

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELO, PLANTA Y AGUA, "SALVADOR CASTILLO", DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA, C.A.**

**EDI NOÉ QUAN BARRIOS**

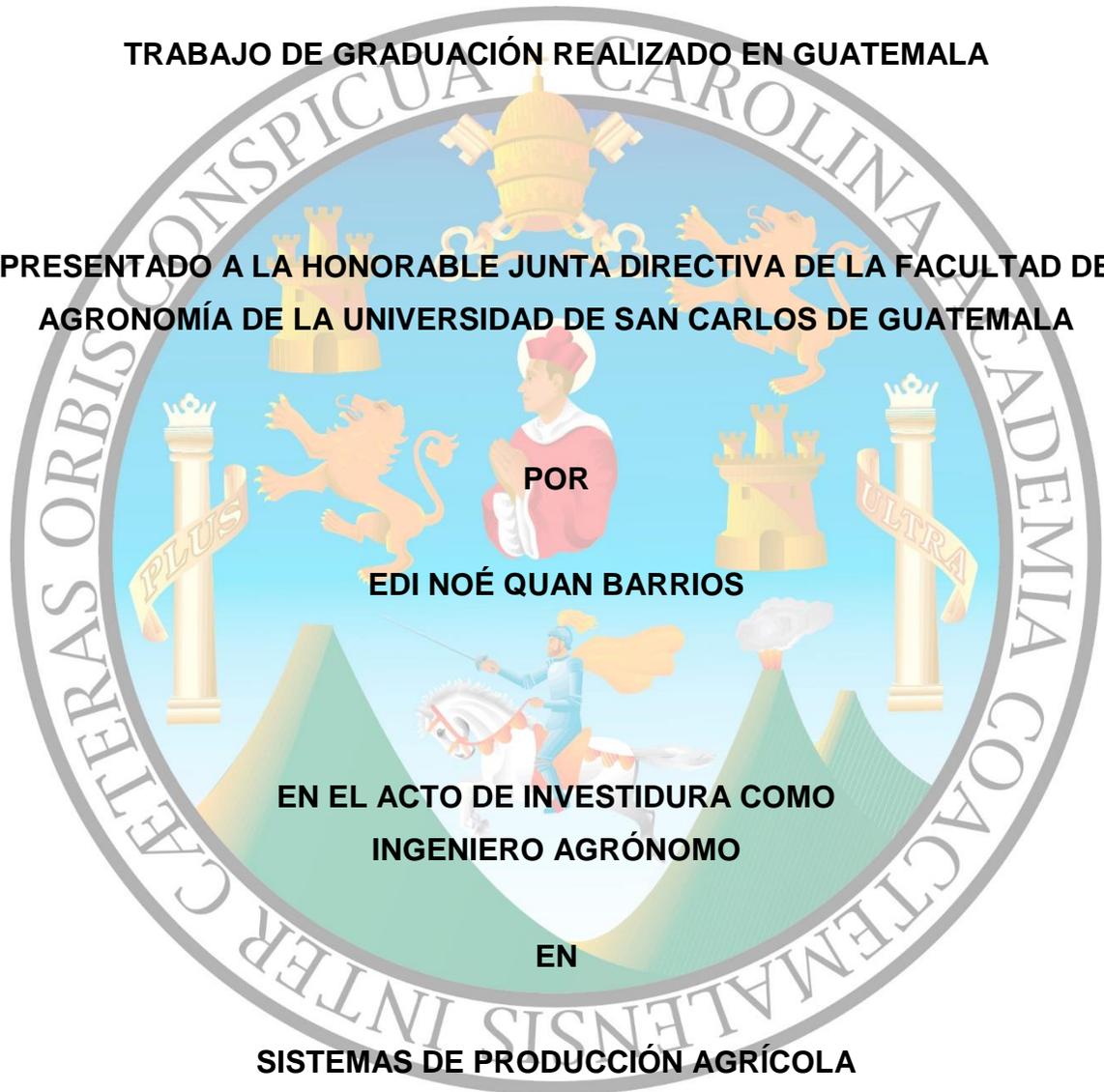
**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN GUATEMALA**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**POR**

**EDI NOÉ QUAN BARRIOS**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES  
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

|            |   |
|------------|---|
| DECANO     | Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes            |
| VOCAL I    | Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona      |
| VOCAL II   | Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez      |
| VOCAL III  | Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid |
| VOCAL IV   | Br. Carmen Aracely García Pirique         |
| VOCAL V    | Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos   |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria    |

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021



Guatemala, septiembre de 2021

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

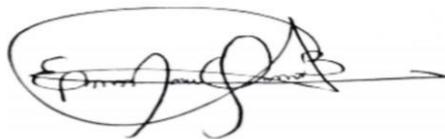
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“Evaluación del efecto de 8 programas de fertilización sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango, diagnóstico y servicios realizados en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua, “Salvador Castillo”, de la Facultad de Agronomía, USAC, Guatemala, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

A handwritten signature in black ink, enclosed in a large, loopy oval. The signature appears to be 'Edi Noé Quan Barrios'.

**EDI NOÉ QUAN BARRIOS**



## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**Dios**

¡Creador del cielo y de la tierra, de lo tangible y de lo intangible! Por su amor, fortaleza, misericordia y sabiduría que me ha concedido durante todo el camino para llegar a esta etapa de mi vida. “Esfuézate y sé valiente. No temas ni desmayes, que yo soy el Señor tu Dios, y estaré contigo por donde quiera que vallas (Josué 1.9)”.

**Mi padre**

Noé Tereso de Jesús Quan Carreto ¡Mi superhéroe! Quien con su amor, esfuerzo, dedicación, humildad, consejos y bondad, contribuyo con todos los medios necesario para que juntos lográramos concluir esta meta.

**Mi madre**

Edi Itálica Barrios Valladares ¡Mi guerrera de mil batallas! Gracias por todo su amor, cariño, paciencia, perseverancia, humildad, sus luchas, su vocación e inspiración para lograr todo lo que se ha propuesto y ver que todo su esfuerzo hoy se refleja en la culminación de esta etapa con éxito. Gracias a ambos por enseñarme y demostrarme que con esfuerzos, luchas y sacrificios podemos hacer realidad nuestros sueños.

**Mi hijo**

¡Mi gordito hermoso! Edi Farid de Jesús Quan Sisimit (QEPD), por ser la fuerza y fuente de mi inspiración para culminar esta etapa en mi vida. Gracias hijo porque sé que donde te encuentres eres un valiente guerrero de Dios, guía y cuida mis pasos en este mundo, sé que algún día nos encontraremos y disfrutaremos una vida eterna juntos. TE AMO CON TODO MI CORAZÓN.

- Mis hermanos** Bernarda, Teresa, María, Moisés, Noé, Luis, con amor fraternal.
- Mis sobrinos** Daniel (Toposin), Miguel (Tito), Sarita, Fernando (don Felipe), Valentino (Ocha), Emiliano (Viejito), Keily, Debora, Margot, Fernando Abimael (QEPD), Gloria, Anderson, Edi Valentina, Kylian, por darle alegría a mi vida.
- La madre de mi hijo** Daena Leonela Sisimit García, con cariño.
- Mis abuelos** Bernarda, Teresa, Eugenia, Oscar, Pedro Antonio, Emilia, Sacramento (QEPD), Felipe, Manuela, Manuel, con el cariño de siempre.
- Mis tíos y tías** Lorenzo, Antonio (Cholo), Marvin (Ratón vaquero), Carlos Leonel, María, Paulina, Esperanza, Concepción, Gloria (QEPD), Ever (Coco), Victor, Dalida, Rusbia, Cilda, Edwin, Erika, Claudia, Eulfo, Mirna, Teldra, Antulio, Magaly, Aroldo, Orbelina, Siria, Azucena, Edgar, Hugo, Gustavo, Oscar (Pipo), José, con cariño.
- Mis primos** Guadalupe (Lupe), Nancy, Erika, Juana, Sandra, Ana, Carmen, José, Arlin, Ivoni, Walter, Daniel, Valesca, Rebeca, Heidy, Esmeralda, Lester, Marvin Antonio, Meilyn, con cariño y amistad.
- Mis cuñados** Tomas (QEPD), Valentin, Enoc, Gricelda, Heidy, por su amistad.
- Mis mentores** Dr. Anibal Sacbajá, Ing. Agro. Ana Celena Carias, Gracias por brindarme la oportunidad de poder desarrollar mis destrezas y habilidades y contribuir en mi formación profesional. Por su cariño, amistad, consejos, que han sido fundamentales en mi desarrollo personal. LES APRECIO, RESPETO Y ADMIRO.  
Miguel (Padrino), Doña Juana , Otto, Audi, Lucrecia, Rodolfo,

**Mis vecinos de infancia** Hermelindo, Cruz, Hilario (Layo), Cruz, Edilma, Luis (tata wicho), Lidia, Adin, Hector, Esperanza, Joel, Rolando, Mario, Shinda, Licha, Marcos, Edward, Eduardo, Diana, Shingo, con el cariño de siempre.

**Mi bella vista** Mi terruñito de tierra que me viste nacer, crecer y pasar los mejores años de mi vida. Eternamente agradecido.

**Mis amigos** Anner (Cuyuch), Claudy, Denis, Christopher, Victor, Geovany, Señor Brenda, Norvin Ramos, Genaro García, Caleb, Gresia, Mafer, Akaren, Félix Martínez, Heliberto (Koki), Francisco (Chesco), Pablo, Enrique, Carlos, Quino, Herson Cuyuch, Hasler, Ana Montejo, Verenice, Goreti, Lily, por su cariño y apoyo incondicional.

**Mi mascota** Max Homtell por su cuidar de mí.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**Mi patria amada**

Guatemala por permitirme tener el honor de nacer en tus tierras benditas. ¡La Honra y la Gloria sean para Dios y para ti mi hermosa tierra del Quetzal!

**A mi municipio**

Pajapita San Marcos por acogerme durante muchos años de mi vida y por la dicha de caminar en tus calles llenas de alegría y felicidad. Te honro mi tierra de los almendros.

**Mis casas de estudio**

Escuela de Párvulos, Escuela Oficial Urbana Mixta, Instituto Básico por Cooperativa de Pajapita San Marcos, Instituto Tecnológico de la Universidad del Valle Santa Lucia Cotz, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por forjarme como profesional.

**Mis catedráticos**

Dr. Anibal Sacbajá, Dr. Amílcar Sánchez, Dr. Marvin Salguero, Dr. Tomas Padilla, Dr. Ivan Santos, Dr. Hugo Cardona, Ing. Agro. Mirna Ayala, Dr. Ariel Ortiz, Ing. Pedro Peláez, Dr. Marco Tulio Aceituno (QEPD), Seño Irma, Seño Adela, Seño Sonia, Seño Aury, Seño Milagros, Seño María Elena, Profe. Guillermo Galicia (QEPD). Excelentísimos profesionales que con sus conocimientos y entrega contribuyeron en mi formación profesional y en especial al Ing. Rolando Aragón (QEPD) por el tiempo y la dedicación en la revisión de este documento.

**Mi asesor**

Dr. Amílcar Sánchez, por la transferencia y aporte de conocimiento en durante la realización y elaboración del presente documento.

**Mi supervisor**

Dr. Anibal Sacbajá, por su ayuda, motivación, comprensión, consejos. Por ser mí amigo, mentor, por su contribución en conocimientos y elaboración de este documento y por su acompañamiento durante mi etapa de EPS. ¡CON MUCHO APRECIO Y ADMIRACIÓN!

**Al laboratorio de suelo planta y agua “salvador castillo “**

Dr. Anibal Sacbajá, Ing. Agro. Ana Celena Carias, Ing. Agr. Norvin Ramos, Romael Alfaro, Genaro García, por brindarme de su apoyo en todo momento que lo necesite.

**La subárea de manejo de suelo y agua**

Dr. Anibal Sacbajá, Dr. Tomas Padilla, Dr. Ivan Santos, Dr. Isaac Herrera, Ing. Agro. Hugo Tobías, Dr. Marvin Salguero, Dr. Guillermo Santos, Señor Brendita, por tener el privilegio de despeñarme en el ámbito profesional y aprender de sus experiencias. MUY AGRADECIDO.

## ÍNDICE GENERAL

|  | Página |
|--|--------|
| RESUMEN.....   | vii    |
| CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LOS QUELATOS Y PRODUCTOS QUELATADOS UTILIZADOS EN LA AGRICULTURA GUATEMALTECA, CON REGISTRO EN EL VICEMINISTERIO DE SANIDAD AGROPECUARIA Y REGULACIONES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN (MAGA), GUATEMALA, C.A..... | 1      |
| 1.1 PRESENTACIÓN .....   | 3      |
| 1.2 MARCO REFERENCIAL .....  | 4      |
| 1.2.1 Ubicación geográfica y división política .....   | 4      |
| 1.2.2 Aspectos socioeconómicos .....   | 4      |
| 1.2.3 Área de vocación agrícola y forestal.....  | 4      |
| 1.2.4 Principales cultivos de exportación en Guatemala .....   | 5      |
| 1.3 OBJETIVOS.....   | 5      |
| 1.3.1 General.....   | 5      |
| 1.3.2 Específicos .....  | 5      |
| 1.4 METODOLOGÍA .....  | 5      |
| 1.4.1 Fuentes de información .....   | 6      |
| 1.4.2 Fase de gabinete.....  | 6      |
| 1.5 RESULTADOS .....   | 6      |
| 1.5.1 Empresas registradas en la unidad de normas y regulaciones para comercializar productos quelatados en Guatemala.....   | 6      |
| 1.5.2 Productos quelatados que se comercializan en Guatemala con registro vigente hasta el año 2018.....   | 8      |
| 1.5.3 Procedencia de los productos quelatados que se comercializan en Guatemala ....   | 11     |
| 1.5.4 Clasificación de los productos quelatados según el agente quelatante.....  | 11     |
| 1.5.5 Clasificación de los productos quelatados según al microelemento quelatado .....   | 13     |
| 1.6 CONCLUSIONES .....   | 14     |
| 1.7 RECOMENDACIONES.....   | 14     |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.8   | BIBLIOGRAFÍA .....  | 15 |
|       | CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A..... | 17 |
| 2.1   | PRESENTACIÓN .....  | 19 |
| 2.2   | MARCO CONCEPTUAL .....  | 20 |
| 2.2.1 | Marco teórico .....   | 20 |
| 2.2.2 | Marco referencial .....   | 27 |
| 2.3   | OBJETIVOS .....   | 31 |
| 2.3.1 | General .....   | 32 |
| 2.3.2 | Específicos.....  | 32 |
| 2.4   | HIPÓTESIS .....   | 32 |
| 2.4.1 | Hipótesis nula.....   | 32 |
| 2.4.2 | Hipótesis alternativa.....  | 32 |
| 2.5   | METODOLOGÍA.....  | 32 |
| 2.5.1 | Fase de campo I .....   | 33 |
| 2.5.2 | Fase de laboratorio .....   | 35 |
| 2.5.3 | Diseño experimental .....   | 36 |
| 2.5.4 | Unidad experimental .....   | 36 |
| 2.5.5 | Descripción de los tratamientos .....   | 36 |
| 2.5.6 | Variable de respuesta .....   | 39 |
| 2.5.7 | Manejo del experimento.....   | 39 |
| 2.5.8 | Análisis de la Información .....  | 42 |
| 2.6   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 43 |
| 2.6.1 | Análisis físico-químico de suelo con fines de fertilidad .....  | 43 |
| 2.6.2 | Análisis químico de los materiales orgánicos.....   | 43 |
| 2.6.3 | Rendimiento .....   | 44 |
| 2.6.4 | Análisis de varianza para la variable rendimiento de tubérculo .....  | 45 |
| 2.6.5 | Prueba de medias para la variable rendimiento de tubérculos .....   | 45 |
| 2.6.6 | Análisis económico .....  | 47 |

|   | Página |
|---|--------|
| 2.7 CONCLUSIONES .....  | 50     |
| 2.8 RECOMENDACIONES.....  | 50     |
| 2.9 BIBLIOGRAFÍA.....   | 51     |
| 2.10 ANEXO .....  | 54     |
| CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE<br>SUELO, PLANTA Y AGUA, “SALVADOR CASTILLO”, DE LA FACULTAD<br>DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA., GUATEMALA. C.A.....     | 57     |
| 3.1 PRESENTACIÓN .....  | 59     |
| 3.2 SERVICIO 1: APOYO EN LOS ANÁLISIS QUÍMICOS EN EL LABORATORIO<br>DE SUELO, PLANTA Y AGUA, “SALVADOR CASTILLO”, DE LA FACULTAD<br>DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA.....          | 60     |
| 3.2.1 Objetivos.....  | 60     |
| 3.2.2 Metodología.....  | 60     |
| 3.2.3 Resultados.....   | 70     |
| 3.2.4 Evaluación .....  | 74     |
| 3.2.5 Bibliografía.....   | 74     |
| 3.3 SERVICIO 2: CAPACITACIÓN A ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE<br>FORMACIÓN AGRÍCOLA (EFA) SOLOLÁ, EN TEMAS DE ANÁLISIS<br>FÍSICO- QUÍMICOS DE SUELO CON FINES DE FERTILIDAD ..... | 75     |
| 3.3.1 Objetivos.....  | 75     |
| 3.3.2 Metodología.....  | 75     |
| 3.3.3 Resultados.....   | 76     |
| 3.3.4 Evaluación .....  | 79     |
| 3.3.5 Bibliografía.....   | 79     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Procedencia de los fertilizantes comercializados en Guatemala con registro vigente hasta el año 2018. ....   | 11     |
| Figura 2. Clasificación de los productos quelatados según el agente quelatante. ....   | 12     |
| Figura 3. Clasificación de los productos quelatados según el microelemento quelatado .....   | 13     |
| Figura 4. Departamentos de mayor producción de papa a nivel nacional. ....   | 21     |
| Figura 5. Ubicación geográfica aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango. ....   | 28     |
| Figura 6. Series de suelos del municipio de Chiantla, Huehuetenango, Guatemala, según Simmons, Tárano y Pinto. ....  | 29     |
| Figura 7A. Incorporación de fuentes orgánicas, fertilización y siembra de papa en el área de estudio. ....   | 54     |
| Figura 8A. Aplicación del 50 % de nitrógeno a los 55 días después de la siembra. ....  | 54     |
| Figura 9A. Distribución espacial utilizada para evaluar el efecto de programas de fertilización en el rendimiento de cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L), en Chiantla, Huehuetenango. .... | 55     |
| Figura 10. Extractos de bases intercambiables. ....  | 70     |
| Figura 11. Proceso de destilación. ....  | 71     |
| Figura 12. Proceso de digestión. ....  | 72     |
| Figura 13. Proceso de titulación. ....   | 73     |
| Figura 14. Estudiantes capacitándose en temas de análisis de suelo. ....   | 77     |
| Figura 15. Capacitación en métodos de determinación de propiedades físicas y químicas de suelo. ....   | 79     |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1. Empresas que comercializan productos quelatados con registro en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA. ....  | 7      |
| Cuadro 2. Productos quelatados con registro vigente hasta el año 2018 en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). .... | 8      |
| Cuadro 3. Extracción de nutrientes por tonelada de papa. ....  | 25     |
| Cuadro 4. Composición química de fuentes orgánicas utilizadas en la agricultura. ....  | 26     |
| Cuadro 5. Métodos utilizados en laboratorio para la determinación de propiedades físicas y químicas e índices nutrimentales para una muestra de suelo con fines de fertilidad. ....                    | 35     |
| Cuadro 6. Métodos utilizados en laboratorio para la determinación de propiedades químicas en materiales orgánicos. ....  | 36     |
| Cuadro 7. Resumen de tratamientos y niveles de (N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, M.O.) evaluados. ....   | 39     |
| Cuadro 8. Programa fitosanitario utilizado para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de papa. ....  | 41     |
| Cuadro 9. Análisis químico de suelos del área de estudio de la aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango. ....   | 43     |
| Cuadro 10. Composición química de las fuentes orgánicas utilizadas en la investigación. ....   | 44     |
| Cuadro 11. Rendimiento de tubérculo por repetición y media de cada tratamiento evaluado. ....  | 44     |
| Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable rendimiento de tubérculo. ....  | 45     |
| Cuadro 13. Agrupación de medias de rendimientos de tubérculo kg/ha utilizando la prueba de Scott & Knott ( $\alpha = 0.05$ ). ....   | 46     |
| Cuadro 14. Análisis de relación beneficio/costo y rentabilidad de los tratamientos evaluados. ....   | 49     |
| Cuadro 15. Metodología para determinar la dilución a utilizar en fertilizantes. ....   | 70     |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 16. Capacidad de intercambio catiónico de las muestras provenientes de los municipios de San Pedro Sacatepéquez, Salamá y Tukurú, Alta Verapaz.....                           | 71 |
| Cuadro 17. Datos de Nitrógeno total de las muestras procedentes de los municipios de San Pedro Sacatepéquez, Champerico Retalhuleu, San Juan Sacatepéquez, Tukurú Alta Verapaz. .... | 73 |
| Cuadro 18. Métodos utilizados en laboratorio para la determinación de propiedades físicas y químicas de un análisis de suelo con fines de fertilidad. ....                           | 78 |

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELO, PLANTA Y AGUA, “SALVADOR CASTILLO”, DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA, C.A.

## RESUMEN

El presente documento es la integración de tres componentes del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía –EPS– y consta del diagnóstico, investigación y servicios los cuales se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Planta y Agua “Salvador Castillo” que pertenece a la Facultad de Agronomía y está ubicado en el edificio de Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER) a un costado del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA) en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), en el periodo de febrero a noviembre de 2018.

El objetivo del diagnóstico fue conocer la situación actual de los productos quelatados que se encuentran en el mercado nacional para el uso en la agricultura con registro vigente en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación hasta el año 2018.

Se identificaron 23 empresas registradas en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA, que están autorizadas para la comercialización de productos quelatados y 27 productos comerciales de los cuales 18 tienen una presentación sólida y nueve líquidos. Dentro de la composición de los productos quelatados que se comercializan en el territorio nacional se encuentran los agentes quelatantes siguientes: El Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), Ácido etilendiamino-di(o-hidroxifenil-acético) (EDDHA), Ácido Cítrico, Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos. Y entre los elementos quelatados están: Fe, Zn, Cu, Mn.

En la investigación se evaluó el efecto de ocho programas de fertilización sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala, C.A. la cual se realizó debido a los bajos

rendimientos obtenidos por los agricultores de la zona, de acuerdo a la Cooperativa Paquixeña para el año 2017 el rendimiento medio fue de 16.83 t/ha comparado con el rendimiento nacional (25 t/ha), por lo que representa pérdidas económicas de la población. Para las condiciones edafoclimáticas de la aldea Paquix. Se concluyó que el programa ( 275 kg N/ha, 98 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 50 kg K<sub>2</sub>O/ha + 6,184 kg/ha de gallinaza) fue el mejor con un rendimiento promedio de 28,314.57 kg/ha, siendo también económicamente el más rentable con una relación beneficio/costo de Q. 3.90 y una rentabilidad del 79.57 % comparado con el tratamiento convencional del área (106 kg N/ha, 47 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 47 kg K<sub>2</sub>O/ha + 6,184 kg/ha de gallinaza), con el que se obtuvo un rendimiento promedio de 16.98 t/ha y una relación beneficio/costo de Q. 2.65 con una rentabilidad de 72.63 %.

Los servicios realizados fueron: la realización del análisis químico (Capacidad de Intercambio Catiónico) de 59 muestras de suelo provenientes de San Pedro Sacatepéquez, Salamá, Baja Verapaz y Tukurú, Alta Verapaz. Además, se determinó el nitrógeno total de 24 muestras de tejido vegetal y 50 muestras de suelo de los cultivos rosa, mango y tomate, procedentes de los departamentos de Sacatepéquez, Retalhuleu, Tukurú, Alta Verapaz.

Y la capacitación a los estudiantes de la Escuela de Formación Agrícola de Sololá (EFA), sobre las metodologías y procedimientos que se emplean en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” para determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos con fines de fertilidad.



**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LOS QUELATOS Y PRODUCTOS QUELATADOS UTILIZADOS EN LA AGRICULTURA GUATEMALTECA, CON REGISTRO EN EL VICEMINISTERIO DE SANIDAD AGROPECUARIA Y REGULACIONES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN (MAGA), GUATEMALA, C.A.**



## 1.1 PRESENTACIÓN

En la agricultura se emplean diferentes insumos utilizados en el proceso productivo de los cultivos, entre estos se encuentran los quelatos los cuales se definen como sustancias orgánicas, sintéticas o naturales que se combinan con iones metálicos (manganeso, hierro, zinc, cobre) en el suelo, los cuales tienen como función neutralizar las cargas de los iones aumentando la disponibilidad de los mismo para las plantas, los cuales pueden ser aplicados vía edáfica o foliar.

El uso de los quelatos ha cobrado importancia en suelos donde la disponibilidad y solubilidad de los iones metálicos esenciales son afectadas por factores edáficos como el pH de los suelos.

El diagnóstico se realizó con el objeto de indagar la situación actual de los productos quelatados que se encuentran en el mercado nacional para el uso en la agricultura con registro vigente en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación hasta el año 2018.

Se identificaron 23 empresas registradas en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA, que están autorizadas para la comercialización de productos quelatados y 27 productos comerciales de los cuales 18 tienen una presentación sólida y 9 líquida.

Dentro de la composición de los productos quelatados que se comercializan en el territorio nacional se encuentran los agentes quelatantes siguientes: El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido etilendiamino-di(o-hidroxifenil-acético) (EDDHA), Ácido Cítrico, Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos. Y entre los elementos quelatados están: Fe, Zn, Cu, Mn.

## **1.2 MARCO REFERENCIAL**

### **1.2.1 Ubicación geográfica y división política**

La República de Guatemala se ubica en el istmo centroamericano, su extensión territorial es de 108,889 Km<sup>2</sup>, limita al norte y oeste con la República de México, al este con la República de Belice y el golfo de Honduras, al sureste con la República de Honduras y la República de El Salvador, al sur con el Océano Pacífico. Compreendida entre los paralelos 13° 44" y 17° 48" latitud Norte y entre los meridianos 88° 13" y 92° 14", al Oeste del meridiano de Greenwich. La división política administrativa esta integra por ocho regiones (I-Metropolitana, II-Norte, III-Nororiental, IV-Suroriental, V-Central, VI-Suroccidental, VII-Noroccidental, VIII-Petén) 22 departamentos los cuales se dividen en 340 municipios (FAO 2015).

### **1.2.2 Aspectos socioeconómicos**

Según proyecciones realizadas por el INE (2020) se estima que Guatemala cuenta con una población de 16, 346,950 habitantes para el año 2018. El 43 % representa a la población económicamente activa. Producto Interno Bruto (PIB) 50, 545 millones \$/año, con una contribución del PIB agrícola del 11 % (FAO, 2015). De acuerdo al Banco de Guatemala para el año 2019 los principales cultivos agrícolas de exportación que generaron el mayor ingreso de divisas para el país fueron: Banano con US\$843.6 millones (7.5 %); Azúcar con US\$ 695.1 millones (6.20 %); Café con US\$ 662.40 millones (5.90 %); así como Cardamomo con US\$ 648.1 millones (5.80 %). Estos productos representaron el 37.90 % del total exportado.

### **1.2.3 Área de vocación agrícola y forestal**

De acuerdo a la FAO (2015) Guatemala cuenta con una superficie total de 108,889 km<sup>2</sup> alrededor de 10,888, 900 ha, de las cuales el 41 % corresponde a la superficie agrícola

(praderas y pastos permanentes + superficie cultivada) y el 59 % al área con vocación forestal.

#### **1.2.4 Principales cultivos de exportación en Guatemala**

Se estima de acuerdo al INE (2015) una superficie cultivada de banano de 251,328 ha, caña de azúcar 414,000 ha, café 390 ha y cardamomo 55,000 ha.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General**

Conocer la situación actual de los productos quelatados utilizados en la agricultura guatemalteca con registro vigente hasta el año 2018.

#### **1.3.2 Específicos**

1. Determinar las empresas y productos que cuentan con registro vigente hasta el año 2018 en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para la comercialización de quelatos.
2. Determinar la procedencia de los productos quelatados.
3. Clasificar los productos quelatados según el componente quelatante y microelemento quelatado.

### **1.4 METODOLOGÍA**

La metodología empleada para realizar el diagnóstico fue la siguiente:

### **1.4.1 Fuentes de información**

La información utilizada para la elaboración del presente diagnóstico fue proporcionada por la oficina de información al público del Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones (UNR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

### **1.4.2 Fase de gabinete**

De la información recabada de la base de datos proporcionada por la oficina de información al público del Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones (UNR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), se realizó un análisis de las empresas que cuentan con registro de fertilizantes, enmiendas y sustancias afines a fertilizantes o a enmiendas, ante el MAGA, se hizo la depuración del listado y se creó un consolidado con el número de empresas registradas para comercializar productos quelatados con registro vigente hasta el año 2018.

## **1.5 RESULTADOS**

A continuación se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico realizado sobre la situación actual de los productos quelatados utilizados en la agricultura guatemalteca con registro vigente hasta el año 2018.

### **1.5.1 Empresas registradas en la unidad de normas y regulaciones para comercializar productos quelatados en Guatemala**

El cuadro 1, presenta las empresas que cuentan con registro vigente hasta el año 2018 extendido por el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA, para comercializar productos quelatados en Guatemala.

Cuadro 1. Empresas que comercializan productos quelatados con registro en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA.

| No. | Empresa   | No. Registro        |
|-----|---|---------------------|
| 1   | Agropecuaria Popayán, S.A.                            | E-07-74-2018        |
| 2   | Asistencias Agrícolas, S. A.                          | 983-SAF-188-29      |
| 3   | Ayco Farms Guatemala, S. A.                           | 938-SAF-185-21-1    |
| 4   | Cortazar, S. A.                                       | _938-F-4711-21-1    |
| 5   | Chiquita Guatemala, S.A.                              | _875-F-2502-29-1    |
| 6   | Disagro de Guatemala, S.A.                            | E-01-650-2016       |
| 7   | FPC Group, S.A.                                       | E-01-1170-2016      |
| 8   | Fertica Guatemala, S.A.                               | 630-F-4510-57       |
| 9   | GTM Guatemala Comercio de Productos Químicos, S.A.    | 595-F-4714-94       |
| 10  | Green Core, S.A.                                      | 1192-F-4504-28      |
| 11  | High Q International, S. A.                           | 938-SAF-185-21-2    |
| 12  | Inversiones Comerciales e Industriales, S.A. (Incisa) | E-07-296-2016       |
| 13  | Induparts, S. A.                                      | _786-F-919-57-6     |
| 14  | La Corneta, S. A.                                     | _1192-F-4568-28-1   |
| 15  | La Libelula, S.A                                      | 1224-SAF-173-26     |
| 16  | Labiagro, S.A.  | _1079-F-4538-28-1   |
| 17  | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro)  | _45-F-3102-29-6     |
| 18  | Operaciones del Campo, S.A.                           | E-01-1103-2016      |
| 19  | Servicios para el Agro (Serviagro)                    | 789-SAF-199-104     |
| 20  | Semillas del Campo, S.A.                              | E-01-792-2016       |
| 21  | Técnica Universal, S. A.                              | 138-F-4237-57-1     |
| 22  | Vista Volcanes, S. A.                                 | 983-SAF-188-29-1    |
| 23  | Zacapaex. S. A.                                       | _938-SAF-185-21-1-1 |

De acuerdo a la Unidad de Normas y Regulaciones (URN) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), existen 23 empresas con registro vigente hasta el año 2018 para la comercialización de productos quelatados.

### 1.5.2 Productos quelatados que se comercializan en Guatemala con registro vigente hasta el año 2018

El cuadro 2, presenta los productos quelatados comercializados en Guatemala con registro vigente hasta el año 2018.

Cuadro 2. Productos quelatados con registro vigente hasta el año 2018 en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

| No. | Empresa                    | Nombre Comercial       | Componente  | [ ] Componente %                       |
|-----|----------------------------|------------------------|---|--|
| 1   | Cortazar, S. A.            | Fitocort Fe EDDHA      | Fe, S, EDDHA  | 6.00+ 3.44+ 81.70                      |
| 2   | Cortazar, S. A.            | Humicort Básico        | Ácido Húmico, Acido Fúlvicos, K <sub>2</sub> O  | 61.50+ 3.50+ 10.10                     |
| 3   | Cortazar, S. A.            | Potassium Humate 92.92 | Ácido Húmico, Acido Fúlvicos, K <sub>2</sub> O  | 69.70+ 12.32+ 10.90                    |
| 4   | Disagro de Guatemala, S.A. | Reclaim                | Sustrato de Enzimas, Surfactante de Oxido de Dimetil-Siloxano Polialqui, Cu Quelado, Polímeros de Lignina | 10.00+ 27.25+ 0.01+ 25.00              |
| 5   | Disagro de Guatemala, S.A. | Renew                  | Complejo de Enzimas, Fructofuramosil, Zn Quelado, Fe Quelado, Cu Quelado                                  | 96.58+ 2.00+ 1.00+ 0.35+ 0.07          |
| 6   | Disagro de Guatemala, S.A. | Quelato de Zinc        | Zn Quelado  | 15.00                                  |
| 7   | Fertica Guatemala, S.A.    | Farmagib NZn           | Giberelinas, Agentes Quelantes, N, K <sub>2</sub> O, Zn, Ácidos Fúlvicos                                  | 0.20+ 10.00+ 23.00+ 12.00+ 10.00+ 1.50 |

|    |  |                              |  |   |
|----|--|------------------------------|--|---|
| 8  | Fertica<br>Guatemala,<br>S.A.                                  | Farmakin<br>Calcio           | N, CaO, Ácidos<br>Fúlvicos, Citoquininas,<br>Agentes Quelantes   | 6.00+ 9.00+ 5.50+<br>0.03+ 3.60   |
| 9  | Fertica<br>Guatemala,<br>S.A.                                  | Fruti-K                      | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, S, B, Zn,<br>Agentes Quelantes,<br>Ácidos Fúlvicos  | 10.00+ 5.00+ 30.00+<br>2.40+ 1.00+ 5.00+<br>1.00+ 0.50  |
| 10 | Indupart, S. A.  | Humitron 60<br>SG            | K <sub>2</sub> O, Acido Húmico   | 12.45+ 60.00  |
| 11 | Green Core,<br>S.A.  | Fertafof<br>Blackpot         | N, K <sub>2</sub> O, Acido Húmico,<br>Acido Fúlvicos   | 3.00+ 52.00+ 5.00+<br>7.00  |
| 12 | Green Core,<br>S.A.  | Dura-P                       | MgO, Fe, Mn, Zn,<br>Acido Húmico, Acido<br>Fúlvicos  | 8.14+ 2.50+ 0.50+<br>0.21+ 3.00+ 3.00   |
| 13 | Green Core,<br>S.A.  | Efisoil Humus                | K <sub>2</sub> O, Ácidos Húmicos,<br>Ácidos Fúlvicos   | 15.12+ 56.88+ 0.00  |
| 14 | FPC Group,<br>S.A.   | Biota Kalium                 | K <sub>2</sub> O, EDTA,<br>Aminoácidos, Extracto<br>de Algas Marinas,<br>Cloruro   | 14.75+ 1.18+ 2.36+<br>2.95+ 12.86   |
| 15 | FPC Group,<br>S.A.   | Biota NPK                    | N, Materia Orgánica,<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Ácidos<br>Fúlvicos   | 3.54+ 35.40+ 3.54+<br>3.54+ 19.23   |
| 16 | Inversiones<br>Comerciales e<br>Industriales,<br>S.A. (Incisa) | Fortex                       | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, B, Cu,<br>Fe (EDTA), Mn<br>(EDTA), Mo, Zn<br>(EDTA), Acido Húmico,<br>Giberelinas,<br>Citoquininas, Tiamina,<br>Nicotinamida,<br>Riboflavina, Colina,<br>Acido Pantoténico,<br>Ácido Fólico | 7.00+ 7.00+ 7.00+<br>0.00+ 0.00+ 0.05+<br>0.02+ 0.00+ 0.00+<br>3.76+ 0.00+ 0.20+<br>0.01+ 0.00+ 0.01+<br>0.08+ 0.01+ 0.00 |
| 17 | Labiagro, S.A.   | Nutri-Aktiv<br>Potasil Humus | SiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, Ácidos<br>Húmicos, Ácidos<br>Fúlvicos   | 12.40+ 31.00+ 4.00+<br>6.50   |
| 18 | La Corneta, S.<br>A.   | Dura-P                       | MgO, Fe, Mn, Zn,<br>Ácidos Húmicos,<br>Ácidos Fúlvicos   | 8.14+ 2.50+ 0.50+<br>0.21+ 3.00+ 3.00   |

|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 19 | La Corneta, S. A.                                    | Humifertak 54                                | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, S, Fe, Mn, Zn, Ácidos Húmicos  | 5.20+ 8.00+ 15.00+<br>2.00+ 3.18+ 1.00+<br>0.10+ 0.02+ 1.50   |
| 20 | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro) | Osmocote Plus 15-9-12                        | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, S, Fe (Quelado EDTA), Mn, Cu, Zn, B, Mo                                      | 15.00+ 9.00+ 12.00+<br>1.30+ 6.00+ 0.46+<br>0.06+ 0.05+ 0.05+<br>0.02+ 0.02                           |
| 21 | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro) | Novacid 13-40-13+ME                          | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, S, Fe (Quelado EDTA), Mn (Quelado EDTA), Zn (Quelado EDTA), Cu (Quelado EDTA), Mo | 13.00+ 40.00+ 13.00+<br>0.60+ 0.04+ 0.02+<br>0.01+ 0.00+ 0.00   |
| 22 | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro) | Novacid 20-20-20+ME                          | K <sub>2</sub> O, S, Fe (Quelado EDTA), Mn (Quelado EDTA), Zn (Quelado EDTA), Cu (Quelado EDTA), Mo, N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 20.00+ 1.40+ 0.04+<br>0.02+ 0.01+ 0.00+<br>0.00+ 20.00+ 20.00   |
| 23 | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro) | Peters Professional 20-20-20 General Purpose | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, B, Cu (EDTA), Fe (EDTA), Mn (EDTA), Mo, Zn (EDTA)                            | 20.00+ 20.00+ 20.00+<br>0.08+ 0.01+ 0.01+<br>0.05+ 0.03+ 0.01+<br>0.03                                |
| 24 | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro) | Peters Professional 20-10-20 General Purpose | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, B, Cu (EDTA), Fe (EDTA), Mn (EDTA), Mo, Zn (EDTA)                            | 20.00+ 10.00+ 20.00+<br>0.25+ 0.01+ 0.01+<br>0.05+ 0.03+ 0.01+<br>0.03                                |
| 25 | Novedades e Innovadora Agroquimicos, S.A. (Noviagro) | Peters Professional 9-45-15 Plant Starter    | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, B, Cu (EDTA), Fe (EDTA), Mn, Mo, Zn  | 9.00+ 45.00+ 15.00+<br>0.06+ 0.01+ 0.00+<br>0.05+ 0.03+ 0.00+<br>0.00                                 |
| 26 | La Libelula, S.A                                     | Organosato                                   | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , CaO, MgO, B, S, Ácidos Húmicos, Ácidos Fúlvicos   | 5.14+ 0.01+ 0.16+<br>0.01+ 0.01+ 0.00+<br>1.50+ 1.00  |
| 27 | Técnica Universal, S. A.                             | Humifert                                     | N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Ácidos Húmicos, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, B, Acido Giberélico, Tiamina       | 12.00+ 6.00+ 6.00+<br>3.60+ 0.15+ 0.03+<br>0.03+ 0.01+ 0.08+<br>0.04+ 0.04+ 0.00+<br>0.00+ 0.00+ 0.00 |

En Guatemala se comercializan 27 productos quelatados con registro vigente hasta el año 2018, en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA.

### 1.5.3 Procedencia de los productos quelatados que se comercializan en Guatemala

La figura 1, detalla la procedencia de los productos quelatados comercializados en Guatemala con registro vigente hasta el año 2018.

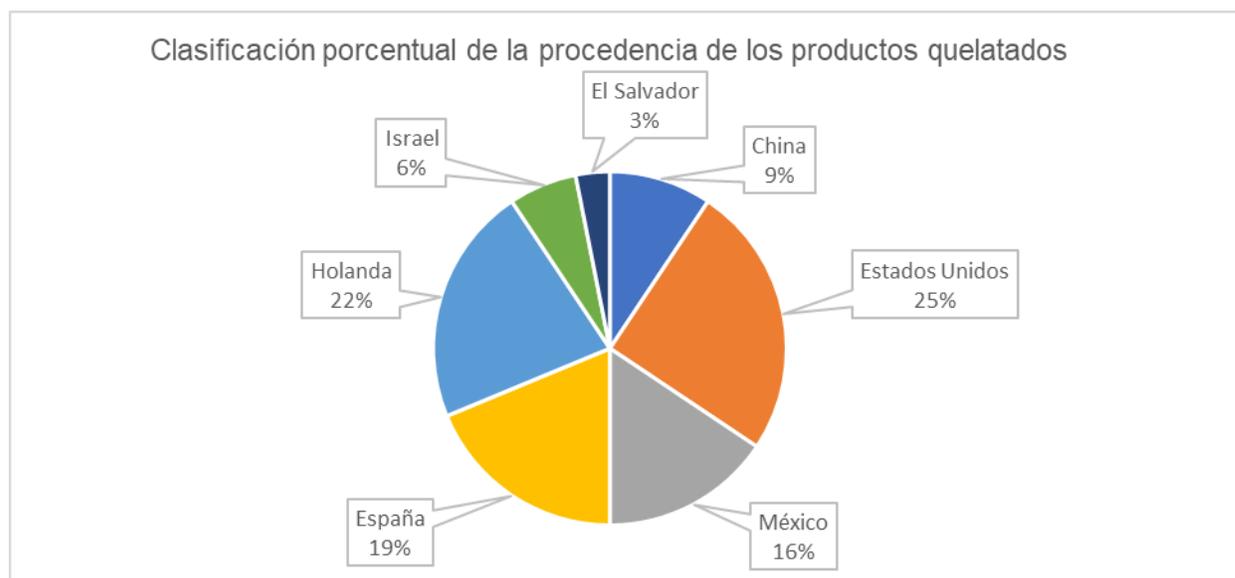


Figura 1. Procedencia de los fertilizantes comercializados en Guatemala con registro vigente hasta el año 2018.

De los 27 productos quelatados con registro vigente hasta el año 2018 en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del MAGA y que son comercializados en el territorio nacional el 25 % se importa de Estados Unidos de Norte América, 22 % Holanda, 19 % España, 16 % México, 9 % China, 6 % Israel, 3 % El Salvador.

### 1.5.4 Clasificación de los productos quelatados según el agente quelatante

En la figura 2, se detalla la clasificación de los productos quelatados acorde al agente quelatante.

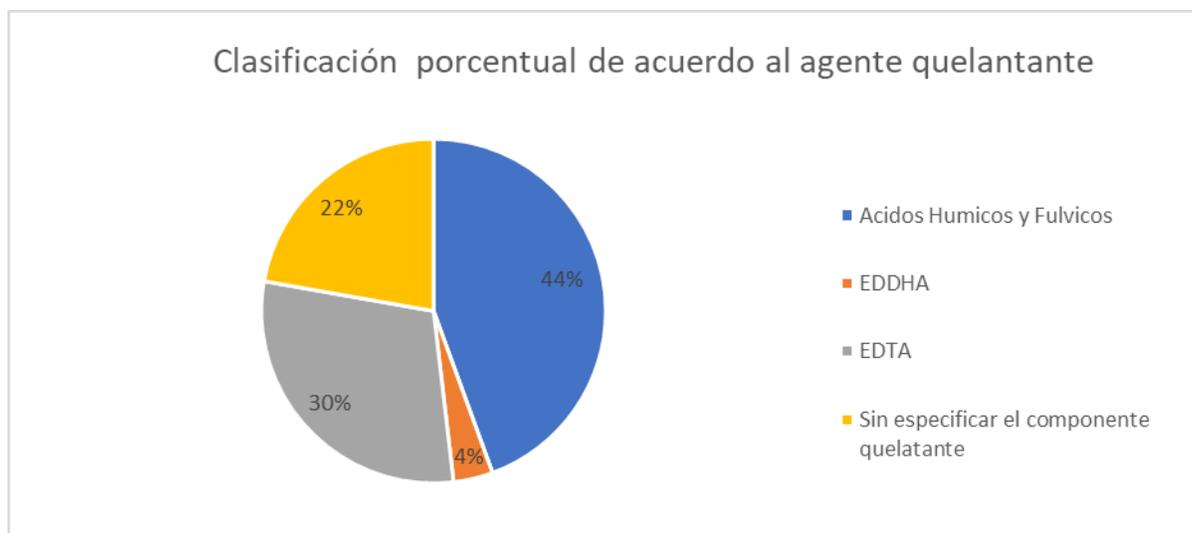


Figura 2. Clasificación de los productos quelatados según el agente quelatante.

Como se indica en el cuadro 2, el 44 % de los productos quelatados están compuestos por ácidos húmicos y fúlvicos, el 30 % por EDTA, el 22 % sin especificar el agente quelatante y el 4 % compuesto por EDDHA. Derivado a estos resultados se puede decir que el 64 % de los productos quelatados que se importan y se comercializan en Guatemala están compuestos por agentes quelatantes como ácidos húmicos y fúlvicos y EDTA, posiblemente se importen en mayor porcentaje productos quelatados que contengan estos agentes quelatantes debido a que su compatibilidad y estabilidad con microelementos como (Cu, Zn, Mn) está asociada a suelos con condiciones acidas, esto se fundamenta en lo argumentado por Chen & Barak (1982) quienes indican que agentes quelatantes (ácidos fúlvicos, EDTA, DTPA, HEEDTA) son estables en suelos de condiciones acidas con elementos como (Cu, Zn, Mn) y pierden su efectividad en suelos de reacción básica.

El 4 % de los productos quelatados con EDDHA generalmente están asociados con el Fe y es utilizado en suelos de condiciones básicas en donde los suelos son derivados de material parental caliza.

### 1.5.5 Clasificación de los productos quelatados según al microelemento quelatado

En la figura 3, se presenta la clasificación de los productos quelatados según el microelemento quelatado.

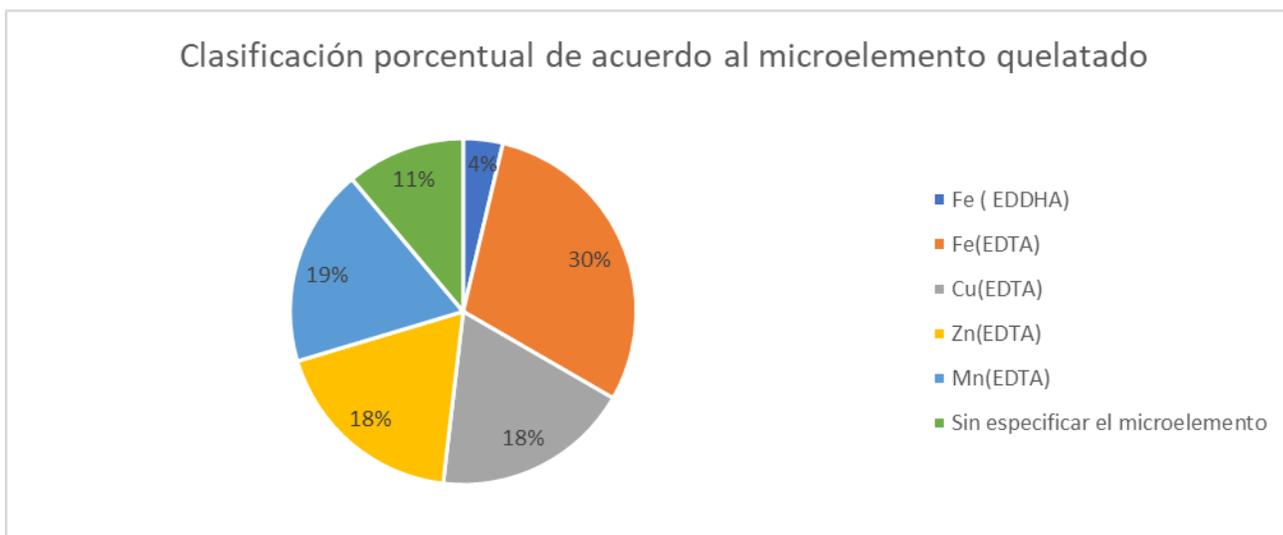


Figura 3. Clasificación de los productos quelatados según el microelemento quelatado

De acuerdo a la figura 3, se observa que el 30 % corresponde a Fe quelatado con EDTA, el 19 % a Mn con EDTA, el 18 % a Cu y Zn con EDTA, el 11 % sin especificar el microelemento y el 4 % a Fe con EDDHA. De los 27 productos quelatados, el Fe es el elemento que más se comercializa como producto quelatado con un 34 %, asociado a agentes quelatantes (EDTA y EDDHA).

## 1.6 CONCLUSIONES

1. El número de empresas con registro vigente hasta el año 2018 en el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para la comercialización de quelatos era de 23 y se comercializaban un total de 27 productos quelatados.
2. Los principales países que importan productos quelatados son 7, siendo estos: Estados Unidos de Norte América 25 %, Holanda 22 %, España 19 %, México 16 %, China 9 %, Israel 6 %, El Salvador 3 %.
3. Según el componente quelatante, el 44 % de los productos quelatados están compuestos por ácidos húmicos y fúlvicos, el 30 % está compuesto por EDTA, el 22 % sin especificar el agente quelatante y el 4 % de EDDHA.
4. Según el microelemento quelatado, el 30 % corresponde a Fe quelatado con EDTA, el 4 % a Fe con EDDHA, el 19 % a Mn con EDTA, el 18 % a Cu y Zn con EDTA, el 11 % sin especificar el microelemento.

## 1.7 RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones de eficiencia de los productos quelatados comercializados en el país, especialmente los aplicados vía edáfica.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Banco de Guatemala Guatemala (BANGUAT). (2019). Nota al comercio exterior. Guatemala (en línea). Disponible en [https://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/ceie/CG/2019/nota\\_comercio\\_mensual.htm&e=143802#:~:text=Los%20productos%20m%C3%A1s%20importantes%20seg%C3%BAn,US%24648.1%20millones%20\(5.8%25\)](https://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/ceie/CG/2019/nota_comercio_mensual.htm&e=143802#:~:text=Los%20productos%20m%C3%A1s%20importantes%20seg%C3%BAn,US%24648.1%20millones%20(5.8%25).).
2. FAO-(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Perfil de país-Guatemala (en línea). Roma, Italia. Disponible en HYPERLINK "<http://www.fao.org/3/ca0418es/CA0418ES.pdf>" <http://www.fao.org/3/ca0418es/CA0418ES.pdf>
3. INE-(Instituto Nacional de Estadística). (2020). Memoria de labores 2019 (en línea). Guatemala. Disponible en HYPERLINK "<https://www.ine.gob.gt/ine/wp-content/uploads/2020/04/Memoria-2019.pdf>" <https://www.ine.gob.gt/ine/wp-content/uploads/2020/04/Memoria-2019.pdf>
4. MAGA-(Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). (2010). Reglamento para el registro de fertilizantes, enmiendas y sustancias afines y sustancias afines a fertilizantes o enmiendas, ante el ministerio de agricultura, ganadería y alimentación. Guatemala (en línea). Disponible en HYPERLINK "<http://sistemas.maga.gob.gt/normativas/Normativas?page=3&categoriaId=21>" <http://sistemas.maga.gob.gt/normativas/Normativas?page=3&categoriaId=21>
5. \_\_\_\_\_. (2016). Consolidado de registro de fertilizantes (Hoja Excel).
6. Pérez E. (1997). Todo sobre los quelatos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia (en línea). Disponible en HYPERLINK "[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_4/mod\\_virtuales/modulo2/6.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo2/6.pdf)" [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_4/mod\\_virtuales/modulo2/6.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo2/6.pdf)
7. Chen Y, Barak P. (1982). Iron Nutrition of Plants in Calcareous Soils (en línea). Disponible en HYPERLINK "<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308603260>" <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308603260>
8. INE-(Instituto Nacional de Estadística). (2015). Encuesta Nacional Agropecuaria. Guatemala (en línea). Disponible en: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2016/10/04/PqrbKvoTCXA0f3A1TR7rlwL7R545pAZ4.pdf>



The seal of the Academia Coactemalenensis is circular, featuring a central figure of a saint in a red and white robe, a golden crown, and a halo. The figure is surrounded by various heraldic symbols: a golden castle, a golden lion rampant, and a golden cross. The background is light blue. The seal is set against a white background.

**CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.**



## 2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), juega un rol importante en la actividad productiva del sector agrícola del país, genera alrededor de 3, 585,120 jornales equivalente a 13,278 empleos permanentes Arango (2018), para el año 2020 Guatemala percibió de las exportaciones de esta hortaliza US\$. 14,754,596.00 BANGUAT (2020), aportando 4.68 % en el PIB agrícola. Contribuye como fuente de alimento para los pobladores de la región, se estima que el consumo cápita es de 33.19 kg/año y esta hortaliza aporta carbohidratos, vitaminas (niacina, tiamina, riboflavina, vitamina c) y minerales (hierro, calcio, fósforo, potasio), indispensables en la dieta alimenticia del ser humano (Arango 2018).

La problemática identificada en la aldea Paquix fueron los bajos rendimientos obtenidos por los agricultores de la zona, según La Cooperativa Paquixeña para el año 2017 reportaron un rendimiento promedio de 16.83 t/ha comparado con el rendimiento promedio nacional de 25 t/ha, esto represento perdidas económicas y conllevó a buscar alternativas viables que contribuyeran con la mejora de los rendimientos. Por lo que en la presente investigación se evaluó el efecto de ocho programas de fertilización sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala, C.A.

De los resultados obtenidos estadísticamente el programa compuesto por 275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 50 kgK<sub>2</sub>O/ha + 6,184 kg/ha de gallinaza fue el que represento el mejor rendimiento 28,314.57 kg/ha, siendo también económicamente el más rentable con una relación beneficio/costo de Q. 3.90 y una rentabilidad del 79.57 % comparado con el tratamiento que convencionalmente utilizan los agricultores 106 kgN/ha, 47 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 47 kgK<sub>2</sub>O/ha + 6,184 kg/ha de gallinaza, en donde obtienen un rendimiento promedio de 16.98 t/ha y una relación beneficio/costo de Q. 2.65 con una rentabilidad de 72.63 %.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Marco teórico**

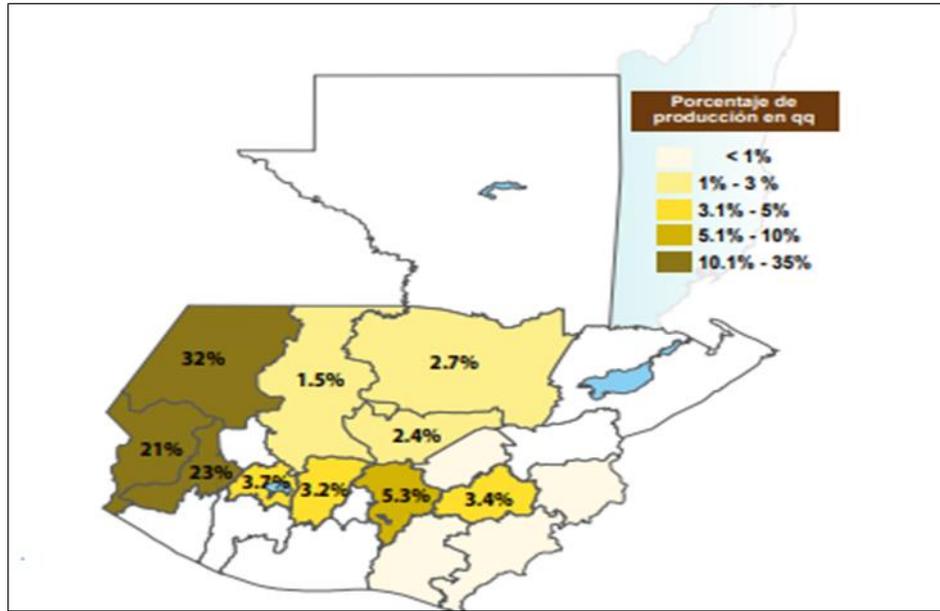
#### **A. Importancia económica y social del cultivo de papa en Guatemala**

Según Arango (2018) la producción nacional del cultivo de papa en Guatemala generó alrededor de 3, 585,120 jornales equivalente a 13,278 empleos permanentes, haciendo un aporte al PIB nacional 0.55 % y al PIB agrícola un 4.68 %. De la producción total 507,389 t, el 88 % se consume en Guatemala y el 12 % se exporta a El Salvador. El BANGUAT (2020) reportó US\$. 14, 754,596.00 producto de la exportación de papa para el año 2020.

El cultivo presenta una ventaja de productividad con respecto a otros cultivos que se siembran en el área rural. Chávez y Ramírez (2013) al comparar los ingresos (Q. 3 960.00/ha) obtenidos de la producción de cultivos tradicionales (maíz, trigo), con rendimientos de 3 t/ha y los obtenidos de la producción de papa (Q. 23 349.00 /ha), con rendimientos de 20 t/ha concluyeron la importancia de impulsar el cultivo de la papa en sustitución de los granos básicos.

#### **B. Producción nacional y superficie cultivada**

El MAGA (2016) reporto para el año 2016 que el área cultivada en Guatemala fue de 21,000 ha, alcanzando un rendimiento promedio de 25 t/ha. La figura 4, presenta la distribución de la superficie cultivada a nivel nacional. Donde el 88.4 % de la superficie cultivada se encuentra distribuida en seis departamentos, siendo los mayores productores: Huehuetenango 32 %, Quetzaltenango 23 %, San Marcos 21 %, Guatemala 5.30 %, Sololá 3.70 %, Jalapa 3.40 %.



Fuente: MAGA 2016.

Figura 4. Departamentos de mayor producción de papa a nivel nacional.

### C. Consumo y contenido nutricional de la papa

Arango (2018) reportó el consumo per cápita por regiones: región metropolitana 20.75 kg/año, región central 16.6 kg/año, región norte 12.45 kg/año, costa atlántica 18.67 kg/año, oriente 12.45 kg/año, costa pacífico 16.6 kg/año, altiplano 33.19 kg/año. Según FAO (2010) este vegetal es considerado fuente importante de energía por el aporte de carbohidratos, vitaminas (niacina, tiamina, riboflavina, vitamina c) y minerales (hierro, calcio, fósforo, potasio), indispensables en la dieta alimenticia del ser humano; 100 g de tubérculo aportan 95 calorías, 21.6 g carbohidratos, 1.9 g de proteína y 0.1 g grasa.

### D. Descripción botánica de la papa

Es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanácea. Herbácea, anual y perenne, su hábito de crecimiento puede ser arrosetado, rastrero y erecto de tallos angulares verdes o rojo púrpúreo, hojas pinnadas compuestas, flores pentámeras de varios colores, presenta un sistema radical fibroso el cual puede llegar a penetrar hasta 0.8 m de profundidad.

Los frutos tienen forma oval o redonda de (1 cm a 3 cm o más de diámetro), de color verde a amarillento o castaño rojizo, la formación de tubérculos se da en el extremo de los tallos secundarios subterráneos denominados estolones (Franco Rivera 2002).

### **E. Requerimientos edáficos y climáticos de la papa**

Según el Chavez Arroyo (2013) el cultivo requiere temperaturas que oscilen entre los 15 °C a 18 °C para su crecimiento y formación de tubérculos, demanda una precipitación anual de 800 mm a 1,800 mm y se desarrolla en alturas comprendidas entre 1,600 m s.n.m. a 3,600 m s.n.m.

Mansilla y García (2013) reportan que suelos con texturas, franco-arenosos, franco-limosos, franco-arcillosos, profundidad efectiva mayor a los 50 cm, densidad aparente 1.20 g/cm<sup>3</sup>, contenido de materia orgánica mayor 3.50 %, pH 5.5-6 y una conductividad eléctrica menor a 4 dS/m, son idóneos para el cultivo de papa.

### **F. Plagas y enfermedades**

Castro y Contreras (2011) indican que el cultivo de papa es sensible a plagas como: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), polilla de la papa (*Tecia solanivora*), mosca minador (*Liriomyza huidobrensis*), nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*), nematodo nodulador agallador (*Melodogyne* spp), nematodo lesionador (*Pratylenchus* spp).

El MAGA (2015) reportó que las enfermedades con mayor incidencia son: tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*), roña común (*Streptomyces scabies*), marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), virus del Mop top de la papa (PMTV).

## **G. Variedades recomendadas para Guatemala**

### **a. Loman**

Plantas con alturas de 20 cm a 60 cm, hojas y tallos color verde oscuro, regularmente no florea, se considera susceptible al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), alcanza su madurez fisiológica entre los 80 días a 120 días después de haber realizado la siembra, presenta tubérculos de forma oblonga alargada, con pulpa y epidermis de color crema, presenta 18.80 % de sólidos y 13.20 % de almidón, se adapta a elevaciones que van desde los 1,700 m s.n.m. a 3,500 m s.n.m., el rendimiento es de 20 t/ha a 30 t/ha (De León, Chávez y Matsumoto 2002).

### **b. Tollocan**

Plantas con tallos rectos, hojas de color verde, altura de 70 cm a 95 cm, su ciclo vegetativo oscila entre 110 días a 115 días después de la siembra, se adapta a altitudes que van desde los 1,700 m s.n.m. a 2,390 m s.n.m., su floración es de color blanca y se alcanza a los 55 días a 60 días después de la emergencia de la planta, el tubérculo presenta forma oblonga a redonda, y contiene 18.20 % de sólidos totales y 12.60 % de almidón, se considera tolerante al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y su rendimiento es de 25 t/ha a 35 t/ha (De León, Chávez y Matsumoto 2002).

### **c. Xalapan**

Presenta flores de color morado, con altura de 75 cm a 95 cm, su ciclo vegetativo se alcanza de 100 días a 140 días después de la siembra, se considera tolerante al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y a las heladas severas, su rendimiento es de 25 t/ha a 40 t/ha (De León, Chávez y Matsumoto 2002).

### **d. ICTAFrit**

Plantas con alturas de 80 cm a 90 cm, florea a los 70 días a 130 días después de la siembra, se adapta a altitudes que van desde los 2,390 m s.n.m. a 3,500 m s.n.m., se

caracteriza por presentar ojos en las yemas de color púrpura, contiene 17.30 % de sólidos totales y 11.60 % de almidón, es tolerante al tizón tardío y su rendimiento es de 40 t/ha (De León, Chávez y Matsumoto 2002).

## **H. Función de los nutrientes en el desarrollo de la plantas**

Marschner's (2012) hace mención que elementos como el nitrógeno, fosforo, potasio son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, principalmente porque estos elementos minerales están ligados a funciones específicas en el metabolismo de las mismas, siendo estas:

### **a. Nitrógeno**

Promueve la organogénesis y el control del crecimiento del follaje, participa activamente en procesos metabólicos como la fotosíntesis, la respiración y síntesis de proteínas, debido a que es un componente fundamental de las moléculas orgánicas tales como: aminoácidos (proteínas estructurales, enzimas), ácidos nucleicos, clorofila, citocromos, coenzimas, hormonas y compuestos nitrogenados (ureidos, amidas, alcaloides) (Marschner's 2012).

### **b. Fósforo**

Fomenta el desarrollo del sistema radical, participa en la formación de brotes y frutos, forma parte de moléculas transportadoras de alta energía (ATP, NAD, NADP), participa en la glicólisis, en la respiración, en la síntesis de ácidos grasos y nucleoproteínas en los tejidos meristemáticos (Marschner's 2012).

### **c. Potasio**

Es indispensable en la elaboración y movilización de azúcares y almidones, mantiene la turgencia de las plantas, estimula el llenado de los frutos, actúa como activador de enzimas de la síntesis proteica y del metabolismo de carbohidratos y está involucrado directamente en el transporte de azúcares vía floema (Marschner's 2012).

## I. Extracción de nutrientes del cultivo de papa

Diversos autores reportan la extracción de nutrientes para el cultivo de papa, la cual se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Extracción de nutrientes por tonelada de papa.

| Autores                 | kg/ha |                               |                  |         |         |         |
|-------------------------|-------|-------------------------------|------------------|---------|---------|---------|
|                         | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca      | S       | Mg      |
| ICTA (2002)             | 4-6   | 1.6-2.5                       | 7.2-9.0          | 0.6-0.8 | 0.6-0.8 | 0.6-0.8 |
| Flores et al. (2009)    | 7.92  | 0.9                           | 11.3             | --      | --      | --      |
| Cabalceta et al. (2005) | 3     | 0.42                          | 4.6              | 0.11    | --      | 0.27    |

Fuente: Franco Rivera 2002, Flores et al. 2009, Cabalceta, Saldias y Alvarado 2005.

## J. Función de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica contribuye con efectos benéficos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo: forma agregados que dan estabilidad a la estructura del suelo, influye en la porosidad, aireación e infiltración y retención del agua; disminuye el escurrimiento superficial, evita la erosión del suelo, aporta nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, químicamente cementa las partículas del suelo a través de unidades estructurales, forma complejos estables con Cu<sup>++</sup>, Mn<sup>++</sup>, Zn<sup>++</sup>, y otros cationes divalentes.

Actúa como acción Buffer, mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC), por los complejos coloidales (ácidos húmicos y fúlvicos) que contiene, biológicamente actúa como fuente de alimento para los microorganismos presentes en el suelo, lo cual ayuda significativamente en el proceso de mineralización que es el proceso donde se producen nutrientes como; CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (Santos y Velasco 2016).

## K. Fuentes orgánicas utilizadas como abonos

Los abonos orgánicos son importantes en la sostenibilidad del recurso suelo bajo las condiciones en que se practica la agricultura tradicional por lo que al incorporarlos aumenta el contenido de materia orgánica, lo cual influye positivamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Santos y Velasco (2016) indican que pueden utilizarse materiales como: turba, estiércoles, abonos verdes, residuos de cosecha (previamente tratados), residuos orgánicos industriales, desechos orgánicos urbanos, compost, vermicompost, bocashi, como fuente de abonos orgánicos en el suelo. El cuadro 4 detalla la composición química para algunas de las fuentes orgánicas utilizadas en la agricultura.

Cuadro 4. Composición química de fuentes orgánicas utilizadas en la agricultura.

| Determinación | Vacuno  | Gallinaza | Porcino | Caprino | Lombricompost |
|---------------|---------|-----------|---------|---------|---------------|
| pH            | 7.5-8.6 | 7-7.8     | 6.8-7.5 | 7.3-7.8 | 7.2           |
| M.O. (%)      | 25-30   | 25-35     | ---     | ----    | 40            |
| NT (%)        | 1-3     | 2.5-5     | 3-5     | 3-4.5   | 2.5           |
| P (%)         | 0.2-1   | 1.0-3.5   | 0.5-1   | 0.4-0.8 | 0.8           |
| K (%)         | 1-4     | 1.5-4     | 1-2     | 2-3     | 1.9           |
| Ca (%)        | 1.5-5   | 2.7-8.8   | ----    | ----    | 8             |
| Mg (%)        | 0.4-1.2 | 0.5-1.5   | 0.08    | 0.2     | 1.5           |
| Na (%)        | 0.3-3   | 0.3-2     | 0.05    | 0.05    | ----          |
| Zn (mg/kg)    | 130.5   | 516       | ----    | ----    | 600           |
| Mn(mg/kg)     | 264     | 474       | ----    | ----    | 450           |
| Fe (mg/kg)    | 6354.1  | 4902      | ----    | ----    | 3800          |
| SS (%)        | 3.2-9.1 | 4.2-8.3   | 1-2     | 1-2     | ----          |
| R C/N         | 13-19   | 8-14      | ----    | ----    | ----          |

\*M.O.: Materia orgánica, \*NT: Nitrógeno total, \*P: Fosforo,\*K: Potasio,\*Ca: Calcio,\*Mg: Magnesio,\*Na: Sodio,\*Zn: Zinc,\*Mn: Manganeseo,\*Fe: Hierro,\*SS: Sales Solubles,\*R.C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

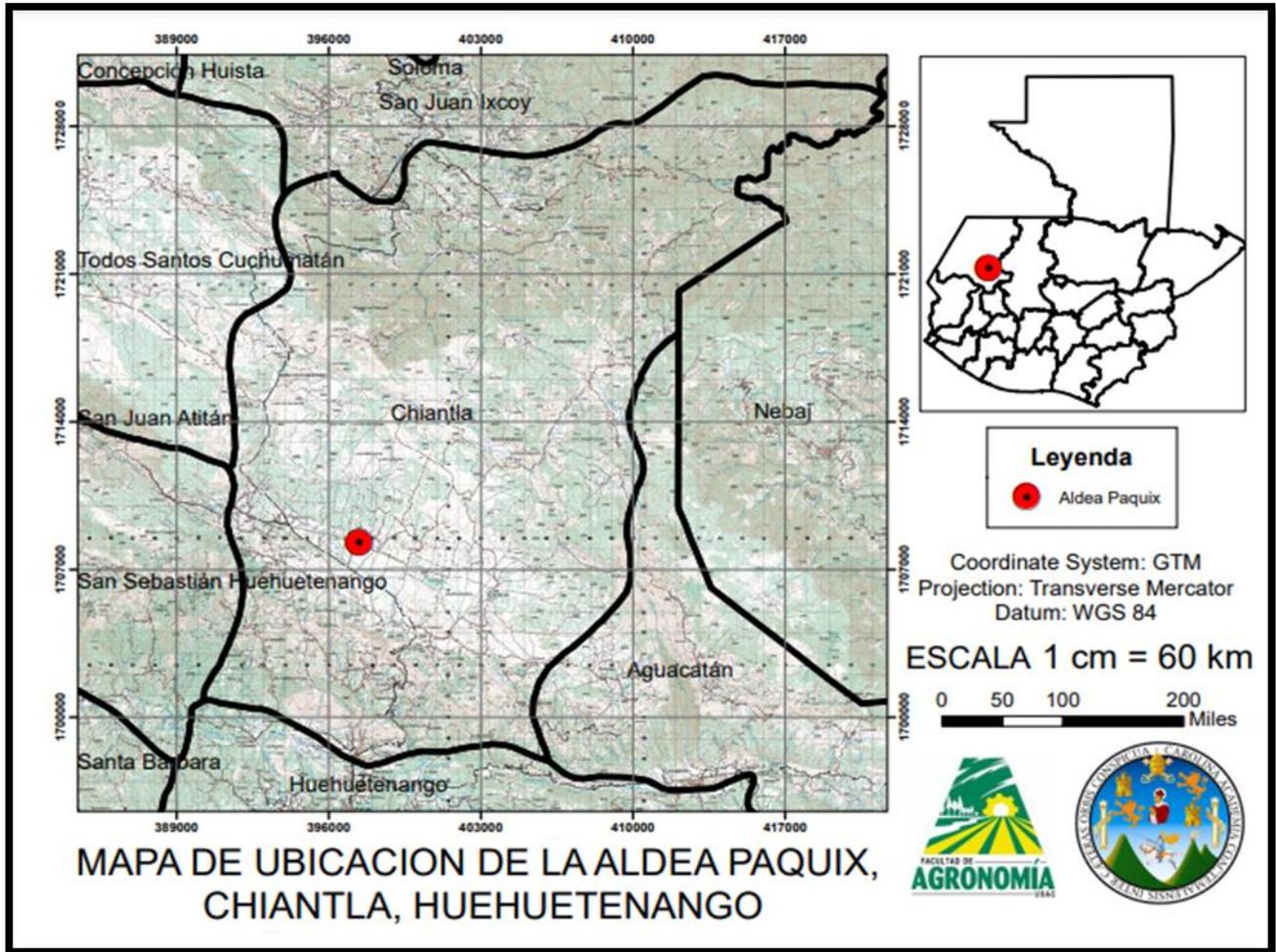
Fuente: Santos y Velasco 2016.

El cuadro 4 detalla la composición química de las fuentes orgánicas utilizadas como abonos orgánicos, de los cuales podemos mencionar que presentan pH que fluctúa de (6.8-8.6), catalogados como ligeramente ácidos a ligeramente básicos, con contenidos de M.O. (25 % a 40 %), y contenido de nitrógeno (1 % a 5 %), fósforo (0.2 0% a 3.50 %), potasio (1 % a 4 %), Calcio (1.50 % a 8.80 %), magnesio (0.20 % a 1.50 %), zinc (130.50 mg/kg a 600 mg/kg), manganeso (264 mg/kg a 450 mg/kg), hierro (3,800 mg/kg a 6,354 mg/kg). Estas propiedades y valores son indicadores de la importancia de la materia orgánica en el suelo desde el punto de vista nutrimental y como un complemento de la fertilización química (Santos y Velasco 2016).

### **2.2.2 Marco referencial**

#### **A. Ubicación geográfica**

La aldea Paquix pertenece al municipio de Chiantla y se localiza a 18 km del municipio y a 26 km del departamento de Huehuetenango. Dista de la ciudad capital a 286 km por la carretera CA-1, se encuentra localizada a una latitud 15° 20' 26" Norte y una longitud de 91° 27' 28" Oeste. La extensión territorial del municipio de Chiantla comprende alrededor de 536 km<sup>2</sup>. Colinda al norte con Concepción Huista, al sur-este con Todos Santos Cuchumatán, al sur- oeste con San Pedro Necta y al oeste con San Antonio Huista (Segeplan, 2010). La figura 5 presenta la ubicación geográfica del área donde se desarrolló la investigación.



Fuente: elaboración propia, 2021.

Figura 5. Ubicación geográfica aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango.

## B. Condiciones edafo-climaticas

El municipio presenta un clima templado a frío, las temperaturas oscilan 4 °C mínima, 20 °C máxima y una media anual de 12 °C, con alturas entre 1,900 m s.n.m. a 3,800 m s.n.m.; comprende dos épocas bien definidas. La lluviosa inicia en mayo y finaliza en septiembre u octubre y la seca de noviembre y se extiende hasta abril (Segeplan, 2010).

Según Simmons, Tárano y Pinto (1983), los suelos de Chiantla corresponden a suelos de la Altiplanicie Central, suelos de los Cerros de Caliza, los cuales son poco profundos a gran altitud (Segeplan, 2010).

### C. Serie de suelos

De acuerdo a Simmons, Tárano y Pinto (1983), las series de suelos (Figura 6), que se presentan en el municipio de Chiantla son: Chixoy (50 %), Calanté (30 %), Cunén (5 %) Acasaguastlán (3 %), Quiché (3 %), Chixocol (3 %), Sacapulas (fase erosionada) (2 %), Salamá (fase quebrada) (2 %) y Toquiá (1 %) (Segeplan 2010).



Fuente: Segeplan 2010.

Figura 6. Series de suelos del municipio de Chiantla, Huehuetenango, Guatemala, según Simmons, Tárano y Pinto.

Tobías y Lira (2000) indican que las series de suelos citadas por Simmons, Tárano y Pinto (Acasaguastlán, Calanté, Chixocol, Chixoy, Cunén, Quiché, Sacapulas (fase erosionada), Salamá (fase quebrada) y Toquiá, son equivalentes a los subórdenes (Orthents, Rendolls-Udepts, Aqueuts-Orthents), cuyas características son: suelos de profundidad variable, la mayoría son poco o muy poco profundos, generalmente están ubicados en áreas de fuerte pendiente.

Existen también en áreas de pendiente moderada a suave en donde se han originado a partir de deposiciones o coluviamientos gruesos y recientes; mollisoles con un horizonte superior entre 10 cm y 50 cm de profundidad, alto contenido de materia orgánica, desarrollados sobre caliza suave; suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de su perfil y, por consiguiente, de los horizontes genéticos.

#### **D. Zonas de vida**

Pérez Irungaray et al. 2018, basados en la clasificación de Holdridge indican que las zonas de vida predominantes en la región son:

##### **a. Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)**

Se encuentra a una altitud promedio de 2,150 m s.n.m., con su punto más bajo en 1,047 m s.n.m. y el más alto en 3,207 m s.n.m. En el territorio ocupado por este ecosistema se reportan precipitaciones pluviales anuales que van de 901 mm a 2,000 mm, con un valor promedio de 1,360 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran entre los 10 °C a 18 °C, con un valor promedio para toda la zona de 15.48 °C.

##### **b. Bosque seco premontano tropical (bs-PMT)**

Se encuentra a altitudes promedio de 929 m s.n.m. con su punto más bajo en 315 m s.n.m. y el más alto en 1,868 m s.n.m. Se registra una precipitación pluvial anual comprendida entre los 624 mm y 1,200 mm, alcanzando un valor promedio de 1,133 mm. Se reportan valores de temperatura promedio anual mínima y máxima se encuentran comprendidas entre los 18.30 °C a 24 °C, siendo el valor promedio para todo el ecosistema de 22.56 °C.

Esta zona de vida se caracteriza por presentar una relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación pluvial con valor de 1.40 % lo que significa que de cada milímetro de lluvia que allí ocurre se evapotranspiran 1.17 mm, haciendo que en toda la zona se presente un significativo déficit de agua.

## **E. Antecedentes de investigación en la fertilización de la papa**

García (2017) evaluó 4 programas de fertilización en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Loman, las dosis aplicadas estuvieron en un rango de 156 kgN/ha a 780 kg N/ha, 38.65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha a 193.25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 38.55 kg K<sub>2</sub>O/ha a 192.75 kg K<sub>2</sub>O/ha respectivamente, los resultados obtenidos indican que el mejor rendimiento lo obtuvo al aplicar 780 kg N/ha, 193.25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 192.75 kg K<sub>2</sub>O/ha, 1,440 kg/ha de gallinaza, con un rendimiento promedio de 43,469.31 kg/ha.

Coro (2015) implemento 6 tecnologías de fertilización química, en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola y reportó que al aportar 210 kg N/ha; 247.50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; 255 kg K<sub>2</sub>O/ha; 67.50 kg CaO/ha; 45.0 kg Mg/ha; 67.50 kg S/ha; 1.70 kg Zn/ha; 2.20 kg B/ha obtuvo el mayor rendimiento promedio de 36,670 kg/ha.

Peñaloza et al (2019) evaluó 3 niveles (2 t/ha, 3 t/ha, 4 t/ha) de gallinaza en 4 cultivares de papa (Fianna, Ágata, Rosita, Lucero), reporto que al aplicar 4 t/ha de gallinaza las variedades Ágata y Rosita presentaron los mejores rendimientos promedios de 24,380 kg/ha.

Romero Lima et al (2000), evaluó diferentes niveles de fertilización inorgánica en asocio con diferentes niveles y fuentes orgánicas, para ello reporto que al aplicar 165 kg N/ha, 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 300 kg K<sub>2</sub>O/ha y 6,000 kg/ha de gallinaza obtuvo un rendimiento promedio de 43,000kg/ha, siendo este el más alto de los tratamientos evaluados.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 General**

Generar información relacionada con la fertilización al suelo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), en aldea Paquix, municipio de Chiantla, Huehuetenango.

### **2.3.2 Específicos**

1. Evaluar ocho programas de fertilización sobre el rendimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en aldea Paquix, municipio de Chiantla, Huehuetenango.
2. Realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad de los programas de fertilización evaluados.

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 Hipótesis nula**

1. No existe diferencia significativa en el rendimiento de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), causado por el efecto de los ocho programas de fertilización con un nivel de significancia del 5 %.

### **2.4.2 Hipótesis alternativa**

1. Al menos uno de los ocho programas de fertilización evaluados presentara diferencia significativa en el rendimiento de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), con un nivel de significancia del 5 %.

## **2.5 METODOLOGÍA**

Para realizar esta investigación se integraron las fases siguientes; la primera fase de campo I, considero el muestreo de suelo con fines de fertilidad, muestreo de las fuentes orgánicas, el materia biológico (papa variedad Tollocan), la segunda fase fue desarrollada en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo”, de la Facultad de Agronomía y consistió en la caracterización físico química de la muestra de suelo y caracterización química de las fuentes orgánicas (gallinaza, lombricompost).

Se establecieron los programas de fertilización, el diseño experimental, la variable a medir y el análisis de la información, la tercera fase fue la ejecución de la investigación en campo, toma de datos para la variable rendimiento de tubérculos, el procesamiento y análisis estadístico y económico de los programas de fertilización propuestos. Cada una de estas fases se detalla a continuación.

### **2.5.1 Fase de campo I**

#### **A. Toma de muestra de suelo con fines de fertilidad**

Se realizó un reconocimiento en las áreas agrícolas de la aldea Paquix para definir el lugar donde se realizaría la investigación. Definido el lugar se procedió a obtener una muestra representativa de suelos conformada por 20 sub muestras obtenidas a través de un muestreo aleatorio a una profundidad de 0 m a 0.20 m, las cuales fueron colocadas en una bolsa de nylon para luego ser homogeneizada y obtener una muestra compuesta 2 kg.

##### **a. Fuentes orgánicas evaluadas**

Se evaluaron dos materiales orgánicos, los cuales se describen a continuación:

##### **i. Gallinaza**

El material utilizado en la evaluación fue de una fuente comercial (ferticonza), utilizada por los agricultores de la región, la cual se comercializa deshidratada y tamizada.

## ii. Lombricompost

En el caso del lombricompost la materia prima utilizada fue la excreta de oveja combinada con rastrojo de avena producida en la comunidad. La muestra obtenida fue secada al aire y tamizada a 5 mm.

Para ambas fuentes se recolectó una muestra de 2 kg para su previo análisis en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” para determinar la composición de cada una de las mismas.

## b. Fuentes inorgánicas

Para llenar el requerimiento nutrimental del cultivo de papa, fueron utilizadas las fuentes inorgánicas comercializadas en la región siendo estas: mezclas físicas (20-20-0), (15-15-15), urea al (38.5-0-0).

## B. Material biológico

Se utilizó semilla de papa de variedad Tollocan. Según ICTA (2002) la variedad Tollocan presenta las características siguientes: plantas con tallos rectos, hojas de color verde, altura de 70 cm a 95 cm, su ciclo vegetativo oscila entre 110 días a 115 días después de la siembra, se adapta a altitudes que van desde los 1,700 m s.n.m. 2,390 m s.n.m, su floración es de color blanca y se alcanza a los 55 días a 60 días después de la emergencia de la planta, el tubérculo presenta forma oblonga a redonda, y contiene 18.20 % de sólidos totales y 12.60 % de almidón, se considera tolerante al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y su rendimiento es de 25 t/ha a 35 t/ha.

## 2.5.2 Fase de laboratorio

### A. Análisis físico – químico de suelos, con fines de fertilidad

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El cuadro 5 detalla los métodos utilizados para las determinaciones de las propiedades físicas y químicas para una muestra de suelo con fines de fertilidad.

Cuadro 5. Métodos utilizados en laboratorio para la determinación de propiedades físicas y químicas e índices nutrimentales para una muestra de suelo con fines de fertilidad.

| Propiedades físicas y químicas   | Método                         |
|--|--------------------------------|
| pH   | Potenciómetro                  |
| Textura  | Hidrómetro de Boyoucos         |
| M.O  | Walkley y Black modificado     |
| Bases Intercambiables(Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup> ) | Acetato de amonio pH IN        |
| CIC  | Cloruro de Sodio               |
| P, Cu, Zn, Fe, Mn  | Extracción Mehlich I           |
| P  | Determinación por Colorimetría |

Fuente: Laboratorio de Suelo, Agua y Planta, “Salvador Castillo”, USAC 2018.

### B. Análisis químico de materiales orgánicos

Se desarrolló en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El cuadro 6 detalla los métodos utilizados para la determinación de las propiedades químicas de los materiales orgánicos.

Cuadro 6. Métodos utilizados en laboratorio para la determinación de propiedades químicas en materiales orgánicos.

| Propiedades químicas         | Método                              |
|------------------------------|-------------------------------------|
| pH                           | Potenciómetro                       |
| M.O.                         | Walkley y Black modificado          |
| C.e.                         | Conductivímetro                     |
| P ,K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn | Combustión seca (absorción atómica) |
| P                            | Determinación, Colorimetría         |
| Nitrógeno Total              | Semi Micro-Kjeldahl                 |

Fuente: Laboratorio de Suelo, Agua y Planta, "Salvador Castillo", USAC 2018.

### 2.5.3 Diseño experimental

Para la evaluación del efecto de los programas de fertilización en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar, con 8 tratamientos y 3 repeticiones.

### 2.5.4 Unidad experimental

Las dimensiones de la unidad experimental fueron 5 m de ancho x 7 m de longitud dando un total de 35 m<sup>2</sup> constituyendo la parcela bruta, se trazaron 5 surcos con un distanciamiento de 1 m entre surcos y los tubérculos se sembraron a 30 cm de distancia. La distribución de las unidades experimentales se detallan en la figura 6A.

### 2.5.5 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron ocho tratamientos de los cuales cinco estuvieron conformados por la combinación de fuentes orgánicas e inorgánicas y dos con fuentes inorgánicas.

### **A. Testigo absoluto (T1)**

Es el tratamiento de referencia, en el cual no se realizó la aplicación de fuentes orgánicas e inorgánicas.

### **B. Testigo relativo + gallinaza (T2)**

Tratamiento en el cual se aplicó 106 kgN/ha, 47 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 47 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de gallinaza, este tratamiento corresponde a lo que convencionalmente usan los productores de papa en la región.

### **C. Fuentes inorgánicas nivel 1.0 + gallinaza (T3)**

Se incorporaron 275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de gallinaza y este tratamiento se determinó tomando como base el aporte nutricional del suelo el cual se determinó a través del análisis químico de suelos, el rendimiento esperado y la eficiencia de los nutrientes aplicados más el aporte de nutrientes de la fuente orgánica utilizada (gallinaza), para ello se estableció la siguiente ecuación.

$$DF = \frac{A - B}{EF}$$

Donde:

DF= dosis del fertilizante a aplicar.

A= demanda del rendimiento esperado (35 t/ha).

B= aporte nutricional del suelo.

EF= eficiencia de los fertilizantes.

### **D. Fuentes inorgánicas nivel 1.0 + lombricompost (T4)**

Se aplicaron 275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de lombricompost, se determinó considerando las mismas especificaciones descritas en el (T3), variando únicamente la fuente orgánica (lombricompost).

**E. Fuentes inorgánicas nivel 1.5 (T5)**

Se incorporaron 413 kgN/ha, 147 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 75 kgK<sub>2</sub>O/ha, para este tratamiento se incrementó un 50 % de las fuentes inorgánicas aplicadas en el (T3), las cuales fueron definidas tomando en consideración el aporte nutricional del suelo, el rendimiento esperado y la eficiencia de los nutrientes aplicados. No se aplicó fuentes orgánicas.

**F. Fuentes inorgánicas nivel 1.5 + gallinaza (T6)**

Se aplicaron 413 kgN/ha, 147 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 75 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de gallinaza, se definió con las mismas especificaciones del tratamiento (T5), incluyendo la fuente orgánica (gallinaza).

**G. Fuentes inorgánicas nivel 1.5+ lombricompost (T7)**

Se aplicaron 413 kgN/ha, 147 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 75 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de lombricompost se determinó bajo las misma condiciones que el tratamiento (T5), incluyendo lombricompost, a base de estiércol de oveja.

**H. Fuentes inorgánicas nivel 2.0 (T8)**

Se aplicó 550 kgN/ha, 196 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 100 kgK<sub>2</sub>O/ha, considero el aporte nutricional del suelo, la eficiencia del fertilizante, el requerimiento de la planta en base al rendimiento esperado, y se agregó un 100 % más de la dosis a aplicar para compensar las pérdidas de los fertilizantes, no se aplicó fuente orgánica. El cuadro 7 presenta el resumen de los niveles de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, M.O. evaluados.

Cuadro 7. Resumen de tratamientos y niveles de (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, M.O.) evaluados.

| Tratamientos | Niveles evaluados (kg/ha) |                               |                  | Fuente | Aporte teórico de las fuentes orgánicas (kg/ha) |                               |                  |
|--------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|--------|---|-------------------------------|------------------|
|              | N                         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |        | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| T1           | 0                         | 0                             | 0                |        | 0   | 0                             | 0                |
| T2           | 106                       | 47                            | 47               | G      | 95.0  | 53                            | 96.0             |
| T3           | 275                       | 98                            | 50               | G      | 95.0  | 53                            | 96.0             |
| T4           | 275                       | 98                            | 50               | L      | 93.0  | 31.5                          | 154.6            |
| T5           | 413                       | 147                           | 75               |        | 0   | 0                             | 0                |
| T6           | 413                       | 147                           | 75               | G      | 94.6  | 52.5                          | 96.0             |
| T7           | 413                       | 147                           | 75               | L      | 93.3  | 31.5                          | 154.6            |
| T8           | 550                       | 196                           | 100              |        | 0   | 0                             | 0                |

\*6,184 kg/ha en base seca, \*G: gallinaza,\* L: lombricompost

Fuente: elaboración propia, 2018.

### 2.5.6 Variable de respuesta

La variable evaluada se describe en el párrafo siguiente, se consideraron los kilogramos de tubérculos de papa por hectárea.

#### A. Rendimiento

Esta variable se determinó tomando el peso total de tubérculos de cada parcela neta de cada repetición por tratamiento con una báscula comercial y se hizo la proyección del rendimiento en kg/ha.

### 2.5.7 Manejo del experimento

En este apartado se describe cada uno de los pasos realizados para el desarrollo de la investigación.

## **A. Preparación del suelo**

La preparación del suelo en el área de estudio consistió en: la eliminación de malezas, restos de cosecha, y un barbechado del suelo a una profundidad de 35 cm manualmente, con aperos de labranza utilizados en la región (azadón, piocha); seguidamente se trazaron y se hicieron los surcos a un distanciamiento de 1 m.

## **B. Siembra**

Previamente a la siembra se incorporaron las fuentes orgánicas e inorgánicas en el fondo del surco a una profundidad de 20 cm, posteriormente se cubrió con una capa de suelo de 5 cm y se colocó el tubérculo a un distanciamiento de 30 cm (figura 7A).

## **C. Fertilización**

La fertilización se fraccionó en dos épocas, la primera se realizó el día de la siembra en donde se aplicó el 50 % de N, 100 % de  $P_2O_5$  y 100 % de  $K_2O$ , designado para cada uno de los tratamientos. Esta actividad se presenta en la figura 8A.

El 50 % de la dosis de nitrógeno fue complementada 55 días después de la siembra de forma localizada.

## **D. Manejo fitosanitario**

El control de plagas y enfermedades se realizó, aplicando los productos químicos que se detallan en el cuadro 8, con un intervalo de 7 a 10 días.

Cuadro 8. Programa fitosanitario utilizado para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de papa.

| <b>Nombre comercial</b>  | <b>Ingrediente activo</b>  | <b>Dosis x Bomba<br/>(g)</b> | <b>Enfermedades que<br/>controla</b>                            |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------|---|
| Amistar 50 WP            | Azoxystrobin               | 10                           | <i>Alternaria solani</i>  |
| Mancozeb 80 % WP         | Mancozeb                   | 10                           | <i>Alternaria solani</i>  |
| Clorpirifos              | Clorpirifos                | 50                           | <i>Phyllophaga</i> spp y<br>plagas de follaje                   |
| Ridomil Gold MZ 68<br>WP | Mancozeb,<br>Metalaxilo    | 100 cm <sup>3</sup>          | <i>Phytophthora<br/>infestans</i>                               |
| Consento® 45 SC          | Propamocarb,<br>Fenamidone | 50 cm <sup>3</sup>           | <i>Alternaria solani</i> ,<br><i>Phytophthora<br/>infestans</i> |

Fuente: Cooperativa Paquixeña 2018.

### **E. Defoliación**

Esta actividad se realizó en el momento que el cultivo alcanzo su madurez fisiológica a los 139 días después de la siembra y consistió en cortar la parte aérea de las plantas con ayuda de machete.

### **F. Cosecha**

Se efectuó de forma manual a los 161 días después de la siembra y se procedió con la selección de los 3 surcos del medio de cada unidad experimental para evitar el efecto del borde del experimento, con ayuda de instrumentos de labranza (azadón, piocha), se removió el suelo para extraer el producto comercial (tubérculos).

### 2.5.8 Análisis de la Información

La variable de respuesta planteada en la presente investigación fue sometida a un análisis estadístico de varianza y un análisis económico de relación B/C.

#### A. Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza a la variable de respuesta (rendimiento de tubérculos) para establecer la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, al encontrarse diferencias significativas se realizó la prueba estadística de medias de Scott & Knott al 5 % de significancia.

El modelo matemático utilizado fue:

#### Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta de la ij-esima unidad experimental.

$\mu$  = efecto de la media general.

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = error experimental asociado a la unidad experimental.

#### B. Análisis económico

Se realizó un análisis de relación beneficio/costo (B/C) y la rentabilidad para cada uno de los tratamientos.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

### 2.6.1 Análisis físico-químico de suelo con fines de fertilidad

El cuadro 9, presenta la composición química e índices nutrimentales de la muestra de suelo proveniente del área de estudio.

Cuadro 9. Análisis químico de suelos del área de estudio de la aldea Paquix, Chiantla, Huehuetenango.

| Idet. | pH    | Ppm   |     |     |       |       |         |       | Meq / 100g |     |       |       |           | %     |     |
|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|---------|-------|------------|-----|-------|-------|-----------|-------|-----|
|       |       | P     | Cu  | Zn  | Fe    | Mn    | B       | S     | CIC        | Ca  | Mg    | Na    | K         | SB    | M.O |
| R.A.  | 6-6.5 | 12-16 | 2-4 | 4-6 | 10-15 | 10-15 | 0.5-0.8 | 20-30 | 20-25      | 4-8 | 1.5-2 | ----- | 0.27-0.38 | 75-90 | 4-5 |
| M-1   | 5.2   | 26.0  | 1.0 | 5.5 | 8.5   | 46.5  | 1.3     | 3.15  | 36.0       | 6.0 | 1.5   | 0.34  | 0.97      | 25.0  | 9.5 |

Los resultados obtenidos en el análisis químico de suelos indican que el valor de pH, en suelo del área de estudio es de reacción fuertemente ácida (5.2), con un alto contenido de materia orgánica (9.50 %), además, la mayoría de los índices nutrimentales analizados se encuentran arriba de los rangos de suficiencia a excepción del cobre (1 ppm), hierro (8.5 ppm) y azufre (3.15 ppm).

### 2.6.2 Análisis químico de los materiales orgánicos

La composición química de las fuentes orgánicas utilizadas (lombricompost y gallinaza) reportadas por el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua "Salvador Castillo", presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Composición química de las fuentes orgánicas utilizadas en la investigación.

| Identificación | pH  | μ.s/cm<br>C.E. | %    |      |      |      | ppm |     |     |     |       | %     |      | C/N    |
|----------------|-----|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|--------|
|                |     |                | P    | K    | Ca   | Mg   | Cu  | Zn  | Fe  | Mn  | Na    | C.O.  | NT   |        |
| Gallinaza      | 8.5 | 30.95          | 0.85 | 1.56 | 9.38 | 0.47 | 25  | 225 | 290 | 310 | 5,695 | 9.56  | 1.53 | 6.02:1 |
| Lombricompost  | 8.7 | 18.3           | 0.51 | 2.5  | 2.13 | 0.46 | 15  | 145 | 530 | 695 | 800   | 16.43 | 1.51 | 10.9:1 |

Los resultados indican que los índices nutrimentales (P, Ca, Zn) de la gallinaza son superiores con respecto al lombricompost y el (K, Mn y C.O.) en el lombricompost. Los valores de pH (8.50 a 8.70) y nitrógeno total (1.53, 1.51) son similares.

### 2.6.3 Rendimiento

El cuadro 11, presenta los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos y repeticiones con su respectiva media evaluadas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Tollocan.

Cuadro 11. Rendimiento de tubérculo por repetición y media de cada tratamiento evaluado.

| Tratamientos | Descripción de los Tratamientos | Repetición |          |          |          |
|--------------|---------------------------------|------------|----------|----------|----------|
|              |                                 | I          | II       | III      | □        |
| T1           | Testigo absoluto                | 1428.57    | 1228.48  | 1167.09  | 1274.71  |
| T2           | Testigo relativo + gallinaza    | 16650.64   | 17859.74 | 16458.97 | 16989.78 |
| T3           | FIN 1.0 +gallinaza              | 28272.72   | 27510.82 | 29160.17 | 28314.57 |
| T4           | FIN 1.0 +lombricompost          | 18792.2    | 18480.51 | 18042.2  | 18438.30 |
| T5           | FIN 1.5                         | 14523.8    | 15047.62 | 14285.71 | 14619.04 |
| T6           | FIN 1.5 + gallinaza             | 19853.89   | 19383.11 | 18233.76 | 19156.92 |
| T7           | FIN 1.5 +lombricompost          | 17369.2    | 19767.15 | 18568.17 | 18568.17 |
| T8           | FIN 2.0                         | 12467.53   | 11915.58 | 13058.44 | 12480.52 |

\*FIN: fuente inorgánica nivel

De acuerdo a las medias de cada uno de los tratamientos evaluados, el rendimiento promedio más alto fue (2,8314.57 kg/ha) y corresponde al T3 y el rendimiento promedio más bajo (1,274.71 kg/ha) se obtuvo con el testigo absoluto, lo que evidencia una clara respuesta a la aplicación de fuentes orgánicas e inorgánicas en los suelos del área de estudio.

#### 2.6.4 Análisis de varianza para la variable rendimiento de tubérculo

Para evaluar si los tratamientos presentaron diferencias significativas sobre el rendimiento de tubérculos, se realizó un análisis de varianza el cual se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable rendimiento de tubérculo.

| <b>FV</b>   | <b>SC</b>     | <b>GL</b> | <b>CM</b>    | <b>F</b> | <b>valor de p</b> |
|-------------|---------------|-----------|--------------|----------|-------------------|
| Tratamiento | 1244063303.24 | 7         | 177723329.03 | 283.08   | 0.0001**          |
| Error       | 8789615.95    | 14        | 627829.71    |          |                   |
| Total       | 1252908134.72 | 23        |              |          |                   |

\*FV: Fuente de variación, \*SC: Sumatoria de cuadrados, \*GL: Grados de libertad, \*CM: Cuadrados medios, \*F: Valor de \*F: Coeficiente de variación: 4.95 %.

Según el análisis de varianza, existe diferencia significativa al 5 % en el efecto de los tratamientos evaluados sobre el rendimiento de tubérculo del cultivo de papa, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias empleando el criterio de Scott & Knott.

#### 2.6.5 Prueba de medias para la variable rendimiento de tubérculos

El cuadro 13, presenta los resultados obtenidos de la prueba de medias.

Cuadro 13. Agrupación de medias de rendimientos de tubérculo kg/ha utilizando la prueba de Scott & Knott ( $\alpha = 0.05$ ).

| Tratamientos | Descripción de los tratamientos | Medias   | N | E.E.   | Grupo Scott & Knott |
|--------------|---------------------------------|----------|---|--------|---------------------|
| T3           | FIN 1.0 + G                     | 28314.57 | 3 | 428.39 | A                   |
| T6           | FIN 1.5 + G                     | 19156.92 | 3 | 428.39 | B                   |
| T7           | FIN 1.5 +L                      | 18568.17 | 3 | 428.39 | B                   |
| T4           | FIN 1.0 +L                      | 18438.3  | 3 | 428.39 | B                   |
| T2           | Testigo relativo+ G             | 16989.78 | 3 | 428.39 | B                   |
| T5           | FIN 1.5                         | 14619.04 | 3 | 428.39 | C                   |
| T8           | FIN 2.0                         | 12480.52 | 3 | 428.39 | D                   |
| T1           | Testigo absoluto                | 1274.71  | 3 | 428.39 | E                   |

\*FIN: Fuente inorgánica nivel, \*G: Gallinaza, \*L: Lombricompost, \*Trat: Tratamientos, \*Des de los Trat: Descripción de los tratamientos.

Los resultados de la prueba de medias indican que el mayor rendimiento (28,314.57 kg/ha) se obtuvo con el T3 (275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de gallinaza), seguido de los tratamientos T6, T7, T4, T2 estadísticamente iguales con un rendimiento promedio (18,721.13 kg/ha).

El tercero y cuarto grupo corresponde a los tratamientos T5 y T8, con rendimientos promedio de 14,619.04 kg/ha y 12,480.52 kg/ha respectivamente. Tratamientos que contenían fuentes inorgánicas únicamente (413 kgN/ha, 147 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 75 kgK<sub>2</sub>O/ha, 550 kgN/ha, 196 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 100 kgK<sub>2</sub>O/ha), y el rendimiento más bajo (1,274.71 kg/ha) fue para el testigo absoluto.

Los resultados de los rendimientos evidencian una clara respuesta de la aplicación de los nutrientes provenientes de las fuentes orgánicas e inorgánicas cuando se comparan con los rendimientos del testigo absoluto, esa baja respuesta del testigo se dio a pesar de que el análisis químico de suelos reportó índices nutrimentales medios y altos de la

mayoría de los nutrientes esenciales analizados y un contenido alto de materia orgánica siendo esta la principal fuente de N. Verificar Cuadro 10.

Este comportamiento se pudo deber en gran medida a factores externos como las bajas temperaturas de la región (4 °C mínima, 20 °C máxima y una media anual de 12 °C) que influyen en la lenta mineralización de la materia orgánica repercutiendo en un bajo aporte de N inorgánico y otros nutrimentos al suelo, afectando el desarrollo de las plantas y por consiguiente el rendimiento.

El aumento de rendimiento cuando se aplicaron únicamente las fuentes inorgánicas se pudo deber principalmente a la incorporación N y en menor medida al P y al K. En el grupo de tratamientos que contenían fuentes orgánicas e inorgánicas, los rendimientos se incrementaron en un 33,23 % con respecto a los tratamientos que contenían únicamente fuentes inorgánicas, dicho incremento se debió en gran medida el aporte nutrimental de las fuentes orgánicas (nutrientes secundarios y microelementos) que complementaron los requerimientos del cultivo y el aporte de compuestos orgánicos (sustancias húmicas y fúlvicos), que pudieron favorecer la disponibilidad y asimilación de los nutrientes para las plantas.

Resultados similares fueron reportados por García, Godínez (2017), Coro (2015), Romero Lima et al. (2000), Peñaloza et al (2019), al incorporar fuentes orgánicas e inorgánicas en el cultivo de papa en donde los rendimientos aumentaron en relación a los tratamientos donde se utilizaron únicamente fuentes inorgánicas.

#### **2.6.6 Análisis económico**

El cuadro 14, detalla el análisis de relación beneficio/ costo y rentabilidad realizado para cada uno de los tratamientos, el cual tomo en consideración los costos de los insumos de las fuentes inorgánicas, fuentes orgánicas, mano de obra y arrendamiento de terreno.

Los resultado del análisis de relación B/C, indican que el T3 (275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de gallinaza), es el que le genera las mejores utilidades a los

agricultores ya que su relación B/C es de Q. 3.90, lo que significa que, por cada quetzal invertido se perciben Q. 2.90 de ganancia, con una rentabilidad del 79.57 %.

El segundo tratamiento más rentable es T2 que corresponde al programa que utilizan los agricultores de la región (106 kgN/ha, 47 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 47 kgK<sub>2</sub>O/ha y 6,184 kg/ha de gallinaza), el cual les genera una rentabilidad del 72.63 % y una relación B/C de Q. 2.65, es decir que por cada quetzal invertido les reintegra Q. 1.25 de utilidad.

El tercer tratamiento que podría enlistarse como una opción desde el punto de vista económico corresponde al tratamiento (T5), compuesto por (413 kgN/ha, 147 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 75 kgK<sub>2</sub>O/ha), el cual genera una relación B/C de Q. 2.02, es decir que por cada quetzal invertido se percibiría Q. 1.02 y con ello obtendrían una rentabilidad del 66.90 %.

Desde el punto de vista económico se puede decir que cualquiera de estos tres tratamientos podría ser utilizado por los agricultores de la región ya que en ellos se generan las mayores utilidades, pero va depender de la capacidad económica que tengan los agricultores para cubrir los gastos de los insumos de producción. Para esta investigación se sostiene que el mejor programa de fertilización sugerido para los agricultores corresponde al (T3).

Cuadro 14. Análisis de relación beneficio/costo y rentabilidad de los tratamientos evaluados.

|                                     |                          | T1          | T2           | T3           | T4          | T5           | T6           | T7           | T8           |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                     | INGRESOS                 | Q. 2,748.84 | Q. 36,637.45 | Q. 61,058.67 | Q.39,761.09 | Q. 27,571.62 | Q. 41,310.75 | Q. 40,041.15 | Q. 26,913.49 |
| <b>Costos directos por hectárea</b> | Renta de la tierra       | Q. 1,400.00 | Q. 1,400.00  | Q. 1,400.00  | Q. 1,400.00 | Q. 1,400.00  | Q. 1,400.00  | Q. 1,400.00  | Q. 1,400.00  |
|                                     | Mano de obra             | Q. 800.00   | Q. 1,150.00  | Q. 1,150.00  | Q. 1,150.00 | Q. 1,000.00  | Q. 1,150.00  | Q. 1,150.00  | Q. 1,000.00  |
|                                     | Insumos                  | Q. 0.00     | Q. 7,478.93  | Q. 9,922.67  | Q.11,283.15 | Q. 6,726.30  | Q. 12,168.22 | Q. 13,528.70 | Q. 8,961.54  |
|                                     | TOTAL                    | Q. 800.00   | Q. 8,628.93  | Q. 11,072.67 | Q.12,433.15 | Q. 7,726.30  | Q. 13,318.22 | Q. 14,678.70 | Q. 9,961.54  |
|                                     | Costo total por hectárea | Q. 2,200.00 | Q. 10,028.93 | Q. 12,472.67 | Q.13,833.15 | Q. 9,126.30  | Q. 14,718.22 | Q. 16,078.70 | Q. 11,361.54 |
|                                     | Utilidad neta            | Q. 548.84   | Q. 26,608.51 | Q. 48,586.01 | Q.25,927.95 | Q. 18,445.31 | Q. 26,592.53 | Q. 23,962.45 | Q. 15,551.95 |
|                                     | Relación B/C             | Q. 0.25     | Q. 2.65      | Q. 3.90      | Q. 1.87     | Q. 2.02      | Q. 1.81      | Q. 1.49      | Q. 1.37      |
|                                     | Rentabilidad             | 19.97 %     | 72.63 %      | 79.57 %      | 65.21 %     | 66.90 %      | 64.37 %      | 59.84 %      | 57.78 %      |

## 2.7 CONCLUSIONES

1. De la evaluación de 8 programas de fertilización sobre el efecto del rendimiento de tubérculo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) para las condiciones edafoclimáticas de la aldea Paquix, municipio de Chiantla Huehuetenango se concluye que el T3 programa compuesto por (275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha+ 6,184 kg/ha gallinaza), fue el que presentó los mejores resultados con un rendimiento promedio de 28,314.57 kg/ha.
2. De acuerdo al análisis económico realizado para los programas de fertilización evaluados se determinó que el programa fertilización (T3) compuesto por (275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha+ 6,184 kg/ha gallinaza) genera las mayores utilidades para los agricultores de la región con una relación beneficio/costo de Q. 3.90 y una rentabilidad del 79.57 %.

## 2.8 RECOMENDACIONES

1. Para las condiciones edafoclimáticas de la aldea Paquix, del municipio de Chiantla, del departamento de Huehuetenango o áreas con condiciones similares se recomienda para el cultivo de papa, variedad Tollocan aplicar el programa de fertilización compuesto por 275 kgN/ha, 98 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 50 kgK<sub>2</sub>O/ha + 6,184 kg/ha gallinaza para obtener un rendimiento promedio de 28,314.57 kg/ha, esperando obtener una rentabilidad promedio de 79.57 %.

## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Arango, Á. (2018). Aportes de innovación tecnológica al cultivo de la papa (en línea). Guatemala, FundaSistemas, s.e. Disponible en <https://agrequima.com.gt/site/wp-content/uploads/2018/05/presentacioncongreso.pdf>.
2. Banco de Guatemala Guatemala (BANGUAT). (2020). Valor (CIF) de las Importaciones y valor (FOB) de las exportaciones por producto de la industria agropecuaria, extractiva y manufacturera (en línea, sitio web). Disponible en [http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/comercio/sercom/2\\_POR\\_PRODUCTO/prod\\_mensDB001.HTM&e=133809](http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/comercio/sercom/2_POR_PRODUCTO/prod_mensDB001.HTM&e=133809).
3. Cabalceta, G; Saldias, M; Alvarado, A. (2005). Absorción de nutrimentos en el cultivar de papa MNF-801/ (en línea). Agronomía Costarricense 29(3):107-123. Disponible en [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v29n03\\_107.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n03_107.pdf).
4. Castro Urrutia, I; Contreras Méndez, A. (2011). Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa (en línea). Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, s.e. Disponible en <https://www.farm-d.org/app/uploads/2019/05/Manejodeplagasyenfermedades.pdf>.
5. Chávez Arroyo, G; Ramírez Rodas, A. (2013). Manual para la producción de semilla certificada de papa (en línea). Quetzaltenango, Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA), s.e. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B3943e/b3943e.pdf>.
6. Chávez Arroyo, GA. (2013). Manual cultivo de papa para consumo (en línea). Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), s.e. Disponible en <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/manualpapaconsumo2013.pdf>.
7. FAO-(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2010). La papa un alimento con tradición, nutrición y sabor recetario de platillos tradicionales del altiplano marquense (en línea). Guatemala, FAO, s.e. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ax527s.pdf>.

8. Flores Gallardo, Hilario; Sifuentes Ibarra, Ernesto; Ojeda Bustamante, Waldo; Gómez Arroyo, Hugo; Macías Cervantes, Jaime; Flores Magdaleno, H. (2009). Obtención de curvas para estimar la extracción de macronutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var. Alpha) en el norte de Sinaloa, México (en línea). *In* Congreso internacional de ciencias agrícolas; Simposium en agricultura sustentable (12., 2009, Baja California, México). Sinaloa, México, Universidad de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas (UBAC-ICA). p. 267-271. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/263506028\\_OBTENCION\\_DE\\_CURVAS\\_PARA\\_ESTIMAR\\_LA\\_EXTRACCION\\_DE\\_MACRONUTRIENTES\\_EN\\_EL\\_CULTIVO\\_DE\\_PAPA\\_Solanum\\_tuberosum\\_L\\_var\\_Alpha\\_EN\\_EL\\_NORTE\\_DE\\_SINALOA\\_MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/263506028_OBTENCION_DE_CURVAS_PARA_ESTIMAR_LA_EXTRACCION_DE_MACRONUTRIENTES_EN_EL_CULTIVO_DE_PAPA_Solanum_tuberosum_L_var_Alpha_EN_EL_NORTE_DE_SINALOA_MEXICO).
9. Franco Rivera, JA. (2002). El cultivo de la papa en Guatemala (en línea). Guatemala Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), s.e. Disponible en [https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/El cultivo de la papa en Guatemala, 2002.pdf](https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/El_cultivo_de_la_papa_en_Guatemala,2002.pdf).
10. De León Sandoval, José Aramando; Chávez Arroyo, Guillermo Arturo; Matsumoto, T. (2002). Catalogo de variedades de papa (en línea). Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), s.e. Disponible en [https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/Catalogo de variedades de Papa.pdf](https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/Catalogo_de_variedades_de_Papa.pdf).
11. MAGA-(Ministerio-de-Agricultura-Ganadería-y-Alimentación-Guatemala). (2015). Plan de manejo integrado de enfermedades de la papa en Guatemala (*Solanum tuberosum*) (en línea). Guatemala, MAGA, s.e. Disponible en [http://proyectoadaintegracion.minex.gob.gt/ada/docs/MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y ALIMENTACION/MANUAL PAPA.pdf](http://proyectoadaintegracion.minex.gob.gt/ada/docs/MINISTERIO_DE_AGRICULTURA_GANADERIA_Y_ALIMENTACION/MANUAL_PAPA.pdf).
12. \_\_\_\_\_. (2016). El agro en cifras (en línea). Guatemala, MAGA, s.e. Disponible en [https://www.maga.gob.gt/download/El agro16.pdf](https://www.maga.gob.gt/download/El_agro16.pdf).
13. Mansilla González, M; García, D. (2013). Antecedentes técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) en la región de Aysen (en línea). Chile, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), s.e. Disponible en [http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/31904/Boletin\\_INIA\\_272.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/31904/Boletin_INIA_272.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

14. Marschner's, P. (2012). Mineral nutrition of higher plants (en línea). 3 ed. Marschner's, P (ed.). Australia, Elsevier, vol.3. 483 p. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>.
15. Peñaloza, J; Karen, A; Ramírez, R; González, A; Pérez, D; Sagerman, D. (2019). Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(5):1-11. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342019000501139&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000501139&lng=es&nrm=iso).
16. Pérez Irungaray, GE; Rosito Monzón, JC; Maas Ibarra, RE; Gándara Cabrera, GA. (2018). Ecosistemas de Guatemala. Guatemala, s.e.
17. Romero Lima, M R; Santos Trinidad, A; García Espinosa, R; Ferrara Cerrato, R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales (en línea). Agrociencia 34(3):261-269. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234302>.
18. Tobías, H; Lira, E. (2000). Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000 -Memoria Técnica (en línea). Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Allimentación (MAGA), s.e. Disponible en <https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf>.
19. Trinidad Santos, A.; Velasco Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo (en línea). Agroproductividad 9(8):52-58. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/315114517\\_Importancia\\_de\\_la\\_materia\\_organica\\_en\\_el\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/315114517_Importancia_de_la_materia_organica_en_el_suelo).

 Rolando Barrios

## 2.10 ANEXO



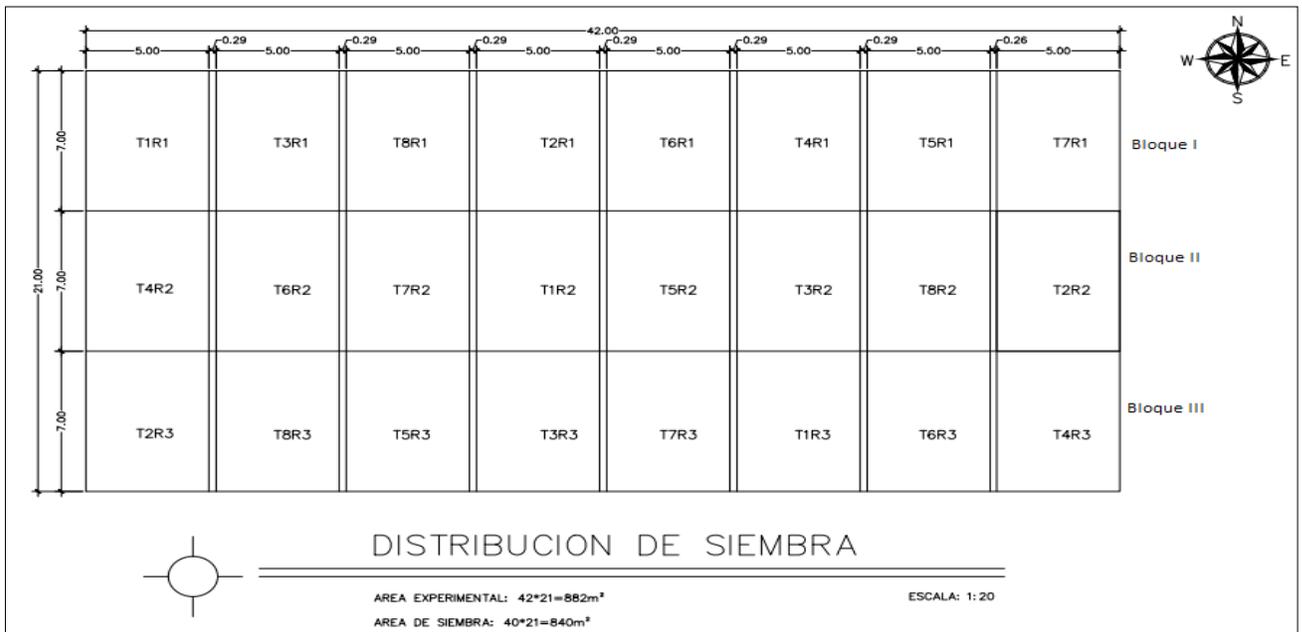
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 7A. Incorporación de fuentes orgánicas, fertilización y siembra de papa en el área de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 8A. Aplicación del 50 % de nitrógeno a los 55 días después de la siembra.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 9A. Distribución espacial utilizada para evaluar el efecto de programas de fertilización en el rendimiento de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), en Chiantla, Huehuetenango.



**CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELO, PLANTA Y AGUA, “SALVADOR CASTILLO”, DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA., GUATEMALA. C.A.**





### 3.1 PRESENTACIÓN

El laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” pertenece a la Facultad de Agronomía y está ubicado en el edificio de Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER) a un costado del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA) en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Guatemala. El laboratorio presta los servicios de: análisis físico de suelos, análisis químico de suelos, análisis de materiales orgánicos sólidos, análisis de materiales orgánicos líquidos, análisis de material vegetal y análisis e aguas con fines de riego.

El primer servicio constó en el apoyo del análisis químico de seis muestras de suelo provenientes de San Pedro Sacatepéquez, tres muestras de Salamá, Baja Verapaz y 50 muestras de Tukurú, Alta Verapaz para determinar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), donde se identificó que las muestras de suelo procedentes de San Pedro presentaron una CIC mayor a los suelos provenientes de Salamá y los suelos provenientes de Tukurú, y se debe a las propiedades edáficas que posee cada una. Además se determinó el nitrógeno total de 12 muestras de tejido vegetal de rosa provenientes de San Pedro Sacatepéquez, dos muestras de mango procedentes de Champerico, Retalhuleu, 10 muestras de tomate provenientes de San Juan Sacatepéquez y 50 muestras de suelo provenientes de Tukurú, Alta Verapaz y se observó que la concentración de nitrógeno total varía para cada uno de los cultivos siendo el tomate con más concentración, seguido de rosas y de mango, y en los suelos se identificó que la concentración es baja debido a la dinámica del elemento en el suelo.

Como segundo servicio se dio a conocer los servicios que presta el laboratorio y los procedimientos que emplea para determinar las propiedades químicas y físicas del análisis de suelo con fines de fertilidad.

### **3.2 SERVICIO 1: APOYO EN LOS ANÁLISIS QUÍMICOS EN EL LABORATORIO DE SUELO, PLANTA Y AGUA, “SALVADOR CASTILLO”, DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA.**

#### **3.2.1 Objetivos**

##### **A. General**

Ayudar en la parte de análisis químicos que se realizan a las muestras de suelo y tejido vegetal que ingresan al Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de diferentes regiones del país.

##### **B. Específicos**

1. Apoyar a nivel de laboratorio en la determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), de las muestras de suelo que ingresan de diferentes regiones del país al Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía, USAC.
2. Apoyar a nivel de laboratorio en la determinación de Nitrógeno Total (Nt), en muestras de suelo, materiales orgánicos, tejido vegetal, fertilizantes, que ingresan de diferentes regiones del país al Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía, USAC.

#### **3.2.2 Metodología**

##### **A. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en suelos (método de Peech)**

Para determinar la CIC del suelo se saturó las muestras con acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) para reemplazar todos los cationes presentes en el sitio de cambio por amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), luego se lavó el suelo con alcohol etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ ) para eliminar el

exceso de amonio presente en la solución del suelo, el amonio que queda ocupando los sitios de cambio se lixivio con Cloruro de Sodio (NaCl) y se midió la concentración de amonio en el extracto por titulación.

**a. Reactivos**

- Acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) pH 7.0 [1N]
- Cloruro de sodio (NaCl) pH 2.0 [1N]
- Alcohol etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ ) 96 %.
- Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 3 %.
- Hidróxido de sodio (NaOH) relación 1:1
- Rojo de metilo y verde de bromocresol en alcohol
- Agua destilada
- Ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [0.02N]

**b. Materiales**

- Balones de aforo de capacidad de 100 ml
- Tubos de centrifuga
- Balanza analítica
- Erlenmeyer con capacidad de 125.0 mL
- Agitador
- Centrifuga
- Papel filtro Whatman No. 1
- Embudos
- Pipeta volumétrica con capacidad de 10 mL
- Tubos de digestión
- Destilador microkjeldahl
- Bureta con capacidad de 50.0 mL
- Jeringa 60 cc
- Probeta 50 mL

**c. Procedimiento****i. Determinación de bases intercambiables (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>)**

1. Se pesaron 5.0 g de suelo en una balanza analítica y se aplicaron dentro de cada uno de los tubos de centrifuga.
2. Se agregó por medio de jeringa una alícuota de 30.0 mL de acetato de amonio CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> [1N] a pH 7, a las muestras contenidas en los tubos de centrifuga.
3. Se tapó cada tubo de centrifuga y se procedió agitar durante 10 minutos.
4. Se colocaron los tubos dentro de la centrifuga y se procedió a centrifugar por seis minutos a mil quinientas revoluciones por minuto.
5. se colocaron balones de aforo con capacidad de 100.0 mL, con su respectivo embudo plástico y papel filtro.
6. Al finalizar el proceso de centrifugación se continuo con la filtración del sobrenadante el cual fue vertido dentro de los balones de aforo de capacidad de 100.0 mL.
7. El proceso se repitió tres veces.
8. Para finalizar se procedió con el aforo de los balones utilizando agua destilada.

**ii. Lavado de acetato de amonio (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>)**

1. Posterior a la extracción de las bases intercambiables (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>), se procedió con el lavado de acetato de amonio con alcohol etílico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COOH), para ello se aplicó con una probeta de 50 mL una alícuota de 30 mL en cada uno de los tubos que contenían las muestras de suelo.
2. Luego se procedió a agitar durante 10 minutos.
3. Posterior a agitación se procedió a centrifugar los tubos por seis minutos a mil quinientas revoluciones por minuto.
4. Continuando con el proceso se desechó el alcohol.
5. Para concluir el proceso se repitió 3 veces.

### iii. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

1. Posterior al lavado de las muestras con alcohol etílico ( $C_2H_5COOH$ ), se procedió a aplicar a través de una jeringa una alícuota de 30 mL de Cloruro de sodio (NaCl) pH 2.0 [1N] a tubos que contienen las muestras, para extraer el amonio que queda ocupando los sitios de cambio.
2. Se taparon los tubos y se agitó durante 10 minutos.
3. Se colocaron los tubos dentro de la centrifuga y se procedió a centrifugar por seis minutos a mil quinientas revoluciones por minuto.
4. Se colocaron balones de aforo con capacidad de 100.0 mL, con su respectivo embudo plástico y papel filtro.
5. Al finalizar el proceso de centrifugación se vertió el sobrenadante dentro de los balones de aforo.
6. Luego el procedimiento se repitió 3 veces.
7. Para finalizar se realizó el aforo con agua destilada y se agitó cada uno de los balones.

### iv. Destilación

1. Del extracto de NaCl obtenido de las muestras se extrajeron de los balones aforados con una pipeta volumétrica de 10 mL, una alícuota con dicho volumen la cual se colocó en tubos de destilación.
2. Luego se procedió con el lavado del sistema de destilación conectando una manguera a un recipiente que contiene hidróxido de sodio y otra manguera que conduce el agua al sistema, se realizaron 3 lavadas al sistema.
3. Luego se agregaron 50 mL de ácido bórico 3 % en cada erlenmeyer con capacidad 125.0 mL y se agregaron 5 gotas de indicador rojo de metilo.
4. Continuando con el proceso se colocó el tubo de destilación que contenía la muestra y el Erlenmeyer que contenía el ácido bórico dentro del destilador y se procedió con la destilación la cual tenía una duración de 3 minutos por muestra y en cada una se observó el cambio de coloración del ácido bórico pasando de rojo a verde.
5. Posterior a esto se hizo el cambio de tubo y Erlenmeyer hasta finalizar con todas las muestras.

6. Al concluir todo el proceso se lavó el sistema con agua destilada para eliminar el hidróxido de sodio del sistema, se hicieron 3 lavadas.

#### v. Titulación

1. Concluido el proceso de destilación se procedió con la titulación de las muestras, para ello se utilizó una bureta con capacidad de 50 mL y ácido sulfúrico grado reactivo diluido en agua destilada a una concentración [0.02N].
2. Se lavó la bureta con agua destilada para eliminar impurezas que pudiesen estar presentes.
3. Luego se llenó la bureta con 50 mL de ácido sulfúrico y se eliminaron todos los espacios de aire que quedaron dentro de la misma.
4. Luego del paso anterior se aforo la bureta a 50 mL y se procedió con la titulación.
5. Continuando con el proceso se agregó ácido sulfúrico de la bureta a cada erlenmeyer que contenía las muestras, observando el viraje de color de verde a rojo.
6. Luego se anotó los mL y la normalidad del ácido sulfúrico gastados en el cuaderno de acuerdo a la identificación de las muestras.
7. Para finalizar el proceso se lavó la cristalería utilizada en el proceso.

#### vi. Cálculo

Para determinar la CIC de un suelo se establece la siguiente formula.

$$\text{CIC meq } 100^{-1}\text{g de suelo} = \text{Gasto Ácido sulfúrico} * \text{N de H}_2\text{SO}_4 * 100 / \text{peso de la muestra} * \text{vol del extracto} / \text{vol de la alícuota}.$$

#### B. Determinación de nitrógeno total en suelos, tejido vegetal, materiales orgánicos y fertilizantes (método Kjeldahl)

Se realizaron 3 etapas para poder determinar el nitrógeno total en cada una de las muestras; la digestión la cual consistió en someter las muestras con ácido sulfúrico, mezcla catalizadora, a una temperatura de 380°C, para poder convertir todas las fuente en

las que se encuentra el nitrógeno en iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), la destilación en ella se adiciono hidróxido de sodio el cual convierte los iones amonio en amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) que es arrastrado por vapor de agua y es capturado con ácido bórico en donde se forman iones amonio, posterior a estas etapas se procedió con la titulación en la cual se determina la concentración total de nitrógeno presente en las muestras.

#### **a. Reactivos**

- Ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  grado reactivo
- Mezcla catalizadora de Sulfato de potasio, sulfato de cobre y selenio
- Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 3 %.
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) relación 1:1
- Indicador rojo de metilo y verde de bromocresol en alcohol
- Ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  disuelto en agua destilada a una concentración [0.02N]
- Agua destilada

#### **b. Materiales**

- Tubos de digestión
- Erlenmeyer con capacidad de 125.0 mL
- Destilador microkjeldahl
- Pipeta volumétrica con capacidad de 10 mL
- Papel aluminio
- Campana extractora de gases
- Digestor
- Rejilla para tubos de digestión
- Balanza analítica
- Bureta 50 mL
- Pizeta
- Horno
- Mortero y pistilo

### **c. Procedimiento para nitrógeno total en suelo y materiales orgánicos (estado sólido)**

Para determinar el nitrógeno total en suelo y materiales orgánicos (en estado sólido) se realizó el procedimiento siguiente.

#### **i. Digestión**

1. Se tamizó la muestra de suelo seco y material orgánico en un tamiz con abertura de 0.2 mm.
2. Se pesó en una balanza analítica 0.25 g de la muestra tamizada y se agregó dentro de tubos de digestión; si el material orgánico se encontraba en estado líquido se agregó con una pipeta volumétrica una alícuota de 10 mL en tubos de digestión.
3. Se agregó 1.0 g de mezcla catalizadora y dentro de la campana extractora de gases se adicionó 4 mL de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ .
4. Luego se colocaron los tubos en el digestor y se sellaron con papel aluminio al cual se le hizo una pequeña abertura.
5. Posterior a este proceso se colocaron los tubos en el digestor y se calentó a una temperatura de  $380^{\circ}C$  durante un tiempo de 2 horas.
6. Ya transcurridas las 2 horas se retiraron los tubos del digestor y se dejaron reposar en la campana de extracción de gases durante un tiempo de 30 minutos para enfriar los tubos.
7. Luego se trasladaron los tubos al área de destilación donde se les agregó 10.0 mL de agua destilada.

#### **ii. Destilación**

1. Luego se procedió con el lavado del sistema de destilación conectando una manguera a un recipiente que contiene hidróxido de sodio y otra manguera que conduce el agua al sistema, se realizaron 3 lavadas al sistema.
2. Luego se agregaron 50 mL de ácido bórico 3 % en cada erlenmeyer con capacidad 125.0 mL y se agregaron 5 gotas de indicador rojo de metilo.

3. Continuando con el proceso se colocó el tubo de destilación que contenía la muestra y el Erlenmeyer que contenía el ácido bórico dentro del destilador y se procedió con la destilación la cual tenía una duración de 3 minutos por muestra y en cada una se observó el cambio de coloración del ácido bórico pasando de rojo a verde.
4. Posterior a esto se hizo el cambio de tubo y Erlenmeyer hasta finalizar con todas las muestras.
5. Al concluir todo el proceso se lavó el sistema con agua destilada para eliminar el hidróxido de sodio del sistema, se hicieron 3 lavadas.

### iii. Titulación

1. Concluido el proceso de destilación se procedió con la titulación de las muestras, para ello se utilizó una bureta con capacidad de 50 mL y ácido sulfúrico grado reactivo diluido en agua destilada a una concentración [0.02N].
2. Se lavó la bureta con agua destilada para eliminar impurezas que pudiesen estar presentes.
3. Luego se llenó la bureta con 50 mL de ácido sulfúrico y se eliminaron todos los espacios de aire que quedaron dentro de la misma.
4. Luego del paso anterior se aforo la bureta a 50 mL y se procedió con la titulación.
5. Continuando con el proceso se agregó ácido sulfúrico de la bureta a cada erlenmeyer que contenía las muestras, observando el viraje de color de verde a rojo.
6. Luego se anotó los mL y la normalidad del ácido sulfúrico gastados en el cuaderno de acuerdo a la identificación de las muestras.
7. Para finalizar el proceso se lavó la cristalería utilizada en el proceso.

### iv. Cálculo

Para determinar el nitrógeno total de un suelo y un material orgánico se establece la formula siguiente:

$$\% Nt = \frac{\text{Gasto de acido sulfurico} * Nde H2SO4 * 1.4}{\text{peso de la muestra}}$$

#### **d. Procedimiento para nitrógeno total en tejido vegetal y fertilizantes**

Para la determinación de nitrógeno total en tejido vegetal y fertilizantes, se realizó el siguiente procedimiento.

##### **i. Digestión**

1. Para iniciar se procedió a lavar las muestras de tejido vegetal con agua destilada para eliminar las impurezas que puedan contaminar.
2. Luego se secaron las muestras en un horno a una temperatura de 65°C durante un periodo de 24 horas.
3. Posterior a esta etapa se realizó la molienda de la muestra.
4. Para el caso de los fertilizantes se procedió a realizar una maceración con la ayuda de un mortero y un pistilo.
5. Luego se procedió a pesar con una balanza analítica 0.25 g de la muestra molida de tejido vegetal y se agregó a tubos de digestión.
6. En el caso de los fertilizantes es necesario conocer la formulación para poder determinar el nitrógeno total para ello el cuadro 2 presenta la metodología a utilizar.
7. Posterior a conocer la formulación se procedió a hacer la solución del fertilizante y con una pipeta volumétrica se agregó una alícuota de acuerdo a la formulación y se adiciono a los tubos de digestión.
8. Posterior a estas etapas se adiciono 1.0 g de la muestra catalizadora y dentro de la campana de extracción de gases se agregó 4 mL de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
9. Luego se colocaron los tubos en el digestor y se sellaron con papel aluminio al cual se le hizo una pequeña abertura.
10. Posterior a este proceso se colocaron los tubos en el digestor y se calentó a una temperatura de 380°C durante un tiempo de 2 horas.
11. Ya transcurridas las 2 horas se retiraron los tubos del digestor y se dejaron reposar en la campana de extracción de gases durante un tiempo de 30 minutos para enfriar los tubos.
12. Luego se trasladaron las tubos al área de destilación donde se les agrego 10.0 mL de agua destilada.

## ii. Titulación

1. Concluido el proceso de destilación se procedió con la titulación de las muestras, para ello se utilizó una bureta con capacidad de 50 mL y ácido sulfúrico grado reactivo diluido en agua destilada a una concentración [0.02N].
2. Se lavó la bureta con agua destilada para eliminar impurezas que pudiesen estar presentes.
3. Luego se llenó la bureta con 50 mL de ácido sulfúrico y se eliminaron todos los espacios de aire que quedaron dentro de la misma.
4. Luego del paso anterior se aforo la bureta a 50 mL y se procedió con la titulación.
5. Continuando con el proceso se agregó ácido sulfúrico de la bureta a cada erlenmeyer que contenía las muestras, observando el viraje de color de verde a rojo.
6. Luego se anotó los mL y la normalidad del ácido sulfúrico gastados en el cuaderno de acuerdo a la identificación de las muestras.
7. Para finalizar el proceso se lavó la cristalería utilizada en el proceso.

## iii. Cálculo

Para determinar nitrógeno total en muestras de tejido vegetal se establece la formula siguiente.

$$\% Nt = \frac{\text{Gasto de acido sulfurico} * Nde H2SO4 * 1.4}{\text{peso de la muestra}}$$

Para determinar nitrógeno total en muestras de fertilizantes se estable la formula siguiente.

$$\% Nt = \frac{\text{Gasto de acido sulfurico} * Nde H2SO4 * 1.4 * \text{dilución}}{\text{aliquota de la dilución}}$$

En el siguiente cuadro se observa la metodología para determinar la dilución a utilizar en fertilizantes:

Cuadro 15. Metodología para determinar la dilución a utilizar en fertilizantes.

| <b>% N</b>   | <b>Dilución</b> | <b>Alícuota</b> |
|--------------|-----------------|-----------------|
| <b>0-15</b>  | 1 g/250 mL      | 10 mL           |
| <b>15-30</b> | 1g/500 mL       | 10 mL           |
| <b>30-50</b> | 1g/500 mL       | 5 mL            |

Fuente: Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo”, FAUSAC, 2018.

### 3.2.3 Resultados

#### A. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en suelos (método de Peech)

Como resultado del presente servicio realizado en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua, “Salvador Castillo”, se realizó el análisis de 6 muestras de suelo provenientes del municipio de San Pedro del departamento de Sacatepéquez, 3 muestras del municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz, 50 muestras del municipio de Tucurú del departamento de Alta Verapaz.



Figura 10. Extractos de bases intercambiables.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 11. Proceso de destilación.

Cuadro 16. Capacidad de intercambio catiónico de las muestras provenientes de los municipios de San Pedro Sacatepéquez, Salamá y Tukurú Alta Verapaz.

| Procedencia                   | Identificación | CIC meq 100 <sup>-1</sup> g de suelo |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------------|
| <b>San Pedro Sacatepéquez</b> | M-1            | 46.87                                |
|                               | M-2            | 37.76                                |
|                               | M-3            | 49.91                                |
| <b>Salamá Baja Verapaz</b>    | M-1            | 54.81                                |
|                               | M-2            | 20.3                                 |
|                               | M-3            | 26.79                                |
| <b>Tukurú Alta Verapaz</b>    | M-1            | 30.4                                 |
|                               | M-2            | 13.6                                 |
|                               | M-3            | 10.1                                 |

Fuente: Laboratorio de Suelo, Planta y Agua "Salvador Castillo", FAUSAC, 2018.

## B. Determinación de nitrógeno total en suelos

En el cuadro 17 se detallan los resultados obtenidos del presente servicio realizado en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía, para ello se realizó el análisis de 12 muestras de tejido vegetal de cultivo de rosa provenientes del municipio de San Pedro departamento de Sacatepéquez, 2 muestras de cultivo de mango procedentes del municipio de Champerico departamento de Retalhuleu, 10 muestras de cultivo de Tomate provenientes del municipio de San Juan departamento de Sacatepéquez, 50 muestras de suelo provenientes del municipio de Tukurú departamento de Alta Verapaz.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12. Proceso de digestión.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 13. Proceso de titulación.

Cuadro 17. Datos de Nitrógeno total de las muestras procedentes de los municipios de San Pedro Sacatepéquez, Champerico Retalhuleu, San Juan Sacatepéquez, Tukurú Alta Verapaz.

| Procedencia                   | Identificación | % N  |
|-------------------------------|----------------|------|
| <b>San Pedro Sacatepéquez</b> | Rosa M-1       | 2.99 |
|                               | Rosa M-2       | 3.05 |
|                               | Rosa M-3       | 3.66 |
| <b>Champerico Retalhuleu</b>  | Mango M-1      | 2.43 |
|                               | Mango M-2      | 2.66 |
| <b>San Juan Sacatepéquez</b>  | Tomate M-1     | 4.33 |
|                               | Tomate M-2     | 4.62 |
|                               | Tomate M-3     | 4.14 |
| <b>Tukurú Alta Verapaz</b>    | Suelo M-1      | 0.19 |
|                               | Suelo M-2      | 0.44 |
|                               | Suelo M-3      | 0.13 |

Fuente: Laboratorio de Suelo, Planta y Agua "Salvador Castillo", FAUSAC, 2018.

### 3.2.4 Evaluación

Las muestras de suelo procedentes del municipio del San Pedro Sacatepéquez presentaron una capacidad de intercambio catiónico mayor a los suelos provenientes del municipio de Salamá Baja Verapaz y los suelos provenientes del municipio de Tukurú Alta Verapaz, esto se debe a las propiedades edáficas que posee cada uno.

En el cuadro 3 se observa como la concentración de nitrógeno total varía para cada uno de los cultivos siendo el cultivo de tomate el que más concentración posee, seguido del cultivo de rosas y del cultivo de mango, en los suelos se puede ver que la concentración de nitrógeno es bien baja esto se debe a la dinámica del elemento en el suelo.

### 3.2.5 Bibliografía

1. Bertsch, F. (1995). La fertilidad de los suelos y su manejo. Costa Rica, 157 p.
2. GERHARDT, GMBH & CO. KG KG. (2015). Análisis de nitrógeno el método de Johan Kjeldahl. Alemania, 5 p.
3. McKean, S. (1993). Manual de análisis de suelo y tejido vegetal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 103 p.
4. Pan Reac, AppliChem. (s.f.). Determinación de nitrógeno por Método Kjeldahl. Barcelona, 12 p.



Rolando Barrios

### **3.3 SERVICIO 2: CAPACITACIÓN A ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN AGRÍCOLA (EFA) SOLOLÁ, EN TEMAS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE SUELO CON FINES DE FERTILIDAD**

#### **3.3.1 Objetivos**

##### **A. General**

Capacitar a estudiantes de la Escuela de Formación Agrícola (EFA), en temas de análisis físico-químicos de suelo con fines de fertilidad.

##### **B. Específicos**

1. Dar a conocer los servicios que presta el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía.
2. Exponer los procedimientos utilizados por el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía, para determinar las propiedades químicas y físicas del análisis de suelo con fines de fertilidad.

#### **3.3.2 Metodología**

La actividad consistió en la visita de los estudiantes a las instalaciones del Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía, con la finalidad de conocer los servicios que presta el laboratorio y así mismo conocer los diferentes procesos que se llevan a cabo para realizar los análisis físico- químicos de suelo con fines de fertilidad; para ello se realizó un recorrido por las diferentes áreas donde se realizan los análisis.

### **3.3.3 Resultados**

#### **A. Servicios prestados por el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo”, de la Facultad de Agronomía**

Como inicio de la actividad se dio a conocer los servicios que presta el laboratorio a la sociedad guatemalteca los cuales son:

##### **a. Análisis químico y físico de suelos**

###### **i. Análisis químicos**

pH (en agua, KCl, CaCl), índices nutrimentales: Nt, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Zn, Fe, Mn y B, materia orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico, Bases Intercambiables ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ), CICE, (Capacidad de Intercambio Efectiva, Acidez intercambiable, Conductividad Eléctrica en extracto de pasta Saturada, Fijación de nutrientes (P, K, Cu. Zn y Mn), presencia de Alófono (método cualitativo).

###### **ii. Análisis físicos**

Granulometría (Método de Bouyoucos y Pipeta), densidades real (Picnómetro), densidad aparente, color del suelo, constantes de humedad (33kPa y 1500kPa) y porosidad.

##### **b. Análisis de tejido vegetal**

Nt, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Zn, Fe, Mn y B), materia seca, cenizas.

##### **c. Análisis de aguas con fines de riego**

Conductividad eléctrica, pH, cationes (Ca, Mg, Na y K), microelementos (Cu, Zn, Fe Mn y B) aniones (Carbonatos, Nitratos, Cloruros, Bicarbonatos, Sulfatos), sólidos totales en solución y suspensión.

**d. Análisis de fertilizantes**

Nt, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn y B

**e. Análisis de enmiendas**

Cales: Ca, Mg, índice de neutralización, eficiencia y granulometría.

**f. Materiales orgánicos**

Nt, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, carbón orgánico, relación C: N, pH, conductividad eléctrica.

En la siguiente figura se observa a estudiantes recibiendo capacitación sobre los temas de análisis de suelo que realiza el laboratorio.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. Estudiantes capacitándose en temas de análisis de suelo.

**B. Procedimientos utilizados por el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía, para la determinación de las propiedades químicas y físicas del análisis de suelo con fines de fertilidad**

Para determinar las propiedades químicas y físicas de un análisis de suelo con fines de fertilidad se expuso en cada una de áreas donde se determinan estas propiedades cada uno de los métodos utilizados a nivel de laboratorio, los cuales se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 18. Métodos utilizados en laboratorio para la determinación de propiedades físicas y químicas de un análisis de suelo con fines de fertilidad.

| <b>Propiedad Física y Química</b>  | <b>Método</b>                                   |
|--|---|
| pH   | Potenciómetro                                   |
| Textura  | Boyucos   |
| M.O  | Walkley y Black modificado                      |
| Bases Intercambiables(Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup> ) | Lavados de Acetato de amonio, absorción atómica |
| CIC  | Cloruro de Sodio                                |
| Potasio, Calcio, Manganeso, Magnesio, Hierro, Cobre y Zinc                                     | Melich I (Absorción atómica)                    |
| Fosforo  | Colorimetría                                    |
| Nitrógeno Total  | Micro-Kjeldahl                                  |
| Conductividad Eléctrica  | Conductivímetro                                 |

Fuente: Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” FAUSAC, 2018.

En la siguiente figura se observa la capacitación de los estudiantes sobre los métodos que emplea el laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Capacitación en métodos de determinación de propiedades físicas y químicas de suelo.

### 3.3.4 Evaluación

Entre los servicios que prestan el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua “Salvador Castillo” están, análisis químicos y físicos, de agua con fines de riego, análisis de enmiendas, materiales orgánicos, fertilizantes y tejido vegetal.

Dentro de los temas en los que fueron capacitados los estudiantes de la Escuela de Formación Agrícola (EFA) están: pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), bases intercambiables, textura, macro y micro elementos, conductividad eléctrica.

### 3.3.5 Bibliografía

1. McKean, S. (1993). Manual de análisis de suelo y tejido vegetal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 103 p.
2. UVIGER-FAUSAC. (2018). Laboratorio de Análisis Suelos, Aguas y Plantas (en línea). Disponible en: [http://uviger.fausac.gt/?page\\_id=225](http://uviger.fausac.gt/?page_id=225)




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 27/2021

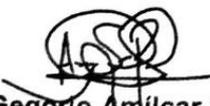
**EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:** "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO,, GUATEMALA, C.A."

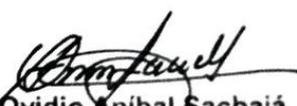
**DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:** EDI NOE QUAN BARRIOS

**CARNÉ:** 201222371

**HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:** Ing. Agr. Hugo Tobías  
Dr. Gregorio Amílcar Sánchez  
Dr. Ovidio Aníbal Sacabajá Galindo

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

  
Dr. Gregorio Amílcar Sánchez  
ASESOR ESPECIFICO

  
Dr. Ovidio Aníbal Sacabajá  
DOCENTE - ASESOR EPS

  
Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro  
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm  
c.c. Archivo



Ref. SAIEPSA.11.Seg.S.2021

Guatemala, 18 de agosto de 2021

**TRABAJO DE GRADUACIÓN:** EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELO, PLANTA Y AGUA, “SALVADOR CASTILLO”, DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA, C.A.

**ESTUDIANTE:** EDI NOÉ QUAN BARRIOS

**No. CARNÉ** 201222371

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Hugo A. Tobías  
Dr. Gregorio Amilcar Sánchez  
Dr. Ovidio Anibal Sacbajá

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

**“Id y Enseñad a Todos”**



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes  
**Coordinador Area Integrada – EPS**

No. 64.2021

Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 8 PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ALDEA PAQUIX, CHIANTLA, HUEHUETENANGO, DIAGNOSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELO, PLANTA Y AGUA, "SALVADOR CASTILLO", DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA, C.A. "

Estudiante: Edi Noé Quan Barrios

Carné: 201222371

"IMPRÍMASE"



Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
DECANO

