,543.00
a. Limpieza y arado del suelo	jornal	46	Q50.00	Q2,300.00
b. Siembra	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
c. Riego	jornal	23	Q180.00	Q4,140.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	7.66	Q50.00	Q383.00
e. Segunda fertilización y aporque	jornal	23	Q40.00	Q920.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38	Q50.00	Q1,900.00
g. cosecha	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
B. costos Indirectos (Fijos)				Q18,030.05
1. Arrendamiento del terreno				Q6,900.00
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1	Q6,900.00	Q6,900.00
3. Análisis de suelos				Q350.00
Análisis básico de suelo	unidad	1	Q350.00	Q350.00
4. Costos de administración				Q10,780.05
20 % de los costos directos				Q10,780.05
II INGRESOS				Q87,224.55
a. Papa de primera	tonelada	20.78	Q3,748.50	Q77,893.83
b. Papa de segunda	tonelada	4.45	Q1,760.00	Q7,832.00
c. Papa de tercera	tonelada	1.70	Q881.60	Q1,498.72
Utilidad neta				Q15,294.27
Rentabilidad %				21.26

Costo de producción por hectárea de tratamiento tres establecido en aldea San José Caben, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 2020.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q75,019.20
A. Costos Directos (Variables)				Q56,474.34
1. Insumos agrícolas				Q39,931.34
a. Semilla				Q15,580.46
Semilla de papa Loman	kg	4154.79	Q3.75	Q15,580.46
b. Fertilizantes y enmiendas				Q11,986.37
Orgánicos				Q3,863.95
Materia orgánica	kg	4154.79	Q0.93	Q3,863.95
Químicos				Q6,176.52
20-20-00	Kg	627.27	Q4.22	Q2,647.08
15-15-15	kg	836.36	Q4.22	Q3,529.44
Foliares				Q0.00
Foliares				Q1,427.50
Fertilizante foliar a base de Calcio	Litro	4.00	Q95.00	Q380.00
Fertilizante foliar a base de Aminoácidos	Litro	5.00	Q145.00	Q725.00
Fertilizante foliar a base de Potasio	Litro	3.00	Q65.00	Q195.00
Enraizador Fósforo+Auxinas	Litro	1.50	Q85.00	Q127.50
Enmienda				Q518.40
Cal agrícola	kg	288.00	Q1.80	Q518.40
c. Insecticidas				Q2,129.00
Abamectina	Litro	0.60	Q450.00	Q270.00
Spiromesifén	Litro	0.50	Q1,050.00	Q525.00
Tiametoxam+lambda cihalotrina	Litro	1.15	Q800.00	Q920.00
Lufenurón	Litro	1.15	Q360.00	Q414.00
d. Fungicidas				Q4,602.50
Cimoxanil+Mancozeb	kg	7.5	Q190.00	Q1,425.00
Fluopicolide+ propineb	kg	6.00	Q250.00	Q1,500.00
Clorotalonil	litro	5.00	Q115.00	Q575.00
Penflufen + imidacloprid, fungicida e insecticida, (1 aplicación al momento de siembra).	litro	1.75	Q630.00	Q1,102.50
e. Coadyudantes				Q258.00
Organosilicona	litro	0.6	330	Q198.00
Nonilfenol	Litro	2.00	Q30.00	Q60.00
f. Herbicidas				Q190.00
Linuron	kg	1.00	Q190.00	Q190.00
g. Envases para cosecha				Q1,730.00
Arpilla	Unidad	692.00	Q2.50	Q1,730.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
H. Transporte				Q3,455.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	691.00	Q5.00	Q3,455.00
2. Mano de obra				Q16,543.00
a. Limpieza y arado del suelo	jornal	46	Q50.00	Q2,300.00
b. Siembra	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
c. Riego	jornal	23	Q180.00	Q4,140.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	7.66	Q50.00	Q383.00
e. Segunda fertilización y aporque	jornal	23	Q40.00	Q920.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38	Q50.00	Q1,900.00
g. cosecha	jornal	69	Q50.00	Q3,450.00
B. costos Indirectos (Fijos)				Q18,544.87
1. Arrendamiento del terreno				Q6,900.00
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1	Q6,900.00	Q6,900.00
3. Análisis de suelos				Q350.00
Análisis básico de suelo	unidad	1	Q350.00	Q350.00
4. Costos de administración				Q11,294.87
20 % de los costos directos				Q11,294.87
II INGRESOS				Q86,251.24
a. Papa de primera	tonelada	20.72	Q3,748.50	Q77,668.92
b. Papa de segunda	tonelada	4.15	Q1,760.00	Q7,304.00
c. Papa de tercera	tonelada	1.45	Q881.60	Q1,278.32
Utilidad neta				Q11,232.04
Rentabilidad %				14.97

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliete : MARCOS LOPEZ OROZCO (12923)
 Persona Responsable : MARCOS LOPEZ OROZCO
 Finca : ALDEA CHIM (26062)
 Localización : San Pedro Sacatepequez, GUATEMALA
 Referencia Cliente : MUESTRA 2, ALDEA CHIM SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
 Cultivo : PAPA -Solanum tuberosum (45)

Número de orden : 105202
 Código de muestra : 18.02.19.01.03
 Fecha de ingreso : 19/02/2018
 Fecha del informe : 23/02/2018
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO	
pH	6.24	5.50	7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.33 dS/m	0.2	0.8
Materia Orgánica (M.O.)	2.21 %	2.0	4.0
C.I.C.e	13.3 meq/100 ml	5.0	15.0
Saturación K	12.62 %	4%	6%
Saturación Ca	69.35 %	60%	80%
Saturación Mg	18.03 %	10%	20%
Saturación Al+H	0.00 %	<	20%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo P	354.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 - 75	P ₂ O ₅
Potasio K	656.2	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 - 300	K ₂ O
Calcio Ca	1849.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1000 -2000	
Magnesio Mg	288.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			100 - 250	
Azufre S	30.7	XXXXXXXXXXXX			10 - 100	30 S
Cobre Cu	4.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro Fe	229.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso Mn	69.0	XXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc Zn	19.2	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			2 - 25	
Aluminio Al	< 8.0	X			< 20% Sat Al	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Revisado: 
 Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
 Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.
 Soil pH(1:2). Soil: Water Ratio Method.

Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultado de análisis de suelo de aldea Chim previo a la siembra, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; Aldea San José Caben y Aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, 2020.

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente : MARCOS LOPEZ OROZCO (12923)
 Persona Responsable : MARCOS LOPEZ OROZCO
 Finca : SAN JOSE CABEN (25787)
 Localización : San Pedro Sacatepequez, SAN MARCOS
 Referencia Cliente : MUESTRA 1, SAN JOSE CABEN
 Cultivo : PAPA -Solanum tuberosum (45)

Número de orden : 105201
 Código de muestra : 18.02.19.01.02
 Fecha de ingreso : 19/02/2018
 Fecha del informe : 23/02/2018
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO
pH	5.34	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.49 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	3.33 %	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	10.1 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	17.59 %	4% _ 6%
Saturación Ca	66.52 %	60% _ 80%
Saturación Mg	15.40 %	10% _ 20%
Saturación Al+H	0.50 %	< 20%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo P	255.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 - 75	P ₂ O ₅
Potasio K	694.7	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 - 300	K ₂ O
Calcio Ca	1347.0	XXXXXXXXXXXX			1000 -2000	
Magnesio Mg	187.1	XXXXXXXXXXXXXXXX			100 - 250	
Azufre S	37.4	XXXXXXXXXXXXXXXX			10 - 100	30 S
Cobre Cu	7.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro Fe	186.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso Mn	118.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc Zn	18.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			2 - 25	
Aluminio Al	< 8.0	X			< 20% Sat Al	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Revisado: 
 Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
 Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.
 Soil pH(1:2). Soil: Water Ratio Method.
 Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultado de análisis de suelo de aldea San José Caben previo a la siembra, evaluación de dos tipos de fertilización en el cultivo de papa; Aldea San José Caben y Aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez San Marcos, 2020.