

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.

KATHERINE ALEJANDRA BORÓN JUÁREZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2020

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN “DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO
NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR
MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ,
GUATEMALA C.A”.**

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

POR

KATHERINE ALEJANDRA BORÓN JUÁREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

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	P. Agr. Marlon Estuardo González Alvarez
VOCAL V	P. Agr. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

Guatemala, noviembre 2020

Guatemala, noviembre 2020

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

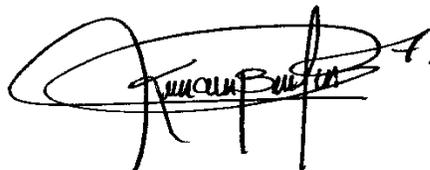
Honorables miembros:

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: **“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, 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, appearing to read 'Katherine Borón Juárez', enclosed within a large, stylized oval scribble.

KATHERINE ALEJANDRA BORÓN JUÁREZ

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Por ser mí fuerza, mi padre y amigo fiel que me permitió alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Mis padres

Alma Verónica Juárez y Germán Borón García (Q.E.P.D) por ser los pilares más importantes de mi vida y darme su apoyo y amor incondicional.

Mis hermanos

Elizabeth Borón Juárez, Roberto Carlos Borón Juárez y Patricia Juárez por ser mis compañeros de vida y el inmenso apoyo que me han dado. Recuerden que de la mano de Dios, fuerza y disciplina pueden lograr todo lo que su corazón desee.

Mis sobrinos

Sophia, Álvaro, Carla, Patrick, Carlos, Pablo, Elizar, Andy, Iliana y Andrea. Por ser la alegría de la familia, espero poder ser un ejemplo en sus vidas.

Mi familia

Tíos, padrinos, abuelos y primos por su apoyo y cariño.

Mis amigos

Homero Castañón, José Blas, Laura Batres, Gabriela Soria, Luis Castillo, Ana Lucia López, Vivian Guerra, Lizy Montes, Jessica Salazar, Clarissa Paz, Nancy Solares, Sara Ortiz gracias por todas las alegrías y preocupaciones compartidas, pero sobre todo por ser los hermanos que uno elige en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A:

- Dios** Por ser mi fuerza y darme la sabiduría para alcanzar esta meta.
- Mi patria** Mi Guatemala tierra con abundantes riquezas naturales.
- Mi alma máter** Universidad de San Carlos de Guatemala por permitirme ser parte de esta gloriosa y máxima casa de estudios.
- Mi Facultad** Por brindarme las herramientas necesarias para mi formación como profesional.
- Mis profesores** Por compartir de sus conocimientos y experiencias en el transcurso de la carrera.
- Mi supervisor** Ing. Agr. Freddy Hernández por su apoyo y tiempo dedicado durante el proceso de EPS.
- Mi Asesor y amigo** Ing. Agr. Félix Martínez por su aporte de conocimientos, recomendaciones, colaboración, paciencia y apoyo en la elaboración de mi investigación.
- Empresa Unispice** Por abrirme las puertas de tan prestigiosa empresa y darme la oportunidad de realizar mi EPS en la finca San Nicolás.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL REALIZADO EN LA FINCA SAN	
NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.....	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 Empresa Unispice.....	4
1.2.2 Finca San Nicolás.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Específicos	6
1.4 METODOLOGÍA	7
1.4.1 Conocimiento del manejo agronómico del cultivo de ejote francés realizado dentro de la finca	7
1.4.2 Determinación de las fortalezas y oportunidades que posee la finca	7
1.4.3 Identificación de las principales problemáticas a las que se encuentra expuesta la producción de ejote francés dentro de la finca	8
1.5 RESULTADOS	9
1.5.1 Manejo agronómico del cultivo de ejote francés dentro de Finca San Nicolás	9
1.5.2 Determinación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a las que se encuentra expuesta la finca	13
1.6 Descripción de las problemáticas que afectan la producción del cultivo de ejote francés dentro de la finca.....	14
1.6.1 Árboles de problemas.....	15
1.6.2 Matriz de priorización de problemas	21
1.7 CONCLUSIONES	23
1.8 RECOMENDACIONES.....	24
1.9 BIBLIOGRAFÍA.....	25

CAPÍTULO II: DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL	
CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) POR MEDIO	
DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, EN LA FINCA SAN	
NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A. 27	
2.1	PRESENTACIÓN 29
2.2	MARCO CONCEPTUAL..... 31
2.2.1	Origen del ejote francés 31
2.2.2	Taxonomía y morfología..... 31
2.2.3	Fenología del cultivo..... 32
2.2.4	Requerimientos edafo – climáticos..... 32
2.2.5	Requerimientos nutricionales del cultivo 33
2.2.6	Importancia del nitrógeno en la planta..... 34
2.2.7	Importancia del fósforo en las plantas 35
2.2.8	Importancia del potasio en las plantas 35
2.2.9	Importancia del calcio en las plantas..... 36
2.2.10	Importancia del magnesio en la planta 37
2.2.11	Importancia del hierro en la planta 38
2.2.12	Importancia del zinc en la planta 38
2.2.13	Importancia del manganeso en la planta..... 39
2.2.14	Importancia del cobre en la planta..... 40
2.2.15	Curvas de crecimiento..... 41
2.2.16	Factores a considerar en las curvas de absorción 41
2.2.17	Importancia y utilidad de las curvas de absorción 42
2.2.18	Estudios de absorción de nutrientes..... 43
2.2.19	Curvas de absorción..... 44
2.3	MARCO REFERENCIAL 46
2.3.1	Ubicación geográfica del área experimental..... 46
2.3.2	Condiciones agroclimáticas de la zona 47
2.3.3	Resultados de análisis físico químico de la muestra de suelo presente en finca San Nicolás 48

	PÁGINA
2.3.4 Características del cultivar a utilizar	49
2.3.5 Antecedentes sobre el tema de investigación.....	50
2.4 OBJETIVOS.....	52
2.4.1 General	52
2.4.2 Específicos	52
2.5 HIPÓTESIS.....	52
2.6 METODOLOGÍA	53
2.6.1 Manejo agronómico previo al establecimiento de la parcela experimental	53
2.6.2 Labores previo a la siembra en campo	54
2.6.3 Manejo experimental.....	56
2.6.4 Variables de respuesta	60
2.6.5 Análisis de información	60
2.6.6 Metodología para la elaboración de curva de crecimiento.....	61
2.6.7 Metodología para la elaboración de curvas de absorción.....	61
2.6.8 Metodología para la determinación del total de absorción por cada nutriente	62
2.6.9 Metodología para la elaboración del plan de fertilización basado en las curvas de absorción	62
2.6.10 Manejo agronómico de la parcela experimental	64
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
2.7.1 Curvas de absorción de nutrientes	66
2.7.2 Concentración y absorción de nutrientes en el tejido vegetal de ejote francés.....	69
2.7.3 Curvas de absorción e incrementos porcentuales de nutrientes	71
2.7.4 Absorción total de macronutrientes y micronutrientes	77
2.7.5 Estimación de dosis a partir de cantidades absorbidas	78
2.7.6 Acumulación porcentual de nutrientes por cada órgano de ejote francés	79
2.7.7 Plan de fertilización.....	81
2.8 CONCLUSIONES	84
2.9 RECOMENDACIONES.....	85
2.10 BIBLIOGRAFÍA.....	86
2.11 ANEXOS.....	89

CAPÍTULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN FINCA SAN NICOLÁS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.....		91
3.1	PRESENTACIÓN	93
3.2	Servicio 1: Capacitación sobre el uso adecuado del equipo de protección personal y calibración de bomba de asperjar	94
3.3	Servicio 2: Determinación del efecto de la aplicación del producto comercial Humato de calcio en la producción de ejote francés.	98
3.4	Servicio 3: Recolección de muestreos de suelo para análisis físico químico	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación de Finca San Nicolás, Salamá, Baja Verapaz.	5
Figura 2. Parcela de la finca sembrada con ejote francés.	9
Figura 3. Suelo preparado para siembra	10
Figura 4. Tensiómetros colocados en parcelas.	11
Figura 5. Aplicación de productos químicos con bombas de aspersión.	12
Figura 6. Árbol de problemas, área de organización.	15
Figura 7. Árbol de problemas, área de nutrición vegetal	17
Figura 8. Árbol de problemas, área de manejo de plagas y enfermedades.....	19
Figura 9. Ubicación de Finca San Nicolás, Salamá, Baja Verapaz.	46
Figura 10. Temperatura promedio mensual, San Jerónimo, Baja Verapaz.	47
Figura 11. Precipitación mensual Estación San Jerónimo, Baja Verapaz.	48
Figura 12. Parcela neta experimental.....	57
Figura 13. Distribución de muestreos en el área experimental.....	58
Figura 14. Curva de acumulación (%) del nutriente P en el cultivo de ejote francés.....	63
Figura 15. Curva de acumulación de materia seca por planta de ejote francés.....	67
Figura 16. Curvas de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de ejote francés.	72
Figura 17. Curvas de absorción calcio y magnesio de ejote francés.....	72
Figura 18. Curvas de absorción de hierro, manganeso y cobre de ejote francés.....	73
Figura 19. Curvas de absorción de zinc y boro de ejote francés.....	73
Figura 20. Incrementos porcentuales de nitrógeno, fósforo y potasio en ejote francés...	74
Figura 21. Incremento porcentual de absorción de calcio y magnesio de ejote francés.	74
Figura 22. Incrementos porcentuales de hierro, manganeso y zinc en ejote francés.....	75
Figura 23. Incrementos porcentuales de cobre y boro de ejote francés.....	75
Figura 24A. Distribución porcentual de nitrógeno, fósforo y potasio de ejote francés.	89
Figura 25A. Distribución porcentual de calcio y magnesio en ejote francés.....	89
Figura 26A. Distribución porcentual de hierro, manganeso y zinc en ejote francés.	90
Figura 27A. Distribución porcentual de cobre y Boro en ejote francés.....	90
Figura 28. Reunión informativa con el personal de aplicaciones químicas.	95
Figura 29. Aplicador reconociendo las partes de una bomba de aspersión.	96

	PÁGINA
Figura 30. Práctica de calibración de bombas de aspersión.....	96
Figura 31. Áreas donde se realizaron muestreos.	108
Figura 32. Recolección de muestras de suelo.	109
Figura 33. Colocación de muestras de suelo en recipiente plástico.	109
Figura 34. Identificación de muestras, listas para envío a laboratorio.....	110

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Análisis FODA de finca San Nicolás.	13
Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas.....	21
Cuadro 3. Clasificación taxonómica del ejote francés.....	31
Cuadro 4. Requerimientos nutricionales del ejote francés.....	34
Cuadro 5. Análisis físico químico de suelo.....	49
Cuadro 6. Nutrientes y dosis (kg/ha) aplicadas a la parcela experimental.....	55
Cuadro 7. Nutrientes y dosis de los productos comerciales aplicados.	56
Cuadro 8. Descripción de muestreos y órganos analizados de ejote francés.....	59
Cuadro 9. Acumulación de materia seca por órgano y plantado de ejote francés	67
Cuadro 10. Concentración y absorción de macronutrientes para cada órgano.....	69
Cuadro 11. Concentración y absorción de microelementos analizado en ejote francés. ...	70
Cuadro 12. Absorción total de macronutrientes y micronutrientes de ejote francés.....	77
Cuadro 13. Estimación de dosis del elemento comercial (kg/ha) para nutrientes NPK.....	78
Cuadro 14. Requerimiento de nutrientes para producir 1 T, 5 T, 10T y 15 T de ejote francés.	79
Cuadro 15. Requerimiento y distribución de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O y B de ejote francés	82
Cuadro 16. Requerimiento y distribución de Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn de ejote francés.	82
Cuadro 17. Descripción de tratamientos para la evaluación de Humato de calcio en parcelas de ejote francés.	100
Cuadro 18. Rendimientos de ejote francés.	102
Cuadro 19. Prueba de hipótesis estadística para determinar el efecto de aplicación de calcio en el rendimiento de ejote francés	103
Cuadro 20. Análisis de costos.	104

DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PROFESIONALES PRESTADOS EN FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.

RESUMEN

El presente trabajo contiene el informe del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) durante el periodo de febrero a noviembre de 2018, en el municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz con el apoyo de la empresa Unispice. Este documento contiene las actividades de diagnóstico general, una investigación titulada “Determinación del requerimiento nutricional del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) por medio de curvas de absorción de nutrientes” y servicios realizados en la finca San Nicolás perteneciente de la empresa antes mencionada.

El capítulo I contiene un diagnóstico general de la finca San Nicolás en Salamá, Baja Verapaz, en donde se obtiene información importante sobre cómo se encuentra dicha finca y de las actividades que se realizan para la producción de ejote francés. Con los datos obtenidos y recorridos de campo se logró identificar y realizar un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) existentes en la finca. Por último, se determinó las principales problemáticas que afectan la producción de ejote francés como la ausencia de información sobre los requerimientos nutricionales del cultivo, falta de evaluación de láminas de riego y baja rotación de productos químicos. A partir de ahí se planteó una investigación de importancia y utilidad para la empresa.

El capítulo II trata sobre la investigación, en donde el principal objetivo fue determinar el requerimiento nutricional de ejote francés para las condiciones reales de la finca San Nicolás entre los meses de junio y agosto, se evaluó un programa de fertilización usada comúnmente dentro de la finca y otro usando una fertilización teórica de nitrógeno (N) 170 kg/ha, fósforo (P) 60 kg/ha y potasio (K) 160 kg/ha.

Las variables evaluadas fueron rendimiento de ejote francés en kilogramos por hectárea, materia seca por unidad de tiempo en gramos por planta y contenido de nutrientes. Debido al costo de los análisis de material vegetal no se utilizó un modelo estadístico. Por último, se realizaron las curvas de crecimiento y absorción de nutrientes en los órganos de la planta además de un plan de fertilización basado en las mismas.

Los resultados obtenidos en cuanto la absorción de nutrientes fue la siguiente: 406 kg de N/ha, 42 kg de P/ha, 496 kg de K/ha, 164 kg de Ca/ha, 62 kg de Mg/ha, 1,427 g de Fe/ha, 142 de g Cu/ha, 251 g de Zn/ha, 366 g de B/ha y 319 g de Mn/ha. Además, se determinaron tres momentos de aplicación de N, P, K y B a los (0 días a 28 días, 28 días a 50 días y 50 días a 60 días) y para Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn el requerimiento se debe de distribuir en cuatro fracciones (0 días a 28 días, 28 días a 35 días, 35 días a 50 días y 50 días a 75 días) durante un ciclo de cultivo de 77 días.

Por último, el capítulo III contiene los servicios realizados que consistieron en la capacitación para el personal de aplicaciones de productos químicos, la evaluación del producto comercial Humato de calcio y muestreos de suelo en distintas parcelas de la finca.

**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL REALIZADO EN LA FINCA SAN NICOLÁS,
SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.**



1.1 PRESENTACIÓN

Como parte de la primera fase del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó el diagnóstico sobre la situación actual de febrero a noviembre 2018 en la finca San Nicolás propiedad de la empresa Unispice, una agroexportadora dedicada a la producción de distintos cultivos por más de 10 años. Actualmente, Unispice tiene como cultivo principal el ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.). Este diagnóstico fue elaborado con el objetivo principal de conocer la importancia de los procesos involucrados en la producción de ejote francés.

En la república de Guatemala el 32.30 % de la población depende económicamente de actividades relacionadas con la agricultura (Juárez Suyén, 2015). El cultivo de ejote francés representa gran importancia debido a que es uno de los principales cultivos de exportación para el país junto con otros cultivos como el banano (*Musa spp.*), palma de aceite (*Elaeis guineensis*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), hule (*Hevea brasiliensis*), maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*) entre otros, abarcan una extensión territorial del 47.97 % del país generando un 38 % de la tasa de empleos para la población guatemalteca. (Juárez Suyén, 2015)

Dentro de las labores que requiere el cultivo de ejote francés están: mano de obra de forma permanente durante todo su ciclo en labores de cosecha y procesamiento post cosecha como despunte y selección de vainas. Por lo tanto, la producción de este cultivo genera trabajo para personas que vinculan en el sector rural del país.

Durante el tiempo de la práctica profesional supervisada se llevaron a cabo distintas actividades en las cuales el diagnóstico fue una de ellas, en donde se logró obtener información necesaria, que ayudó a identificar las principales problemáticas que afectan la producción de ejote francés como: ausencia de información de requerimientos nutricionales, falta de programas adecuados de riego, cultivo susceptible al ataque de plagas y enfermedades y baja rotación de productos químicos.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Empresa Unispice

Unispice es una empresa que se dedica a la producción y exportación de hortalizas como: ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), arveja china (*Pisum sativum*), zucchini (*Cucurbita pepo*) y maíz (*Zea mays*) esta empresa nació en 1991 en Guatemala, la planta central se encuentra en el km 21.5 Carretera a El Salvador. Esta empresa tiene como finca de producción principal a Finca San Nicolás que se encuentra en el municipio de Salamá, Baja Verapaz y trabaja con pequeños productores de diferentes departamentos a nivel nacional. Actualmente Unispice crece en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua con alianzas con Chile y África.

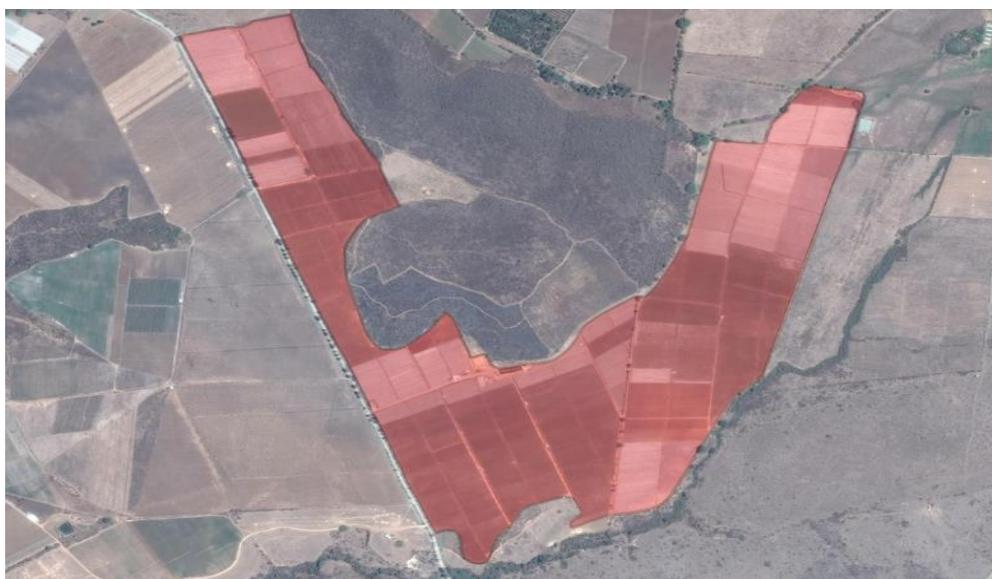
Esta empresa cuenta con certificaciones como: Global Gap, BRC (British Retail Consortium), Comercio justo, BSCI entre otras, las cuales garantizan la calidad de sus productos. Además Unispice tiene iniciativas como BEE FRIENDLY para la reducción de neocotinoídes que puedan afectar la población de abejas.

1.2.2 Finca San Nicolás

El área experimental se estableció en la finca "San Nicolás 2" productora de la empresa Unispice, esta se encuentra ubicada en la aldea San Nicolás del municipio de Salamá, Baja Verapaz con coordenadas de 15°7'33" N 90°19'11" O. Esta finca colinda al Sur con aldea Las Tunas, al Norte y Este con aldea Cachil y al Oeste con aldea Paso ancho. Las temperaturas de este municipio se encuentran entre 16.80 °C a 29.50 °C y con una precipitación anual de 691.10 mm.

Con la clasificación de suelos de Simmons para el área donde se encuentra esta finca los suelos tienen buen drenaje, los cuales son provenientes de ceniza volcánica blanca, que conforme el transcurrir del tiempo ha sido depositada sobre los valles y ríos del municipio. (Orellana Leal, 2005)

La siguiente figura muestra la extensión de la finca San Nicolás.



Fuente: elaboración propia utilizando Google Earth, 2019.

Figura 1. Ubicación de Finca San Nicolás, Salamá, Baja Verapaz.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Conocer la situación actual de la finca San Nicolás propiedad de la empresa Unispice dedica a la producción de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), Salamá, Baja Verapaz, Guatemala C.A.

1.3.2 Específicos

1. Conocer el manejo agronómico del cultivo de ejote francés realizado dentro de la finca.
2. Determinar las fortalezas y oportunidades que posee la finca dentro de los procesos de producción de ejote francés.
3. Priorizar y determinar los problemas de mayor importancia del sistema de producción de ejote francés en la finca San Nicolás.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Conocimiento del manejo agronómico del cultivo de ejote francés realizado dentro de la finca

La información recopilada para generar y realizar el presente diagnóstico se obtuvo a través de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias consistieron en la observación y recorrido de la finca y entrevistas realizadas a los técnicos de producción que laboran dentro de la finca. Para las fuentes secundarias se realizaron revisiones bibliográficas acerca de información básica del área de estudio como ubicación geográfica, clima, zonas de vida y suelos pertenecientes al departamento de Baja Verapaz.

Para la búsqueda de información sobre las actividades que se realizan en el manejo agronómico del ejote francés se hizo un recorrido dentro de las instalaciones de la finca y se utilizó la técnica de observación con la finalidad de conocer cada uno de los procesos que se llevan a cabo dentro del proceso de producción de ejote francés.

Los materiales utilizados fueron una libreta de campo en donde se fueron anotando cada uno de los procesos del manejo agronómico, desde la preparación de suelo hasta el manejo fitosanitario, en ocasiones en donde se presentaban dudas de alguna actividad se le preguntó al técnico encargado del área para la ampliación de tal información.

1.4.2 Determinación de las fortalezas y oportunidades que posee la finca

Para la obtención de esta información se realizaron entrevistas a los técnicos de producción en donde se hicieron una serie de preguntas, a través de esto se obtuvieron datos importantes acerca de algunos recursos con los que cuenta la finca, datos del área y de los procesos que se llevan a cabo en la producción de ejote francés todo esto con la finalidad

de identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas existentes dentro de la finca.

1.4.3 Identificación de las principales problemáticas a las que se encuentra expuesta la producción de ejote francés dentro de la finca

Se procedió a relacionar toda la información obtenida en los procesos de observación, recorrido de finca y entrevistas a los técnicos de la cual posteriormente se realizó un análisis FODA y la interpretación de los mismos con el objetivo de identificar los problemas de mayor magnitud que afectan en la producción del cultivo.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Manejo agronómico del cultivo de ejote francés dentro de Finca San Nicolás

A. Áreas de producción

La finca cuenta con un total de 125.30 ha destinadas específicamente para la producción de distintos cultivos de las cuales en su mayoría son utilizadas para la producción de ejote francés. Esto debido a que es el cultivo con mayor demanda y exportación en el mercado dentro del cual labora la empresa.

En la figura 2 se observa una parte de la finca San Nicolás sembrada con ejote francés.



Figura 2. Parcela de la finca sembrada con ejote francés.

B. Semilla

Dentro de las variedades de semillas de ejote francés que maneja la finca se encuentran la variedad Dinasty, Sapporo y Claudine, el uso de las distintas variedades depende de las condiciones climáticas y época del año. La variedad Claudine es la más utilizada ya que presenta una mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas y altos rendimientos de cosecha. Antes de realizar la siembra directa en campo las semillas son sometidas a un tratamiento con los productos Penflufen e Imidacloprid para su desinfección por hongos o daño por plagas de almacenamiento de granos, estos productos también favorecen a la germinación de semillas en campo.

C. Preparación de suelo

La preparación de suelos es de forma mecanizada con tractores Jhon Deere 6110 D con 110 Hp de potencia. Generalmente se realiza subsolado o arado del suelo dependiendo de la compactación que tenga, luego se pasa una rastra para mullir los terrones. Finalmente se pasa la surqueadora y se realizan los procesos, de fertilización base, colocación de mangueras, colocación de mulch y colocación de lañas.

La figura 3 muestra una parcela con suelo preparado listo para labores de siembra.



Figura 3. Suelo preparado para siembra

D. Fertilización

Inicialmente las áreas de siembra reciben una fertilización base la cual consiste en: 300 kg de fertilizante 18-46-0, 500 kg de yeso y 2,000 kg de abono orgánico. El programa de fertilización se realiza por medio de análisis de soluciones de suelo que se extraen de cada parcela y son analizadas por medio de un fotómetro. Al tener los resultados finales los datos se ingresan en una hoja dinámica en Excel que realiza un balance de nutrientes con los fertilizantes comerciales que se encuentran disponibles para la empresa. Los parámetros utilizados para los requerimientos nutricionales del cultivo son tomados de un documento web con información para el cultivo de ejote francés en condiciones hidropónicas.

E. Riego

El sistema de riego que se utiliza en la finca es por goteo, los turnos de riego, horarios de riego y láminas de riego son determinadas por medio de lectura de tensiómetros que se colocan en cada parcela. Si no se encuentran instalados tensiómetros en parcelas la humedad del suelo se determina manualmente, y el turno de riego se establece dependiendo la cantidad de parcelas que necesitan de riego.

La siguiente figura (4) muestra un tensiómetro colocado en una parcela para determinar la humedad existente.



Figura 4. Tensiómetros colocados en parcelas.

F. Manejo fitosanitario

Para controlar las plagas que se presentan en el cultivo de ejote francés se realizan actividades como colocación de trampas de color para las plagas como pulgones mosca blanca y chinches de igual manera trampas de pegamento atrayentes de adultos principalmente de gusanos (*Spodoptera frugiperda*). Además de estas prácticas se realizan controles con productos químicos preventivos (Imidacloprid) y erradicativos (Dimetoato) para las plagas que atacan al cultivo. No se cuenta con un manejo integrado de plagas para poder realizar un mejor control sobre estas y evitar resistencia de las plagas.

El manejo para enfermedades que afectan al cultivo de ejote francés es llevado a cabo con productos preventivos y curativos que en su mayoría son químicos y utilizados con el único objetivo de poder controlar las enfermedades y no afecten severamente el desarrollo y producción de las plantas.

En la figura 5 se observa una aplicación de rutina utilizando bombas de aspersión y productos químicos para el control de plagas en finca San Nicolás.



Figura 5. Aplicación de productos químicos con bombas de aspersión.

G. Control de malezas

Para esta actividad se hacen aplicaciones químicas con herbicidas como glifosato y gramoxone. Cuando las malezas se encuentran entre plantas de ejote francés se realiza limpieza manualmente, que consiste en arrancar las malezas (*Cyperus rotundus*) e (*Ipomea spp.*) de tal forma que no se dañe el cultivo de interés.

1.5.2 Determinación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a las que se encuentra expuesta la finca

Mediante la ejecución de las actividades anteriores se logró recopilar la información necesaria para el análisis FODA de la finca San Nicolás.

En el cuadro 1 se detallan las diferentes características de la empresa en donde son determinadas como fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Cuadro 1. Análisis FODA de finca San Nicolás.

Fortalezas	Oportunidades
Productos certificados	
Canales de comercialización establecidos	Crecimiento en el mercado nacional e internacional
Equipo y herramientas necesarias	Diversificación de cultivos
Alta demanda del producto	
Producto de exportación	Arrendamiento de áreas cercanas a la finca
Variedad de productos químicos	Obtención de certificaciones
Disponibilidad de personal para labores	Búsqueda de mejora continua en los procesos de producción
Debilidades	Amenazas
Ausencia de información de requerimientos nutricionales del cultivo	Alta competencia por empresas similares
Baja rotación de productos químicos	Pérdida de clientes
Falta de capacitaciones para trabajadores	Decrecimiento en el mercado
No se realizan calibraciones de equipos de aspersión	
Mal establecimiento de trampas	Incumplimiento de estándares de calidad e inocuidad
Cultivo susceptible a plagas y enfermedades	

El cuadro anterior fue elaborado mediante la información recopilada en las entrevistas realizadas a los técnicos de producción y sobre los aspectos que se observaron en los recorridos de la finca. En las fortalezas se colocaron los elementos que la finca tiene bajo control (productos certificados de exportación) también las ventajas o beneficios presentes, en la variable de debilidades se colocaron las deficiencias o carencias que son un obstáculo para la consecución de los objetivos en la producción (baja rotación de productos químicos, mal establecimiento de trampas, y ausencia de información sobre requerimientos nutricionales del cultivo). La variable de oportunidades abarca circunstancias del entorno que son potencialmente favorables para la finca (diversificación de cultivos y obtención de certificaciones). Por último para la variable de amenazas se identificaron los factores que ponen en riesgo el cumplimiento de los objetivos establecidos dentro de la empresa (alta competencia por empresas y decrecimiento del mercado).

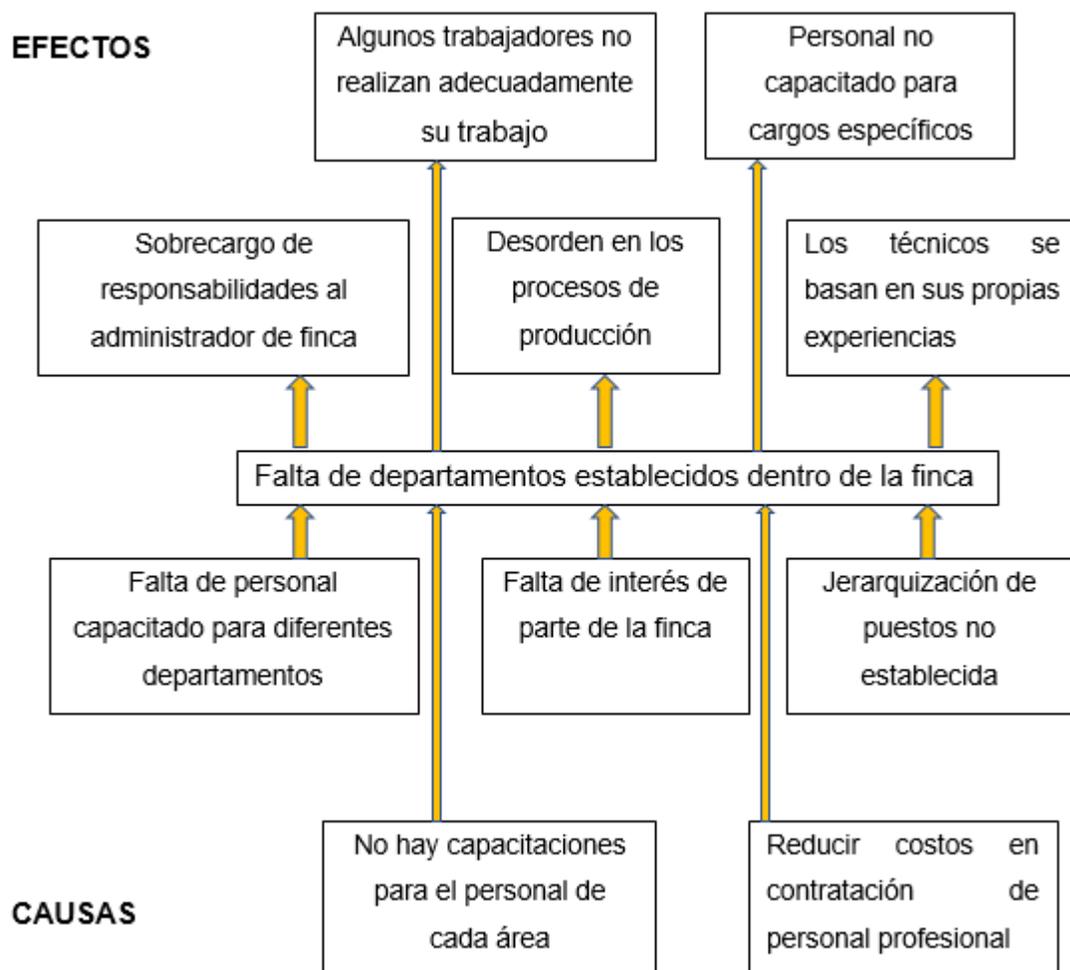
1.6 Descripción de las problemáticas que afectan la producción del cultivo de ejote francés dentro de la finca

Con la información recopilada con las distintas fuentes y técnicas, se procedió a exponer las problemáticas y dar a conocer posibles alternativas (recomendaciones) para mejorar el entorno del cultivo y aumentar la producción del ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.). Dentro de las principales problemáticas identificadas se pueden nombrar los siguientes:

- Falta de departamentos establecidos dentro de la finca.
- Los programas de fertilización no están basados en los requerimientos nutricionales del cultivo.
- Ausencia de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades.

Los problemas mencionados anteriormente presentan causas y efectos que ponen en riesgo la producción de ejote francés. Por lo cual cada uno de ellos será detallado en los arboles de problemas presentados en las figuras 6, 7, y 8.

1.6.1 Árboles de problemas



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 6. Árbol de problemas, área de organización.

Análisis causa-efecto

En la figura 6 se logra observar la importancia que tiene el contar con una organización departamental dentro de la finca. Cabe mencionar que si la finca se encontrara dividida por departamentos la logística de cada proceso sería más eficiente y productiva.

También se logra observar que por ejemplo el no contar con personal especializado para cada área, afecta de manera significativa al administrador de la finca debido a la sobrecarga de actividades que este realiza y supervisa. No se realizan capacitaciones a los trabajadores por lo que este factor afecta en la forma productividad y eficiencia con la que se realizan los distintos labores.

Por lo tanto es necesario poder establecer cada departamento dentro de la finca, tanto puestos administrativos como productivos con la finalidad de mejorar los procesos que se llevan a cabo para la producción de vegetales.



Fuente: elaboración propia, 2019.

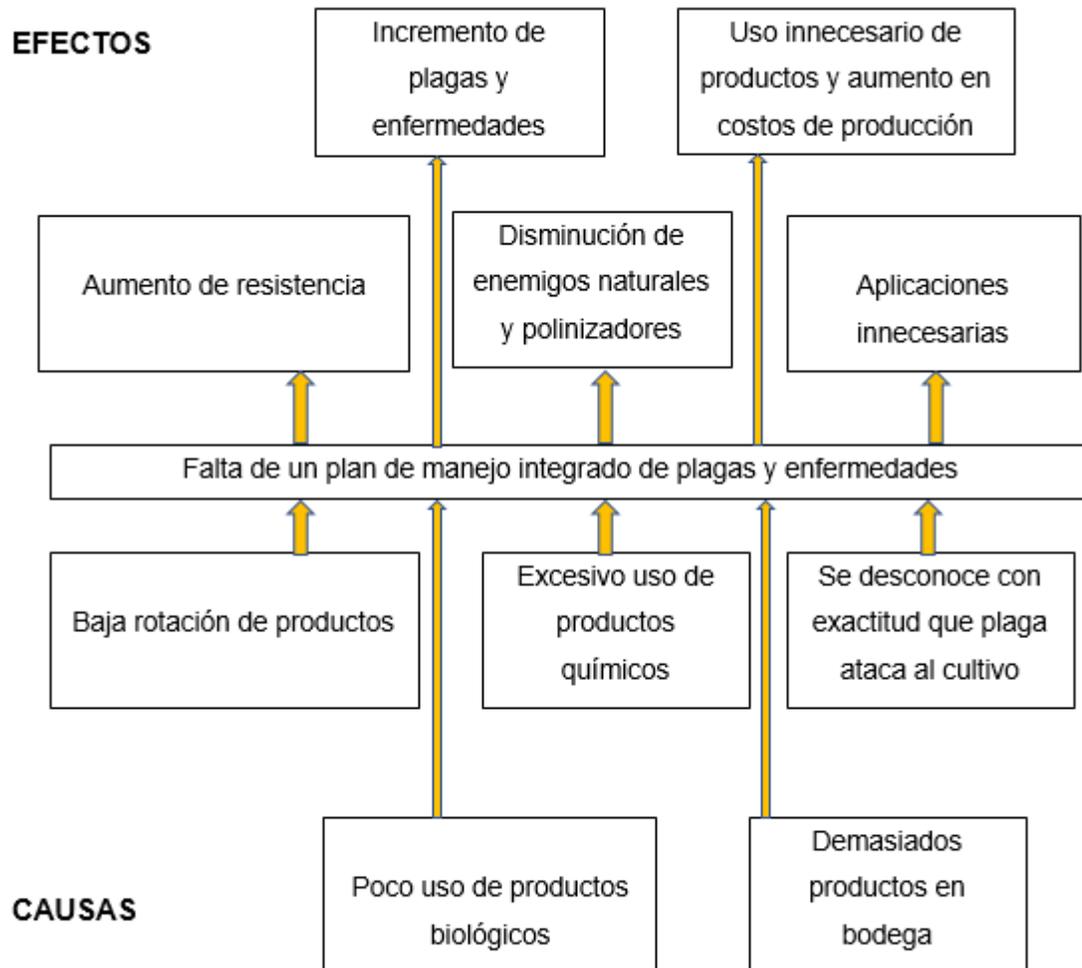
Figura 7. Árbol de problemas, área de nutrición vegetal

Análisis causa-efecto

El ejote francés de igual forma que los demás cultivos, tiene requerimientos nutricionales específicos, los cuales dependen de la etapa fenológica en la que se encuentre, como también de los factores externos, como suelo y clima. Es importante tomar en cuenta que la exigencia o demanda de nutrientes es diferente dentro de cada órgano de la planta.

En la figura anterior se puede observar las causas y efectos que conllevan el no contar con los requerimientos nutricionales del cultivo como por ejemplo: excesivo uso de fertilizantes, pérdidas por rechazo de producto y bajos rendimientos de cosecha. El poder implementar un estudio para determinar las cantidades de nutrientes que exige la planta favorece en la producción, mejorando su calidad y disminuyendo costos de producción en compra de fertilizantes.

Es importante poder realizar un análisis químico de suelo y foliar para posteriormente hacer estudios sobre el requerimiento nutricional del ejote francés para cada área de producción. Con dicha información se pueden implementar adecuados planes de fertilización dentro de la finca.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 8. Árbol de problemas, área de manejo de plagas y enfermedades.

Análisis causa-efecto

Anteriormente en la figura 8 se detalla la importancia del uso de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades dentro de la finca. Erróneamente se ha mantenido una idea de que la mejor forma de prevenir o combatir las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos es haciendo aplicaciones con productos químicos. Actualmente este concepto ha cambiado y se implementado el uso de un plan de manejo integrado de de plagas y enfermedades en donde la última opción es hacer uso de productos químicos que afecten el medio ambiente.

En el caso del control de plagas y enfermedades que cuenta la finca San Nicolás es hacer aplicaciones constantes de productos plaguicidas, sin tener el conocimiento de cuales plagas se encuentran afectando exactamente a la plantación, tampoco se toma en cuenta el ciclo de vida o biología que tienen dichas plagas.

Considerando que la excesiva aplicación de productos químicos induce a la resistencia de ingredientes activos, lo cual puede también ser provocada por no rotar las familias químicas o productos dentro de una familia; tiene efectos negativos en cuanto a la biodiversidad de insectos los cuales pueden ser benéficos al tratarse de una población de enemigos naturales y polinizadores. Para poder evitar lo anteriormente mencionado se sugiere utilizar organismos biológicos como entomopatógenos, depredadores o parasitoides que contribuyen a un mejor manejo de las plagas y enfermedades.

1.6.2 Matriz de priorización de problemas

El siguiente cuadro presenta una matriz de los problemas planteados anteriormente con la finalidad de establecer el de mayor importancia para la finca.

Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas

No.	Problema	Afecta el desarrollo del cultivo (1-10)	Disminuye rendimiento y calidad del cultivo (1-10)	Eleva los costos de producción (1-10)	Total
1	Falta de departamentos establecidos dentro de la finca	5	6	8	19 (C)
2	Programas de fertilización no están basados en requerimientos nutricionales del cultivo	9	9	10	28 (A)
3	Falta de un manejo integrado de plagas y enfermedades	7	8	7	22 (B)

Fuente: elaboración propia, 2019.

Con base a la matriz anterior se determinó que el problema de mayor impacto dentro de la finca San Nicolás, es que los programas de fertilización no están basados en los requerimientos nutricionales del cultivo por lo que es sumamente necesario y conveniente invertir recursos para poder desarrollar un estudio en donde se evalúe la demanda de nutrientes en distintas etapas fenológicas de ejote francés. El segundo problema en importancia es la falta de un manejo integrado de plagas y enfermedades por lo que es necesario poder analizarlas, tomando en cuenta todos los factores que intervienen y así poder establecer prácticas ayuden a la disminución de los daños que estas ocasionan. Finalmente se determinó que el tercer problema importante es la falta de departamentos establecidos dentro de la finca, tomando en cuenta los efectos que este presenta en la producción de ejote de ejote francés, se sugiere establecer una organización por departamentos dentro de la finca y poder mejorar los procesos en cada área.

1.7 CONCLUSIONES

1. Dentro de las actividades que se realizan para el manejo agronómico del cultivo de ejote francés están: preparación de suelo, siembra, labores culturales, manejo de plagas y enfermedades, control de maleza, fertilización y riego.
2. Dentro de las fortalezas que se lograron identificar para finca San Nicolás se encuentran las siguientes: productos certificados, canales de comercialización establecidos, alta demanda y exportación del cultivo, disponibilidad de personal para labores, variedad de productos fitosanitarios y supervisión de áreas con Drone Deploy. Las oportunidades identificadas son: crecimiento en el mercado nacional e internacional, diversificación de cultivos, arrendamiento de áreas cercanas a la finca, obtención de otras certificaciones y búsqueda de mejora continua en los procesos de producción del cultivo.
3. Las problemáticas que afectan en mayor proporción la producción de ejote francés son: Ausencia de información de requerimientos nutricionales, falta de programas de manejo integrado de plagas y enfermedades y la falta de una organización departamental dentro de la finca.

1.8 RECOMENDACIONES

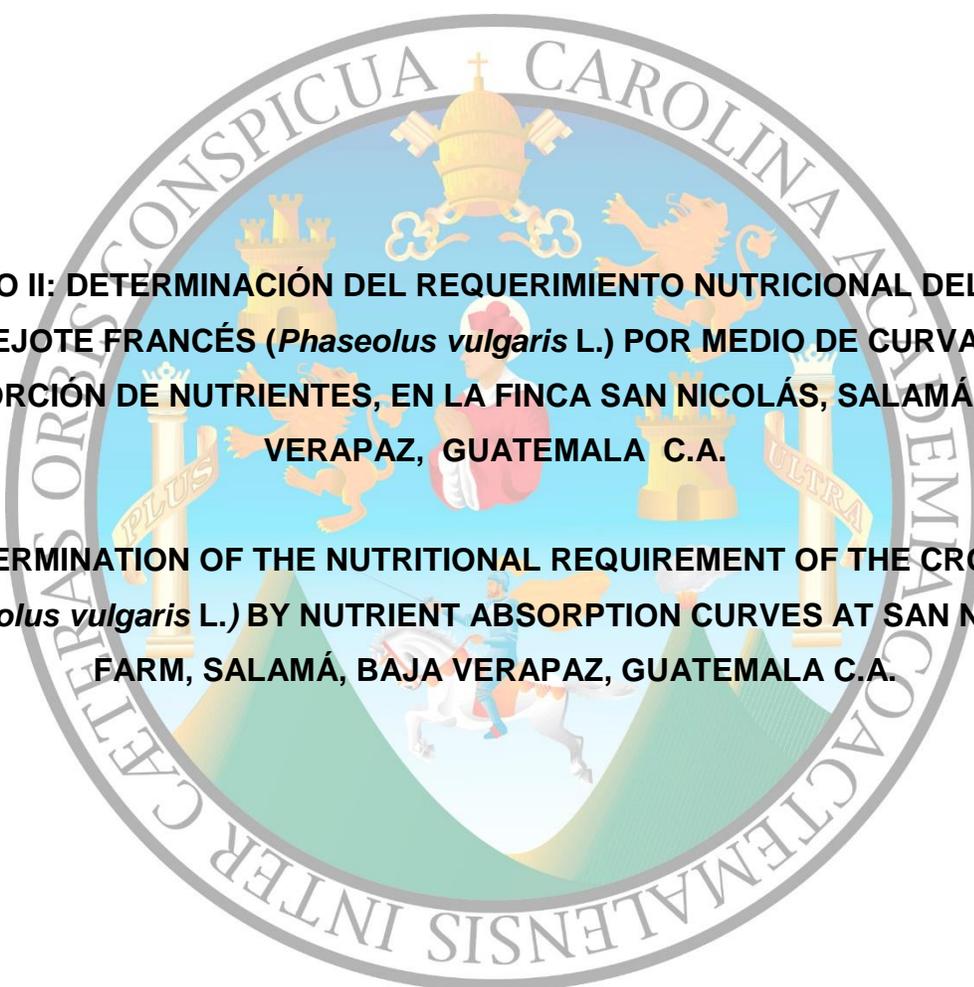
1. Realizar curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de ejote francés para poder determinar los requerimientos reales del cultivo
2. Implementar un plan de manejo integrado para el los cultivos establecidos dentro de la finca, y poder reducir la incidencia de plagas y enfermedades que afectan las plantaciones.
3. Realizar estudios dentro de los sectores de la finca para poder determinar un diseño de riego que se ajuste a los requerimientos hídricos de los cultivos.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

- Juárez Suyén, L. E. (2015). *Determinación de ácidos húmicos y fúlvicos de la materia orgánica y su relación sobre las propiedades físicas y químicas en suelos andisoles del departamento de Chimaltenango, Guatemala Centroamérica. Diagnóstico y servicios realizados en el Laboratorio de Suelos, Planta y Agua "Salvador Castillo".* Obtenido de (Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2531/1/LUIS%20EMILIO%20JU%C3%81REZ%20OSUY%C3%89N.pdf>
- Orellana Leal, L. F. (2005). *Determinación de la presencia de nematodos de la sub-familia Heteroderinae asociados al cultivo de la papa Solanum tuberosum L. en Salamá Baja Verapaz, Guatemala.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02338.pdf>



Polando Ramiro

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a figure on a white horse. Above the shield is a golden crown with a cross on top. The shield is flanked by two golden lions. The entire emblem is surrounded by a grey border containing the Latin text 'UNIVERSITAS CAROLINA ACADÉMICA GUATEMALENSIS INTER CÆTÉRAS ORBIS CONSPICUA'.

CAPÍTULO II: DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.

DETERMINATION OF THE NUTRITIONAL REQUIREMENT OF THE CROP OF (*Phaseolus vulgaris* L.) BY NUTRIENT ABSORPTION CURVES AT SAN NICOLÁS FARM, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) es una hortaliza de gran importancia y demanda en el mercado local e internacional ya que dentro de sus características se encuentra que es una planta comestible con alto contenido de vitaminas y minerales. A nivel de Guatemala, este cultivo contribuye en la economía de la población ya que dentro de sus actividades se encuentra la mano de obra, que es requerida de manera permanente, brindando así ingresos económicos para las personas que laboran dentro del proceso de producción. (Eurecna, Venecia, 2014)

El manejo nutricional de los cultivos es uno de los pilares importantes tanto en el desarrollo como en la obtención de adecuadas metas de rendimiento; si al cultivo no se le provee adecuadamente tanto en cantidad como en el tiempo de los nutrientes esenciales se deja percibir lo mencionado anteriormente. El requerimiento de macronutrientes por parte del cultivo de ejote francés es de 170 kg/ha de nitrógeno (N), 60 kg/ha de fósforo (P) y 160 kg/ha de potasio (K). (Laserna, Laserna Arcas, & Laserna Arcas, 2016)

La empresa Unispice S. A. es una agroexportadora que se dedica a la producción y comercialización de hortalizas no tradicionales, siendo el cultivo de ejote francés el de mayor importancia a nivel local y extranjero. Debido a lo anterior, las exigencias en cuanto a cantidad y calidad del producto es alta durante todo el año. El manejo nutricional para los distintos cultivos se encuentra basado en información generada por casas comerciales de fertilizantes y datos empíricos generados en distintas regiones del país influyendo significativamente en la producción total y calidad de los cultivos que genera dicha empresa.

Las curvas de absorción de nutrientes son graficas que permiten conocer la cantidad de nutrientes que extrae la planta durante los distintos tiempos de desarrollo. Estas curvas permiten generar aplicaciones de fertilizantes de manera adecuada y aprovechable para la planta ya que son basadas en los requerimientos reales de la misma.

A causa de esto se realizó una investigación en el área experimental de producción de la empresa con los análisis adecuados que permitieron generar información y así determinar las curvas de absorción de los distintos nutrientes, el orden descendiente para los macronutrientes fueron los siguientes: potasio (K) 496 kg/ha, nitrógeno (N) 406 kg/ha, calcio (Ca) 164 kg/ha, Magnesio (Mg) 62 kg/ha y fósforo (P) 42 kg/ha. Para los micronutrientes el orden de absorción de forma descendiente fue: hierro (Fe) 1,427 g/ha, boro (Bo) 366 g/ha, manganeso (Mn) 319 g/ha, zinc (Zn) 251 g/ha y cobre (Cu) 142 g/ha durante un ciclo completo del cultivo de ejote francés.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Origen del ejote francés

El ejote francés es una planta perteneciente a la familia de las leguminosas, su origen proviene del continente americano. Después de la época de la conquista este cultivo empezó a ser distribuido por el mundo por portugueses y españoles (Eurecna, Venecia, 2014).

2.2.2 Taxonomía y morfología

Este cultivo pertenece a la familia de las fabáceas, y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. Es una planta anual de hábito herbáceo, se caracteriza por tener hojas compuestas por tres folíolos, las flores se encuentran en forma de racimo de color blanco y la altura que puede llegar a alcanzar esta planta oscila entre 50 cm a 60 cm. (Schaart López, 2012) En el cuadro 3 se describe la clasificación botánica del cultivo de ejote francés.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica del ejote francés.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

Fuente: Schaart López 2012.

2.2.3 Fenología del cultivo

Está conformado por dos etapas fenológicas las cuales son: una fase vegetativa y una fase reproductiva. La fase vegetativa comienza desde el momento en que la semilla es sembrada hasta el momento en que empiezan a aparecer flores, esta es fácil de identificar ya que la planta aumenta considerable su materia seca debido a que ha estado realizando procesos fisiológicos que le permiten un aumento en biomasa. Por otro lado la fase reproductiva inicia en cuanto surge el apareamiento de flores y termina hasta que los frutos se encuentran listos para ser cosechados. (González, 2003)

Cada fase se encuentra conformada por cierto conjunto de etapas. Dentro de la fase vegetativa están: V0 germinación, V1 emergencia, V2 aparición de primeras hojas, V3 primer hoja trifoliada, V4 apareamiento de la tercer hoja trifoliada. La fase reproductiva por su parte también está conformado por distintas etapas en las que se encuentra la R5 como prefloración, R6 floración, R7 formación de vainas, R8 ocurre el llenado de vainas, R9 se conforma por la maduración de vainas. (Fernández de C., Gepts, & López, 1986)

2.2.4 Requerimientos edafo – climáticos

A. Clima

Las condiciones climáticas a las cuales se obtengan calidad y rendimientos adecuados en la producción de ejote dependerán de las características y recomendaciones de la variedad a cultivar. Generalmente este cultivo se puede desarrollar en alturas que van desde 1,400 m a 2,200 m s.n.m. en rangos de temperatura de 15 °C a 25 °C. (González, 2003)

B. Suelo

El ejote francés presenta un desarrollo adecuado en suelos de tipo franco, con buen contenido de materia orgánica, fértiles, con buena capacidad de drenaje, y que tengan un pH de 6 a 7. (González, 2003)

C. Riego

El agua como en cualquier otro cultivo es fundamental para el crecimiento y desarrollo del mismo. Para el cultivo de ejote el método más recomendado es por goteo, ya que usando este tipo de riego, se hace un eficiente uso de agua, se evitan salpicaduras de suelo que puedan proliferar enfermedades fungosas. De acuerdo con etapa de crecimiento en que se encuentre la planta se puede utilizar una frecuencia de riego de uno a tres días. (González, 2003)

D. Fertilización

Para poder garantizar un máximo rendimiento del cultivo es de suma importancia proporcionar al cultivo una adecuada fertilización. Para conocer las cantidades necesarias de macro elementos y micro elementos que se deben suministrar al cultivo se debe tomar en consideración el requerimiento nutricional del mismo como también realizar un análisis de suelo y así poder desarrollar un plan de fertilización adecuado. (González, 2003)

2.2.5 Requerimientos nutricionales del cultivo

Para poder realizar una adecuada fertilización para el cultivo es necesario contar con información sobre un análisis del suelo en donde se establecerá el cultivo, como también los requerimientos reales del cultivo. Los requerimientos nutricionales del ejote francés son: N 170 kg/ha, P 60 kg/ha y de K 160 kg/ha. (Laserna, Laserna Arcas, & Laserna Arcas, 2016)

En el cuadro 4 se presentan los requerimientos nutricionales de los macronutrientes primarios para el cultivo de ejote francés.

Cuadro 4. Requerimientos nutricionales del ejote francés.

Requerimiento nutricional por hectárea		
Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)
170	60	160

Fuente: Laserna, Laserna Arcas, & Laserna Arcas 2016.

2.2.6 Importancia del nitrógeno en la planta

El nitrógeno es el elemento que presenta mayores efectos en cuanto al crecimiento de la planta. El nitrógeno se encuentra de forma orgánica e inorgánica dentro del sistema planta, sin embargo se almacena y tiene mayor uso cuando se encuentra de forma orgánica. Este nutriente desempeña varias funciones de suma importancia para la planta ya que es constituyente de moléculas como clorofila, adenosín trifosfato (ATP), enzimas, proteínas, hormonas, aminoácidos, además el nitrógeno también tiene participación en los procesos metabólicos de la planta como lo es la utilización de carbohidratos. (Perdomo & Barbazán, 2001)

Las cantidades de nitrógeno relacionados al peso de materia seca se encuentran entre 1 % y 5 %, también se puede decir que la mayor concentración de este nutriente en las plantas se encuentra en las partes jóvenes. Para los cultivos que son leguminosas como el ejote las concentraciones de nitrógeno es mayor a comparación de las concentraciones que se presentan en gramíneas. Generalmente en leguminosas la concentración oscila entre un 2 % y 3 %. (Perdomo & Barbazán, 2001)

2.2.7 Importancia del fósforo en las plantas

El fósforo es un macronutriente de mucha importancia en los procesos metabólicos que ocurren dentro de la planta, este elemento es absorbido por la planta de la solución suelo en dos distintas formas: una como anión monovalente como H_2PO_4^- la cual es la forma con absorción predominante dentro del sistema de la planta ya que se encuentra disponible a un pH entre 4.5 y 7. El fósforo también es absorbido por la planta como anión divalente es decir como HPO_4^{2-} el cual es absorbido en menor cantidad ya que su disponibilidad se encuentra en un pH básico. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

Las funciones que juega el fósforo dentro de la planta son procesos fisiológicos de mucha importancia para el óptimo desarrollo del sistema de la planta, ya que este elemento es constituyente de macromoléculas como los ácidos nucleicos como ADN y ARN, y fosfolípidos, además es componente principal de la molécula de ATP responsable de la captación, almacenamiento y transferencia de energía requeridos para los procesos fisiológicos de las plantas. Este elemento es importante para la generación de células nuevas como la producción radicular de las plantas, por lo cual se encuentra concentrado en mayores cantidades en órganos en crecimiento como las hojas jóvenes, flores y semillas aun en desarrollo. (Fernández, 2007)

2.2.8 Importancia del potasio en las plantas

El potasio es absorbido por las plantas en forma de catión monovalente K^+ , la planta absorbe potasio en grandes cantidades debido a que este es transportado por medio de difusión dentro del sistema de la planta. El potasio cumple con funciones fisiológicas y metabólicas dentro de la planta, fisiológicamente el potasio influye sobre la velocidad de reacción de distintas enzimas dentro de las cuales se encuentran aquellas que contribuyen a los procesos metabólicos que realizan los carbohidratos y proteínas. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

Dentro de los procesos metabólicos en los cuales presenta importancia el potasio se encuentra la actividad estomática de las plantas ya que este regula la apertura y cierre de estomas dependiendo su concentración dentro del sistema. La deficiencia de potasio en las plantas tiene influencia en cuanto al crecimiento y producción de las plantas, ya que en sus bajas concentraciones el proceso de fotosíntesis disminuye, reduciendo también la acumulación de carbohidratos. (Estrada Gomez, 2010)

2.2.9 Importancia del calcio en las plantas

El calcio en comparación con otros elementos este para su transporte no requiere de energía ya que su movimiento es por el cambio de entropía que existe dentro del sistema. Este elemento es suministrado por el xilema, y está relacionado con la transpiración de la planta, motivo por el cual también es afectado por las condiciones climáticas que limitan la transpiración del cultivo. El calcio es un elemento limitado en movilidad por lo tanto su deficiencia se presenta en zonas de crecimiento como lo son las hojas jóvenes. (Piedrahita, 2012)

Este macronutriente cumple con varias funciones dentro del metabolismo de las plantas, muy importante debido a que es un cofactor necesario para la activación de enzimas que llevan a cabo distintos procesos dentro del metabolismo de las plantas. Dentro de las funciones que realiza el elemento calcio dentro de las plantas se pueden mencionar. (Piedrahita, 2012)

- Influye en la elongación celular.
- Es constituyente de la pared celular de la planta.
- Metabolismo del almidón.
- Captación y metabolismo de nitratos.
- Cofactor para reacciones enzimáticas.
- Estimula la fotosíntesis.

Además el calcio influye en la concentración de otros elementos como por ejemplo: permite incrementar la absorción de amonio, fósforo y potasio. (Piedrahita, 2012)

2.2.10 Importancia del magnesio en la planta

Este elemento es absorbido por las plantas en forma de catión divalente como Mg^{2+} , su disponibilidad depende de varios factores, al igual que otros nutrientes depende del pH en el que se encuentre, también es influenciado por el tipo de suelo, y por la concentración de calcio existente. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

Dentro de las funciones que cumple el magnesio se encuentra la importancia que presenta dicho nutriente para el proceso de fotosíntesis ya que es el átomo central de la molécula de clorofila. El magnesio participa también en la activación de enzimas, en el proceso de respiración de las plantas, como también en la síntesis de proteínas. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

Este nutriente tiene una importante relación con el calcio ya que son nutrientes antagónicos, por lo cual al existir una alta concentración de calcio la absorción de magnesio es menor, y pueden presentarse deficiencias dentro de la planta, presentando síntomas de clorosis en las hojas bajas. De manera contraria al existir una baja concentración de calcio, el magnesio es absorbido en grandes cantidades lo cual puede provocar fitotoxicidad dentro de la planta, debido a esto es importante considerar la relación Ca/Mg dentro de los planes de fertilización. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

2.2.11 Importancia del hierro en la planta

El hierro es un elemento que es absorbido en el suelo de forma catiónica como Fe^{3+} y Fe^{2+} , pero dentro del sistema de las plantas el hierro es mayormente absorbido como Fe^{2+} , para que este sea asimilado dentro de las plantas en su forma catiónica de Fe^{3+} es necesario que se reduzca en la superficie de las raíces para que posteriormente sea absorbido y transportado vía citoplasma. Este elemento favorece el proceso de fotosíntesis ya que se encuentra involucrado en el desarrollo de cloroplastos y en la biosíntesis de clorofila. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

El hierro dentro de sus funciones en el sistema de la planta también es un constituyente de metal proteínas, y se ve involucrado en el transporte de electrones en la fotosíntesis. Este nutriente forma parte de las proteínas hemo y Fe-S. Las proteínas hemo son importantes para la formación de un grupo prostético de citocromos lo cuales son los encargados del transporte de electrones en la respiración, además las proteínas hemo incluyen la citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa, leghemoglobina la cual es quien proporciona un color rosado en los nódulos de las leguminosas. Las proteínas Fe-S o ferridoxina es una proteína que por su potencial redox tiene la capacidad de transferir electrones que son necesarios para varios procesos metabólicos. (Kyrkby & Römheld, 2007)

La deficiencia de este elemento presenta síntomas de clorosis intervenal en hojas jóvenes debido a que es un nutriente poco móvil dentro de la planta.

2.2.12 Importancia del zinc en la planta

El zinc es absorbido por la planta únicamente como un catión divalente es decir como Zn^{2+} , es un elemento de mediana movilidad dentro de la planta y es transportado a través del xilema. Se encuentra disponible en alta cantidades cuando el pH es ácido, y su disponibilidad disminuye a un pH básico como también cuando existen interacción debido a

la concentración de otros micronutrientes, evitando la absorción del mismo. (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

Dentro de las funciones de este elemento se puede mencionar que es un activador enzimático, también existen enzimas que dependen de este micronutriente y son necesarias para llevar a cabo procesos metabólicos de los carbohidratos principalmente en las hojas. (Kyrkby & Römheld, 2007) El zinc es importante para la protección de los lípidos de la membrana ya que forma complejos con fosfolípidos y sulfridrilos los cuales evitan que ocurra una oxidación de la membrana y de las proteínas. También es importante porque forma parte del aminoácido triptófano el cual es un precursor de auxinas como por ejemplo del ácido indol-3-acético (AIA). (Rodríguez S. & Flórez R., 2004)

Los síntomas de deficiencia de zinc son clorosis en las hojas, disminución del tamaño de hojas, manchas de color café debido a la muerte celular. (Amezcuca & Lara, 2017)

2.2.13 Importancia del manganeso en la planta

El micronutriente manganeso es absorbido por las plantas como un catión divalente como Mn^{2+} , la planta presenta facilidad para extraer este nutriente del suelo cuando este se encuentra con una adecuada disponibilidad. Se encuentra distribuido dentro de la planta en tejidos meristemáticos o en partes con desarrollo, como lo son las hojas nuevas, lo cual indica que se trata de un elemento con movilidad limitada dentro del sistema planta, su deficiencia es poco común pero siempre dependerá de la concentración de este elemento que exista en el suelo. Por otra parte también se han realizado análisis de las concentraciones de Mn en tejidos de almacenamiento en raíz, en semillas y frutos sin embargo las concentraciones han sido menores, determinando la poca movilidad que tiene este nutriente dentro del floema. (Manzano Gutiérrez, 2013)

La concentración crítica de manganeso dentro de las plantas depende de varios factores como lo son: la variedad o especie, la etapa de crecimiento en que se encuentre la planta y

por supuesto el órgano vegetal que se esté analizando. Altas concentraciones de este elemento pueden llegar a causar problemas de toxicidad dentro del sistema de la planta, generalmente la dosis toxica más variable es a partir de 400 mg/kg. (Manzano Gutiérrez, 2013)

2.2.14 Importancia del cobre en la planta

El cobre en las plantas es un nutriente esencial debido a la importancia que este presenta en las planta. Es requerido en cantidades pequeñas, sin embargo la ausencia de tal elemento afecta considerablemente a los procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, fijación de nitrógeno entre otros. (Manzano Gutiérrez, 2013)

Cuando el cobre es deficiente en la planta el proceso de fotosintético es afectado debido a que aproximadamente el 70 % de cobre se encuentra concentrado en la clorofila y al existir deficiencia de cobre la clorofila se deteriora de manera más rápida, disminuyendo la eficiencia fotosintética que realiza la planta. La concentración de cobre en las plantas generalmente se encuentra en un rango de 5 mg/kg - 20 mg/kg, teniendo un nivel crítico de concentración en 4 mg/kg. El cobre se presenta como un elemento móvil cuando se tiene un adecuado abastecimiento del elemento, pero en situaciones contrarias en donde se carece de este nutriente entonces se comporta como un elemento inmóvil. La distribución del cobre principalmente se encuentra en plántulas nuevas, disminuyendo su concentración a medida que las plántulas van madurando. (Sierra, 2016)

La deficiencia del cobre se presenta en las extremidades de las hojas a punto de retoñar, las hojas se estrechan y comprimen la superficie foliar, el crecimiento de las plantas también es afectado ya que se pueden presentar entrenudo cortos y achaparramiento. La toxicidad por cobre es inducida al uso de fertilizantes, fungicidas u otros productos a base de este elemento lo cual hace que cantidades de cobre se incorporen al suelo y planta provocando toxicidad. El principal síntoma por toxicidad de dicho elemento es la clorosis intensa en las hojas viejas. (Sierra, 2016)

2.2.15 Curvas de crecimiento

La importancia de las curvas de crecimiento es que a partir de su realización se pueden establecer las etapas fenológicas con mayor relevancia en el desarrollo del cultivo y la participación de cada tejido en ellas. Para poder realizar curvas de absorción de nutrientes es necesario realizar previamente una curva de crecimiento de peso seco del cultivo de interés. (García Nova, 2014).

El crecimiento de las plantas presentará diferencias debido a que esto depende del tiempo que necesitan para desarrollarse. Por tal razón las curvas de crecimiento se clasifican dependiendo si se trata de un cultivo anual o perenne.

El cultivo de ejote francés es un cultivo anual de tallo herbáceo, y dentro de su curva de crecimiento se presentan cinco puntos importantes los cuales son:

- Fase inicial.
- Fase rápida de incremento en el crecimiento.
- Fase donde se presenta una tasa de incremento que disminuye gradualmente.
- Fase de madurez y final de crecimiento de la planta.
- Fase de senectud y muerte.

Las plantas en su proceso de desarrollo inicial incrementan peso de manera lenta, más sin embargo cuando comienzan a producir mayor número de hojas que perciben más radiación solar la acumulación de materia seca incrementa considerablemente y de manera más rápida. (Estrada Gomez, 2010)

2.2.16 Factores a considerar en las curvas de absorción

Las curvas de absorción son representaciones gráficas útiles para determinar la extracción de un nutriente y conocer la cantidad en que está siendo extraído por la planta durante su

ciclo productivo. Las curvas de absorción se ven influenciadas por factores internos y externos. (Sancho V., 2001)

A. Factores internos

Dentro de estos se pueden mencionar: la genética de la planta a evaluar, por lo cual realizar estos estudios debe de ser de manera propia e individual para cada distinto cultivo. Otro factor interno que influye es la edad de la planta ya que dependiendo de la etapa de desarrollo en que se encuentre así será la extracción de nutrientes que realice, teniendo como beneficio el poder determinar puntos de máxima absorción de nutrientes durante el ciclo productivo de la planta. (Sancho V., 2001)

B. Factores externos

Los factores externos que influyen en las curvas de absorción son factores climáticos como la temperatura, brillo solar, viento, etcétera. (Sancho V., 2001)

2.2.17 Importancia y utilidad de las curvas de absorción

Las curvas de absorción permiten dar a conocer el momento exacto en el cual la planta realiza una mayor extracción de nutrientes durante su crecimiento, conociendo dicho momento se pueden realizar aplicaciones de fertilizantes en momentos adecuados y así poder lograr un mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados para el desarrollo la planta. También permite conocer cuál es el nutriente que la planta requiere o extrae en mayor cantidad para posteriormente aplicarlo en las cantidades que la planta lo requiere. (Sancho V., 2001)

Las curvas de absorción permiten hacer comparaciones del comportamiento entre la absorción total y la absorción de nutrientes en los diferentes tejidos de la planta, una

herramienta de gran utilidad para poder elaborar planes de manejo en cuanto a nutrición durante el ciclo completo de desarrollo del cultivo. (García Nova, 2014)

2.2.18 Estudios de absorción de nutrientes

Existen tres tipos de estudios sobre la absorción de nutrimentos en los cultivos:

A. Extracción total

Este tipo de estudio permite establecer una dosis de fertilizante para el cultivo. Para llevarse a cabo debe de conocerse el consumo total de nutrientes del cultivo en estudio, posteriormente se puede estimar una dosis aproximada de fertilizante necesaria a aplicar que permita obtener un rendimiento deseado. Para lograr dicho rendimiento se deben de enfrentar el consumo total de nutrientes del cultivo con la cantidad de nutrientes presentes en el suelo definiéndole cierto porcentaje de eficiencia y así poder determinar la cantidad de nutrientes necesarios que entren al sistema para poder alcanzar el rendimiento establecido. (Bertsch & Floria, 2005)

B. Extracción total para mejorar la eficiencia de la aplicación de fertilizantes

Si se tiene conocimiento del requerimiento total de nutrientes del cultivo y se conoce el programa de fertilización que comúnmente se le brinda al cultivo es más probable notar las diferencias y comprobar si existen las condiciones para mejorar la eficiencia del programa de fertilización estableciendo dosis más acertadas. (Bertsch & Floria, 2005)

C. Requisitos de cosecha

Este tipo de estudio permite realizar la restitución de nutrientes que han salido del sistema y así poder mantener la fertilidad del suelo en equilibrio. Este estudio de absorción brinda un estimado de la cantidad de nutrimentos que han salido del sistema, es decir la cantidad de nutrientes en la biomasa del cultivo al momento de cosecha, la misma que debe de reponerse al campo para poder mantener la fertilidad. (Bertsch & Floria, 2005)

2.2.19 Curvas de absorción

Según Bertsch & Floria (2005), las curvas de absorción es el estudio más completo y de mayor utilidad para la elaboración de planes de fertilización, a pesar de ser el más costoso, provee herramientas de gran importancia para el manejo nutricional de los cultivos. Las curvas de absorción permiten conocer la dinámica de absorción de los nutrientes en las distintas etapas fenológicas del cultivo y en base a eso poder realizar ajustes o diseñar estrategias dentro del plan de fertilización. Las curvas de absorción pueden ser:

A. Curvas de absorción de nutrientes para determinar época de máxima absorción

Son de gran importancia porque también permiten identificar los periodos o épocas en donde ocurre la máxima absorción de nutrientes dentro del cultivo, por lo tanto con esta información es posible determinar el tiempo o época adecuada y oportuna para suministrar los nutrientes que requiere el cultivo durante su todo su ciclo. (Bertsch & Floria, 2005)

B. Curvas de absorción para reciclaje de nutrimentos

Otro uso de las curvas de absorción es para poder evaluar el reciclaje de nutrientes ya que por medio de su elaboración se logran identificar los tejidos en donde se acumulan en mayor cantidad ciertos nutrientes y verificar si dichos tejidos salen del sistema al momento de

cosecha o permanecen dentro del mismo los cuales pueden ser reciclados y obtener un aprovechamiento en el siguiente ciclo de producción del cultivo. (Bertsch & Floria, 2005)

C. Curvas de absorción para evaluar translocación de nutrientes

Por medio de estas curvas es posible verificar el comportamiento de los nutrientes en la planta y si existe translocación de nutrientes en los tejidos. Esto sucede cuando la curva de acumulación de un nutriente decrece mientras se puede notar que su acumulación en otro tejido aumenta significativamente. (Bertsch & Floria, 2005)

D. Curvas de absorción para comparación de variedades

Sirven para poder identificar las diferencias existentes en las etapas fenológicas y nutricionales de variedades o híbridos de un cultivo. Determinando que a pesar de ser variedades de un mismo cultivo necesitan planes de manejo nutricional diferentes. (Bertsch & Floria, 2005)

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Ubicación geográfica del área experimental

El área experimental se estableció en la finca “San Nicolás 2” productora de la empresa Unispice, esta se encuentra ubicada en la aldea San Nicolás del municipio de Salamá, Baja Verapaz con coordenadas de 15°7'33" N 90°19'11" O. El municipio de Salamá colinda del lado norte con el municipio de Purulhá y por el lado sur con el departamento de Guatemala y el departamento del Progreso, su extensión territorial es de 776 km² y se encuentra ubicado 144 km de la ciudad capital de Guatemala. La zona de vida en el municipio de Salamá se encuentra registrado como: Bosque espinoso subtropical. (Orellana Leal, 2005)

La figura 9 muestra la extensión total de la finca San Nicolás, Salamá, Baja Verapaz.



Fuente: elaboración propia utilizando Google Earth, 2019.

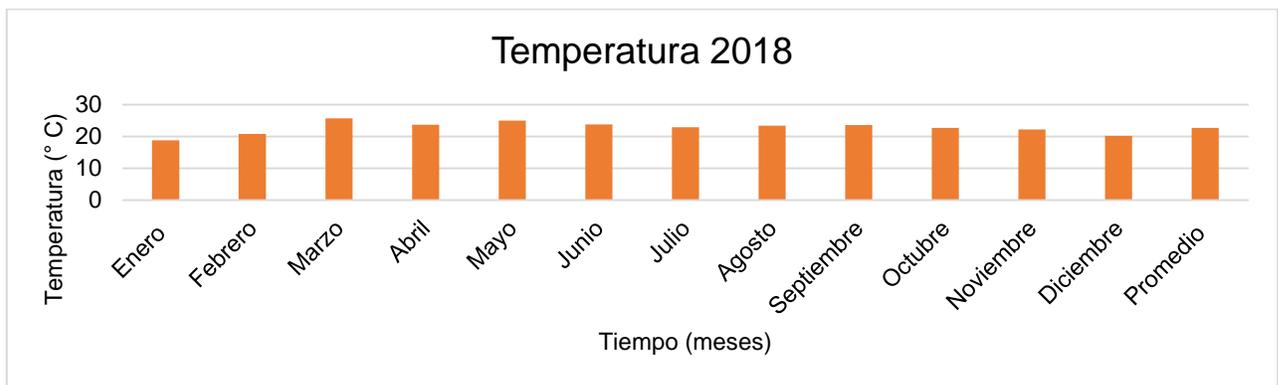
Figura 9. Ubicación de Finca San Nicolás, Salamá, Baja Verapaz.

2.3.2 Condiciones agroclimáticas de la zona

A. Clima

El clima de dicho municipio oscila entre las temperaturas de 16.8 °C siendo la mínima a 29.50 °C como temperatura máxima. En cuanto a la humedad relativa media anual se tiene un valor de 74.73 %. (Orellana Leal, 2005)

La figura 10 detalla el comportamiento de la temperatura promedio expresada en grados centígrados, durante los meses de enero a diciembre 2018.

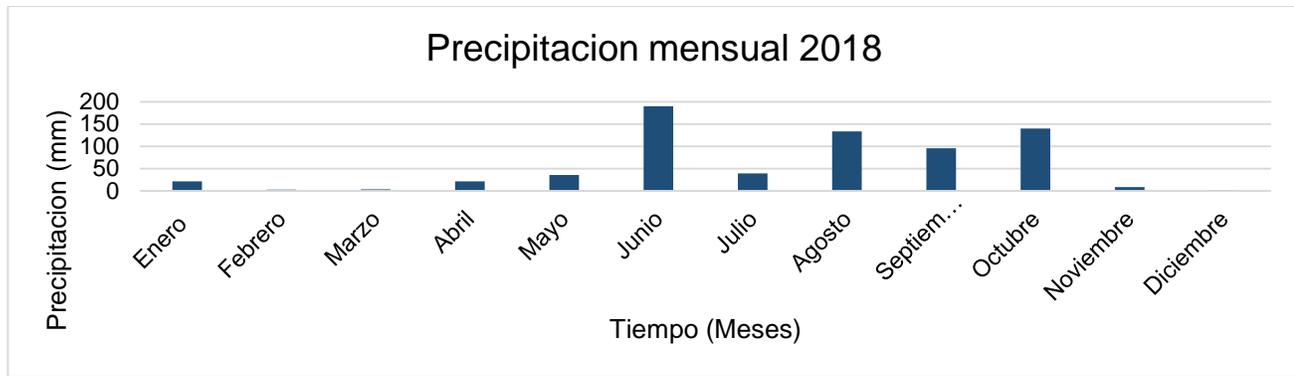


Fuente: Insivumeh, estación San Jerónimo, 2018.

Figura 10. Temperatura promedio mensual, San Jerónimo, Baja Verapaz.

En la figura anterior se detalla el comportamiento de la temperatura (°C) registrada durante los meses de enero a diciembre 2018 en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. La temperatura mínima se presentó en el mes de enero con 18.80 °C y en el mes de marzo la máxima con 25.70 °C. Durante el tiempo que se llevó a cabo la investigación en campo la temperatura registrada fue: junio con 23.80 °C, julio con 22.90 °C y agosto con 23.40 °C. La temperatura promedio anual registrada fue de 22.70 °C durante el año 2018.

La figura 11 describe el comportamiento de lluvia expresada en milímetros durante los meses de enero a diciembre del año 2018.



Fuente: Insivumeh, estación San Jerónimo 2018.

Figura 11. Precipitación mensual Estación San Jerónimo, Baja Verapaz.

En la figura anterior se puede observar el comportamiento de lluvia (mm) durante los meses de enero a diciembre de 2018. Los meses de mayor precipitación fueron: junio con 190 mm, agosto con 133.10 mm, septiembre con 92.50 mm y octubre con 139.80 mm. Durante el año 2018 la precipitación anual fue de 691.10 mm.

B. Suelos

Para el área de Salamá los suelos tienen buen drenaje, los cuales son provenientes de ceniza volcánica blanca, que conforme el transcurrir del tiempo ha sido depositada sobre los valles y ríos del municipio. (Orellana Leal, 2005)

2.3.3 Resultados de análisis físico químico de la muestra de suelo presente en finca San Nicolás

En el cuadro 5 se describe la cantidad de cada nutriente presente en la muestra de suelo proveniente del área experimental en donde se puede comparar con los rangos adecuados para los mismos, también se presentan los valores de pH, CIC, saturación de bases y el contenido de materia orgánica (M.O.) presente en la muestra.

Cuadro 5. Análisis físico químico de suelo.

Nombre	ppm						Cmol ⁺ /Kg				%	
	pH	P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	K	SB	M.O.
Rango	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	0.27-0.38	75-90	4-5
Muestra 0.2 m	6.80	2.59	1	0.50	10	7.50	20.41	8.23	5.88	0.44	7.38	1.09

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, Facultad de Agronomía, USAC.

Según los resultados del análisis químico presente en el cuadro tres indican que el suelo es de reacción neutra, lo cual influye positivamente en la disponibilidad y en el equilibrio de nutrientes. Los elementos P, Zn, Cu, Mn y Fe se encuentran por debajo del valor del rango medio, lo cual indica la alta posibilidad de que estos elementos sean limitantes en el suelo y presenten una alta respuesta a la aplicación de fertilizantes. Los macronutrientes Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y K⁺ se encuentran por arriba del rango medio, lo que indicaría la alta probabilidad de que estos elementos no sean limitantes y su respuesta a la aplicación sea baja. Para el caso de la CIC, se considera que la retención de nutrientes es adecuada según su valor (20.41 Cmol⁺/kg). Tanto el valor de la saturación de bases y el contenido de materia orgánica se encuentran por debajo del rango medio.

2.3.4 Características del cultivar a utilizar

La variedad que se utilizó en la investigación fue Claudine; la planta presenta buen desarrollo en temperaturas que oscilan entre los 17 °C a 28 °C, el ángulo que se forma en sus hojas permite que se tenga una mayor captación de radiación solar, la altura que alcanza esta planta es de 50 cm mientras que la longitud de sus vainas es de 8 cm a 14 cm. La etapa de floración comienza a los 45 días después de la siembra. Sus rendimientos pueden ser de 11,600 kg/ha a 13,000 kg/ha de ejote. (Córdova Martínez, 2015)

2.3.5 Antecedentes sobre el tema de investigación

En Costa Rica se generaron curvas de crecimiento y de absorción de nutrientes para dos variedades de frijol. Para ambas variedades los elementos absorbidos en mayor cantidad fueron N y K, seguidamente de Ca, y en menores cantidades P y Mg. Para una variedad con una densidad de 156,000 plantas/ha con un rendimiento de 3.50 T de vainas por hectárea las cantidades absorbidas de nutrientes en kg/ha fueron 156 de N, 24 de P, 222 de K, 117 de Ca, 25 de Mg, 1 de Fe, 0.30 de Cu, 0.70 de Zn y 0.60 de Mn. Para la segunda variedad con una densidad de 178,500 plantas/ha y un rendimiento de 2.90 T de vainas/ha las cantidades absorbidas en kg/ha fueron de 191 de N, 25 de P, 189 de K, 143 de Ca, 33 de Mg, 1.30 de Fe, 0.10 de Cu, 0.40 de Zn Y 0.80 de Mn. Con este estudio se determinaron que los periodos de máxima absorción de nutrientes para las dos variedades son entre los 30 días y 45 días. (Bertsch, Hernández, Arguedas, & Acosta, 2003)

Para el cultivo de arroz variedad CFX 18 se evaluaron distintas dosis de N, P, K y S en Guanacaste, Costa Rica en donde se obtuvo un mayor rendimiento al utilizar una dosis de 120 kg/ha de N, 40 kg/ha de P_2O_5 , 50 kg/ha de K_2O y 20 kg/ha de S. La etapa donde se presentó mayor absorción de nutrientes fue en la etapa reproductiva y de maduración. Las cantidades absorbidas fueron 61 kg/ha de N, 25 kg/ha de P, 197 kg/ha de K, 17 kg/ha de Ca, 11 kg/ha de Mg y 9 kg/ha de S. (Molina & Rodríguez, 2012)

En Honduras se realizaron curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de pepino (*Cucumis Sativus* L.). La absorción de nutrientes en kg/ha fue: 126.80 de N, 40.13 de P, 278.94 de K, 68.60 de Ca, 17.50 de Mg, 17.70 de S, 0.10 de Cu, 0.63 de Fe, 0.12 de Mn, 0.28 de Zn y 0.21 de B. El elemento con mayor absorción fue el K debido a su alta concentración en la planta y el fruto. El periodo en donde se presentó mayor absorción de los elementos N, P, K, Ca, Cu y Zn ocurrió entre los 33 días y 75 días después del trasplante. (Navarrete Ganchozo, 2005)

Se elaboraron curvas de absorción de elementos mayores y menores en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero. Se determinó que para un rendimiento de 61 t la absorción de nutrientes en kg/ha fueron: 307 de N, 61 de P, 265 de K, 155 de Ca, 33 de Mg, 43 de S, 1 de Cu, 2 de Fe, 3 de Mn, 1 de Zn y 0.40 de B en un total de 110 días después de siembra (dds). La etapa en donde se presentó mayor porcentaje de absorción de nutrientes fue en el de cosecha. Para el boro y cobre la etapa de mayor absorción ocurre en la maduración. (Saravia Chávez, 2004)

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

- Generar información de la absorción de nutrientes realizada por el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), en la finca “San Nicolás”, ubicada en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

2.4.2 Específicos

1. Elaborar las curvas de absorción de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B, Fe para el cultivo de ejote francés según la metodología propuesta por Bertsch.
2. Determinar la absorción total de cada nutriente durante el ciclo del cultivo.
3. Elaborar un plan de fertilización para el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) según parámetros de las curvas de absorción de nutrientes.
4. Determinar cuáles son los nutrientes que se absorben mayor cantidad en los órganos analizados.

2.5 HIPÓTESIS

“Para el cultivo de ejote los nutrientes que extrae en mayor proporción a lo largo de su ciclo son N, K”. (Bertsch, Hernández, Arguedas, & Acosta, 2003)

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Manejo agronómico previo al establecimiento de la parcela experimental

A. Muestreo de suelos

Se realizó un muestreo de suelos con fines de fertilidad para el área experimental. El estrato muestreado fue de 0 m a 0.20 m. La muestra compuesta se conformó por 20 sub-muestras simples. Posteriormente a homogenizar e identificar, la muestra fue enviada al laboratorio “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su análisis físico-químico.

B. Desinfección de suelos

Se realizó una desinfección de la parcela experimental utilizando productos químicos Fluopyram y Metalaxil, con la finalidad de reducir la cantidad de patógenos del suelo (*Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*) que pudieran afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo.

C. Control de malezas

La limpieza de plantas arvenses se realizó con el objetivo de evitar la competencia de nutrientes, agua y luz con el cultivo de ejote. Previo a la siembra se realizó un control químico utilizando el herbicida comercial glifosato.

D. Preparación del terreno y siembra en campo

El manejo en el área experimental fue el mismo que se realizaba en toda la finca. Dentro de las labores que se efectuaron se encuentran las siguientes:

- **Preparación de suelo**

Lo primero que se realizó en el terreno fue la utilización de rastra de discos a una profundidad de 0.30 m para voltear el suelo, luego se procedió a pasar rotovator para desmenuzar los terrones y favorecer el crecimiento de las plantas como también para ayudar que existiera un buen contacto entre la semilla y el suelo.

2.6.2 Labores previo a la siembra en campo

Luego de realizar el proceso de preparación de suelo se llevaron a cabo una serie de actividades para poder establecer condiciones ideales para la germinación y desarrollo de plantas. Dentro de estas actividades se incluyeron: la instalación del sistema de riego, fertilización base, colocación de plástico mulch y colocación de lañas para fijar las cintas de goteo y plástico.

A. Riego

El sistema de riego utilizado fue por goteo, con una distancia entre goteros de 0.20 m y un caudal de aplicación de 8 mm/s. Se aplicó riego un día antes de realizar la siembra con una duración de 1.50 hrs.

B. Siembra

La siembra fue de manera manual utilizando un marco de plantación de 1 m de distancia entre surco y 0.20 m entre planta.

C. Fertilización del cultivo

Siguiendo una programación establecida por la finca se efectuó una fertilización base (antes de la siembra) que consistió en la aplicación de 1,227 kg del producto orgánico Humifertil, 136 kg de DAP y 136 kg de Triple 15, dichas aplicaciones se hicieron de forma manual (al voleo). Posteriormente, el fertilizante se incorporó a través de fertirriego.

El cuadro 6 detalla los nutrientes y cantidades aplicadas a la parcela experimental. Seguidamente en el cuadro 7 se muestran las dosis de los productos comerciales utilizados en la evaluación.

Cuadro 6. Nutrientes y dosis (kg/ha) aplicadas a la parcela experimental.

Dds	N (kg)	P (kg)	K (kg)	Ca (kg)	Mg (kg)	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
0	73.86	141.77	50.41	100	100	51.12	100	37.07	100	100
14	11.77	0	14.26	0	0	8.15	0	10.49	0	0
21	11.77	0	14.26	0	0	8.15	0	10.49	0	0
28	11.77	0	14.26	0	0	8.15	0	10.49	0	0
35	11.77	0	14.26	0	0	8.15	0	10.49	0	0
42	11.77	0	14.26	0	0	8.15	0	10.49	0	0
49	11.77	0	14.26	0	0	8.15	0	10.49	0	0
Total	144.48	141.77	135.97	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 7. Nutrientes y dosis (kg/ha) de los productos comerciales aplicados durante el ciclo de cultivo.

Días después de siembra	NitroXtend (NH ₃ /kg)	Krista Sop (K ₂ O/kg)	N %	K %
0	73.85	50.41	28.37	20.58
14	31.07	32.42	11.94	13.24
21	31.07	32.42	11.94	13.24
28	31.07	32.42	11.94	13.24
35	31.07	32.42	11.94	13.24
42	31.07	32.42	11.94	13.24
49	31.07	32.42	11.94	13.24
Total	260.27	244.93	100	100

Fuente: elaboración propia, 2019.

En los cuadros 6 y 7 se presentan las dosis y momentos de aplicación de cada nutriente. Se realizó una fertilización base de forma manual (voleo) antes de la siembra y posteriormente se efectuaron seis aplicaciones con fertirriego con productos comerciales a base de nitrógeno y potasio de manera que se cumpliera con el total del requerimiento del cultivo. Las aplicaciones se realizaron hasta los 49 días después de siembra momento en el cual la planta comienza a desarrollar frutos.

2.6.3 Manejo experimental

A. Parcela experimental

Para evitar el efecto de borde en las plantas en cuanto la sobre estimación o sub estimación de los tratamientos, se dejaron 10 m de cada lado evitando así la interferencia de factores externos a la parcela en donde se estableció el ensayo.

B. Parcela neta experimental

La parcela neta experimental estaba conformada de 40 surcos (20 m lineales c/u) con un distanciamiento de 1 m entre surco y 0.20 m entre plantas; la parcela neta fue de un área de 7,000 m². La figura 12 muestra la parcela neta experimental con sistema de riego instalado.

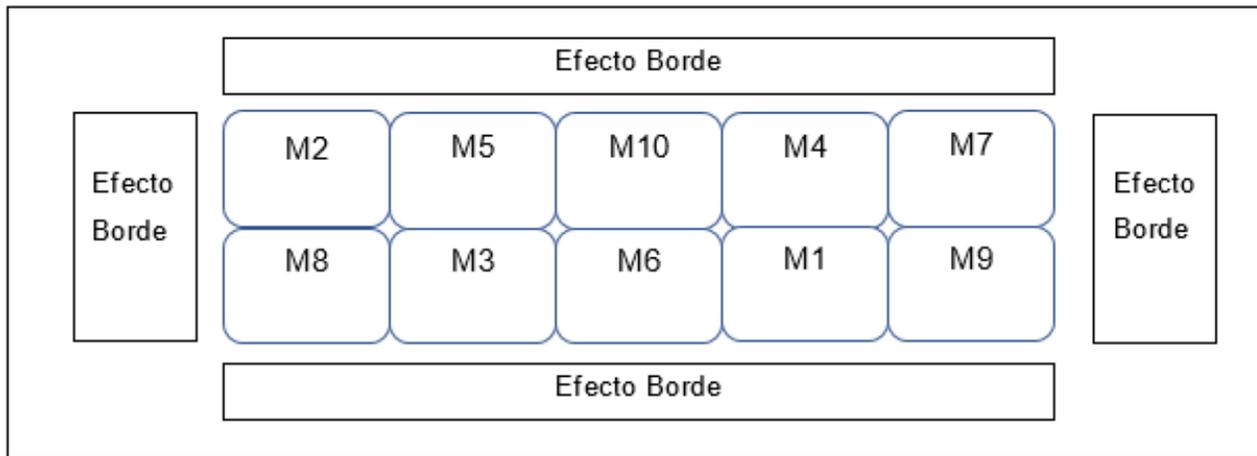


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 12. Parcela neta experimental.

C. Aleatorización de muestreos

Para la distribución de muestreos en el área experimental se estableció una cuadrícula en donde cada cuadro representaba el área a muestrear. En dicha cuadrícula se aplicaron principios básicos de la experimentación: como la aleatorización y control local. La figura 13 detalla cómo fue la distribución de muestreos en la parcela experimental.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 13. Distribución de muestreos en el área experimental.

D. Recolección y procesamiento de muestras vegetales

Durante el ciclo del cultivo (77 días) se obtuvieron un total de once muestras vegetales, las cuales se recolectaron semanalmente a partir de los 14 días hasta los 77 días. Las muestras colectadas fueron de los órganos: tallo, hojas y fruto. En el cuadro 8 se detalla la fecha de recolección de muestras, edad del cultivo, órganos y la cantidad de plantas analizadas por muestreo.

Los muestreos se llevaron a cabo desde los 14 después de siembra debido a que antes de esta edad la planta se encuentra en el proceso de germinación y generación de las primeras hojas por lo que la cantidad de materia seca es muy baja. Cada muestreo se realizó cosechando 0.50 m lineal de surco. De la muestra recolectada se contó el número de plantas presentes, se cuantificó el peso fresco y se determinó el peso seco de cada órgano (tallos, hojas y fruto). Para la determinación de peso seco, cada una de las muestras fue colocada separadamente por órgano en bolsas de papel y se colocaron en un horno a una temperatura máxima de 65 °C por aproximadamente 72 hrs.

Cuadro 8. Descripción de muestreos y órganos analizados según la edad del cultivo de ejote francés.

Número de muestreo	Fecha de muestreo	Edad de cultivo	Órgano de la planta analizado	Número de plantas
1	15/06/2018	14	Tallos con hojas	15
2	22/06/2018	21	Tallos con hojas	18
3	29/06/2018	28	Tallos con hojas	10
4	06/07/2018	35	Tallos con hojas	10
5	13/07/2018	42	Tallos con hojas / vainas	10
6	20/07/2018	49	Tallos con hojas / vainas	5
7	27/07/2018	56	Tallos con hojas /vainas	2
8	03/08/2018	63	Tallos con hojas / vainas	2
9	10/08/2018	70	Tallos con hojas /vainas	4
10	17/08/2018	77	Tallos con hojas	1

Fuente: elaboración propia, 2019.

Luego del periodo de secado, cada una de las muestras fue pesada en una balanza electrónica. Posteriormente se identificaron, y fueron enviadas al laboratorio de análisis de suelo, planta y agua “Salvador Castillo Orellana” de la facultad de agronomía de la USAC para su respectivo análisis químico.

Las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Zn, Fe y Mn en base seca para cada órgano fueron determinadas en el laboratorio por medio de la metodología de análisis de elementos totales, a excepción de N, en el cual se utilizó el método de Khjkendal.

2.6.4 Variables de respuesta

A. Rendimiento

Esta variable se cuantificó mediante las libras de ejote francés cosechadas en cada corte obtenido de la parcela experimental. Se realizaron tres cosechas de las cuales se obtuvo un rendimiento total en libras de ejote francés.

B. Materia seca por unidad de tiempo

Esta variable se midió en g/planta. Después de cada muestreo se procedió a pesar en una balanza analítica la materia verde de cada muestra (parte aérea y fruto) luego se puso a secar en un horno a 65 °C durante un día. Finalmente se pesó la materia seca generada por cada órgano.

C. Contenido de nutrientes

Las plantas recolectadas en los muestreos fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos; en el laboratorio se realizó un análisis de órgano vegetal para conocer la concentración de los nutrientes en cada muestra. Los resultados de N, P, K, Ca, Mg fueron expresados en porcentaje de materia seca, mientras que, el B, Zn, Cu, Fe, Mn fueron expresados en mg/kg de materia seca.

2.6.5 Análisis de información

Para el presente trabajo de investigación no se adecuó ningún modelo estadístico debido a que no se realizaron repeticiones por el costo de análisis que estos presentan.

2.6.6 Metodología para la elaboración de curva de crecimiento

- En cada muestreo se contó el número de plantas cosechadas y se tomó el peso fresco total, peso fresco de parte aérea (tallos y hojas), peso fresco de frutos. Los pesos fueron expresados en g/planta.
- Posteriormente se determinó el peso seco de las muestras, colocándolas en un horno a una temperatura máxima de 65 °C por aproximadamente 72 hrs. Luego del periodo de secado, cada una de las muestras fue pesada en una balanza electrónica.
- Se generó la curva de acumulación de materia seca, colocando la edad del cultivo (días) en el eje X y el peso seco en gramos obtenidos en cada muestreo en el eje Y.

2.6.7 Metodología para la elaboración de curvas de absorción

- Con base a los resultados obtenidos en el laboratorio, el total de plantas por hectárea y la materia seca por planta se realizó la transformación a kilogramo del nutriente por hectárea.
- Las fórmula que se utilizó para la conversión de macronutrientes fue:

$$kg \text{ de nutriente/ha} = g \text{ de nutriente} * \frac{1 kg}{1000 g} * \frac{\text{número de plantas}}{ha} * 1.43$$

- La fórmula utilizada para la conversión de los micronutrientes fue:

$$g \text{ de nutriente/ha} = mg \text{ de nutriente} * \frac{1 g}{1000 mg} * \frac{\text{número de plantas}}{ha} * 1.43$$

- Seguidamente se efectuó la sumatoria de los valores obtenidos por la parte aérea y frutos de cada nutriente en kilogramo por hectárea o gramo por hectárea, obteniendo así el resultado de la cantidad total extraída en cada muestreo.
- Finalmente se realizaron las curvas de absorción para cada nutriente. Colocando en el eje X la edad del cultivo (días) y la cantidad extraída por elemento en el eje Y de cada muestreo.

2.6.8 Metodología para la determinación del total de absorción por cada nutriente

- Con los datos totales de extracción de macronutrientes y micronutrientes en cada muestreo se seleccionó el valor máximo para cada elemento, el cual representa la cantidad máxima total extraída durante el ciclo del cultivo y el momento en que se da dicho consumo.

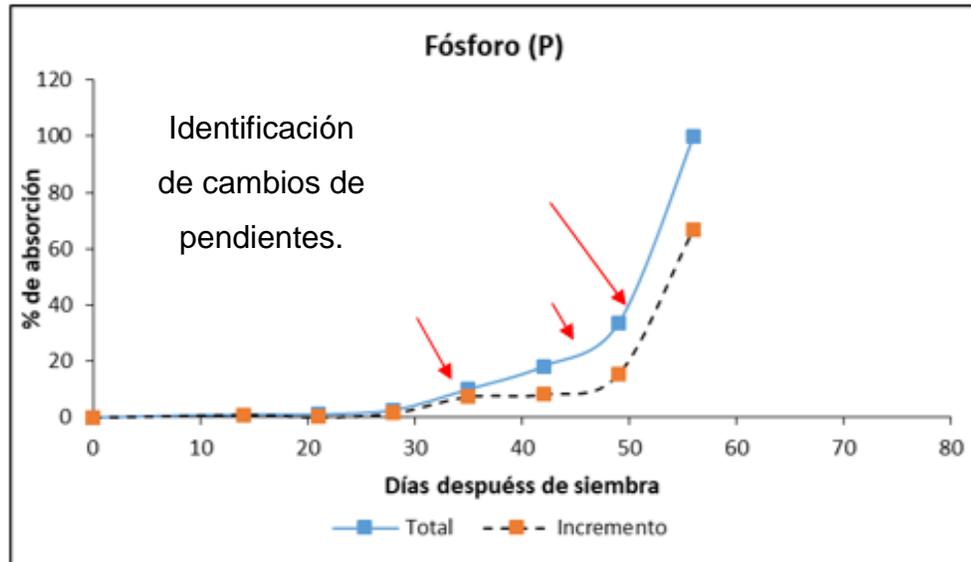
2.6.9 Metodología para la elaboración del plan de fertilización basado en las curvas de absorción

- Con los valores máximos de absorción de cada elemento se procedió al cálculo del porcentaje de absorción, tomando este dato como el 100 % de absorción del cultivo. El cálculo se llevó a cabo con la siguiente formula:

$$\textit{Porcentaje de absorción de nutrientes} = \frac{\textit{Cantidad extraída en "x" dds}}{\textit{Total extraído}} * 100$$

- Se realizaron las gráficas de los porcentajes de acumulación de cada nutriente, colocando en el eje X los valores de tiempo en dds y en el eje Y los valores acumulados de absorción de cada nutriente, expresados en porcentaje.

- En las gráficas generadas se identificaron visualmente los cambios en las pendientes más representativas, las cuales indicaron un cambio significativo en el consumo de cada nutriente (figura 14).



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 14. Curva de acumulación (%) del nutriente P en el cultivo de ejote francés.

- Se tomaron los valores finales de acumulación de absorción de cada nutriente en cada cambio de pendiente. Estos acumulados representaron las cantidades a aplicar en cada rango de tiempo antes de que la planta que en su ritmo de consumo. Para el caso de N, P, K y B se determinaron tres cambios en la pendiente en la gráfica de acumulación (figura 20).

2.6.10 Manejo agronómico de la parcela experimental

A. Limpieza de malezas

Durante el ciclo del cultivo se realizaron tres limpiezas de plantas arvenses, una fue química con herbicida glifosato y dos fueron limpiezas manuales entre plantas de ejote francés.

B. Riego

Se realizó tomando en cuenta la humedad existente en el suelo, fue un riego automatizado en donde se realizaron lecturas de humedad utilizando tensiómetros para determinar si era necesaria la aplicación de riego. Para el suelo de la parcela experimental se tomaba el criterio de lecturas en centibares (cb) en donde los rangos de 0 cb a 10 cb indicaban que el suelo se encontraba saturado de agua, de 10 cb a 15 cb se encontraba a capacidad de campo y de 25 cb a 35 cb el suelo comenzaba a entrar a punto de marchitez permanente, por lo tanto el riego se iniciaba cuando se registraba una lectura de 15 cb a 25 cb.

C. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas se colocaron trampas de colores con pegamento que capturaron insectos que afectaban al cultivo, también se colocaron recipientes con melaza para la captura de los mismos. El monitoreo se realizó cada tres días y en los casos en donde hubo incidencia de plagas con un 30 % se realizaron aplicaciones con productos químicos para evitar el crecimiento poblacional de plagas o severidad de las mismas.

Para el control de enfermedades se realizaron monitoreos cada tres días y se hicieron aplicaciones con productos preventivos como Clorothalonil. En ocasiones en donde se presentó incidencia y severidad de enfermedades mayor al 25 % se efectuaron aplicaciones con productos curativos como Azoxystrobin y TUBECONAZOLE.

D. Cosecha

El proceso de cosecha dio inicio a los 54 días después de siembra realizando el primer corte de ejote, a los 63 días después de siembra el segundo corte y un tercer corte a los 70 días después de siembra, todos de forma manual. Posteriormente el producto fue trasladado a maquila en donde fue seleccionado y empacado para su respectiva comercialización.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información generada durante la investigación se organizó de tal manera que fuera útil para la realización e interpretación de las curvas de absorción de nutrientes. A partir de la curva de acumulación de materia seca se determinó en qué etapa y órgano de la planta se produce la mayor cantidad de biomasa. Posteriormente con los datos de concentración de nutrientes se realizaron las curvas de absorción de macro y micro nutrientes, las cuales fueron las herramientas necesarias para la elaboración de un plan de fertilización basado en las extracciones reales del cultivo.

2.7.1 Curvas de absorción de nutrientes

A. Curva de acumulación de materia seca

El cuadro 9 describe la producción de materia seca en gramos obtenida por la parte aérea (hojas y tallos), frutos y el total en función de la edad del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).

La acumulación de materia seca en los órganos analizados (parte aérea y vainas) incrementó a partir de los 14 días hasta los 56 días, posteriormente esta decrece significativamente en la parte aérea y en el fruto. En el cuadro 9 se puede observar que el mayor incremento de biomasa se produjo entre los 49 días y 56 días después de siembra.

En la figura 15 se esquematiza el comportamiento de la acumulación de materia seca por planta (g) para la parte aérea, frutos y el total (parte área + frutos) para un ciclo de cultivo de 77 días.

Cuadro 9. Acumulación de materia seca por órgano y planta durante un ciclo de cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).

Días después de siembra	Peso seco tallo y hojas (g)	Peso seco vainas (g)	Peso acumulado (g)	Diferencia por etapa (g)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
14	1.20	0.00	1.20	1.20
21	1.30	0.00	1.30	0.10
28	2.80	0.00	2.82	1.52
35	13.41	0.00	13.41	10.61
42	20.81	0.10	20.93	7.50
49	34.73	14.12	48.82	27.92
56	69.03	71.30	140.32	91.53
63	46.04	29.31	75.30	-65.03
70	46.09	7.10	53.10	-22.23
77	19.90	0.00	19.90	-33.23

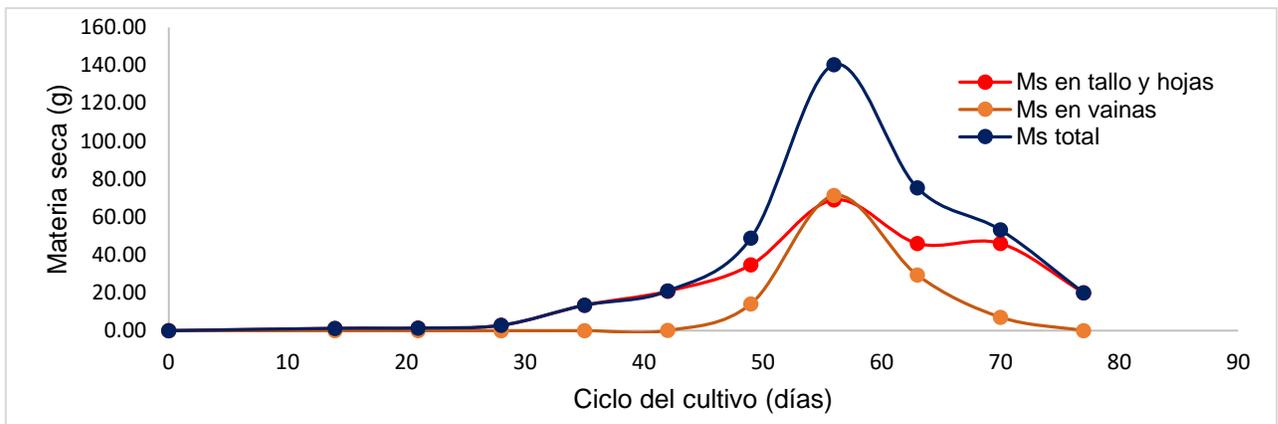


Figura 15. Curva de acumulación de materia seca por planta del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).

Durante la fase vegetativa (0 días a 35 días) la planta de ejote francés acumuló 13.40 g, mientras que, en la fase reproductiva desde la pre floración (42 días) hasta el momento en el que la planta se encuentra lista para primer corte de cosecha (56 días) se acumuló un

total de 140.30 g. Del total de biomasa acumulada el 51 % corresponde a la parte cosechable (vainas) y el 49 % restante a la parte aérea (tallos y hojas); la mayor acumulación de biomasa se generó a los 56 días después de siembra, tiempo en el cual se realizó el primer corte de vainas.

A partir de los 63 días, la acumulación de biomasa disminuye respecto al valor máximo alcanzado, acumulando mayor proporción de materia seca en las hojas respecto a las vainas, produciéndose en esta etapa una translocación de reservas hacia los tallos y las hojas.

Lépiz, Chavarín, López y Rodríguez en el año 2018 realizaron una investigación en Jalisco, México, sobre el comportamiento de la materia seca en cuatro variedades de frijol en donde los resultados obtenidos concuerdan con los datos generados en la presente investigación con ejote francés. Durante las etapas V2 (hojas primarias) a la V4 (tercera hoja trifoliada) la acumulación de materia seca es de crecimiento lento. La similitud entre estas variedades y el ejote francés se presente hasta la etapa R7 (formación de vainas) cuando la acumulación de materia seca es de crecimiento acelerado. Las diferencias en las siguientes etapas pueden explicarse por el tiempo de madurez fisiológica de cada cultivo, ya que el frijol presenta una fase reproductiva más prolongada que el ejote francés.

2.7.2 Concentración y absorción de nutrientes en el tejido vegetal de ejote francés

En el cuadro 10 se detallan las concentraciones y cantidades absorbidas (g/planta) de macronutrientes primarios y secundarios por la parte aérea y los frutos (vainas) para diferentes edades del cultivo de ejote francés.

Cuadro 10. Concentración y absorción (g/planta) de macronutrientes para cada órgano analizado en ejote francés.

Días después de siembra	Órgano	Peso seco	Concentración (%)					Cantidad absorbida (g)				
		g/planta	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
14	Tallo y hojas	1.20	4.13	0.33	5.25	1.63	0.58	0.05	0.00	0.06	0.02	0.01
21	Tallo y hojas	1.37	4.24	0.33	4.19	2.19	0.67	0.06	0.00	0.06	0.33	0.09
28	Tallo y hojas	2.84	4.13	0.38	4.69	2.19	0.69	0.12	0.01	0.13	0.06	0.01
35	Tallo y hojas	13.41	2.97	0.31	3.50	2.06	0.58	0.42	0.04	0.47	0.28	0.08
42	Tallo y hojas	20.82	3.50	0.36	2.13	1.56	0.50	0.73	0.07	0.44	0.32	0.10
	Vainas	0.10	3.81	0.56	1.31	0.85	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	Tallo y hojas	34.68	2.63	0.25	3.13	1.31	0.51	0.91	0.09	1.09	0.45	0.18
	Vainas	14.10	2.39	0.37	2.81	0.52	0.32	0.34	0.05	0.42	0.07	0.04
56	Tallo y hojas	69	2.49	0.22	3.56	1.68	0.53	1.72	0.15	2.46	1.16	0.37
	Vainas	71.30	3.16	0.37	3.38	0.63	0.34	2.25	0.26	2.41	0.44	0.24
63	Tallo y hojas	46	2.97	0.20	2.69	1.31	0.43	1.37	0.09	1.24	0.60	0.22
	Vainas	29.30	2.92	0.33	2.75	0.52	0.32	0.85	0.14	0.81	0.14	0.08
70	Tallo y hojas	46	2.05	0.21	2.69	1.81	0.56	0.94	0.12	1.24	0.83	0.26
	Vainas	7.10	3.50	0.37	3	0.69	0.36	0.25	0.03	0.21	0.04	0.02
77	Tallo y hojas	19.95	2.59	0.33	3.19	1.53	0.53	0.52	0.07	0.64	0.30	0.11

En el cuadro 11 se detallan las concentraciones (ppm) y las cantidades absorbidas (mg/planta) de micronutrientes en los órganos analizados durante el ciclo del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 11. Concentración (ppm) y absorción (mg de elemento/planta) de microelementos para diferente órgano analizado en ejote francés.

Días después de siembra	Tejido	Peso seco	Concentración (ppm)					Cantidad absorbida (mg)				
		g/planta	Cu	Fe	Zn	B	Mn	Cu	B	Zn	Fe	Mn
14	Tallo y hojas	1.20	10	165	20	0	35	0.010	0	0	0.19	0.04
21	Tallo y hojas	1.37	5	220	25	125	50	0.012	0.20	0	0.30	0.06
28	Tallo y hojas	2.84	10	90	45	73	40	0.030	0.23	0.10	0.25	0.11
35	Tallo y hojas	13.41	15	185	30	64	20	0.20	0.93	0.42	2.48	0.26
42	Tallo y hojas	20.82	10	125	10	24	25	0.21	0.52	0.25	2.60	0.52
	Vainas	0.10	19	107	38	0	19	0	0	0	0.012	0
49	Tallo y hojas	34.68	10	120	20	27	30	0.35	0.90	0.75	4.16	1.04
	Vainas	14.10	5	55	20	23	15	0.07	0.10	0.32	0.78	0.21
56	Tallo y hojas	69	15	125	15	30	35	1.04	2	1	8.62	2.41
	Vainas	71.30	5	75	20	16	10	0.36	0.43	1.40	5.35	0.71
63	Tallo y hojas	46	10	55	25	37	30	0.46	1.71	1.20	2.53	1.38
	Vainas	29.30	5	35	25	30	5	0.15	0.22	0.70	1.03	0.15
70	Tallo y hojas	46	5	100	20	72	40	0.23	3.30	0.92	4.60	1.84
	Vainas	7.10	5	70	20	38	25	0.04	0	0.10	0.50	0.18
77	Tallo y hojas	19.95	25	170	25	30	15	0.50	0.60	0.52	3.39	0.30

De acuerdo a los resultados presentes en el cuadro 10, para los macronutrientes N y K la mayor concentración se da en la parte aérea de la planta (tallo y hojas); la concentración de N fue de 4.24 % a una edad comprendida entre los 14 días a 21 días, y para K de 5.25 % entre los 0 a 14 días, a excepción de P, en donde su máxima concentración se dio en el fruto (0.56 %) a una edad de 35 días a 42 días.

Para los nutrientes secundarios Ca y Mg la mayor concentración se produjo en la parte aérea de la planta. Para Ca fue de 2.19 % y para Mg de 0.69 % a una de edad 21 a 28 días (cuadro 10).

En relación a los micronutrientes Fe, B, Mn, Zn y Cu (cuadro 11), la mayor concentración se dio en la parte aérea de la planta. Para el caso del Fe fue de 220 ppm, para B 125 ppm, Mn 50 ppm, Zn 45 ppm y 25 ppm de Cu a una edad comprendida entre los 14 días a 21 días, a excepción del Zn y Cu, que se dieron entre los 21 días a 28 días y 70 días a 77 días, respectivamente.

Bertsch, Hernández, Arguedas y Acosta generaron curvas de absorción de nutrimentos en dos variedades de frijol común Bribri y Sacapobres en el sur de Costa Rica, con el propósito de afinar recomendaciones de fertilización. Los valores de concentración de N, P y K de tal investigación son similares a los obtenidos en el presente trabajo, en donde para ambas evaluaciones los elementos con mayor concentración fueron N y K. Para el caso de los macronutrientes secundarios también los resultados concuerdan que la mayor concentración fue para Ca y únicamente el elemento Mg fue el que varió significativamente en los dos ensayos realizados.

2.7.3 Curvas de absorción e incrementos porcentuales de nutrientes

En las figuras 16 a la 19 se esquematizan las curvas de absorción de nutrientes de la parte aérea, fruto y total para los macro y micronutrientes en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), para un ciclo de 77 días.

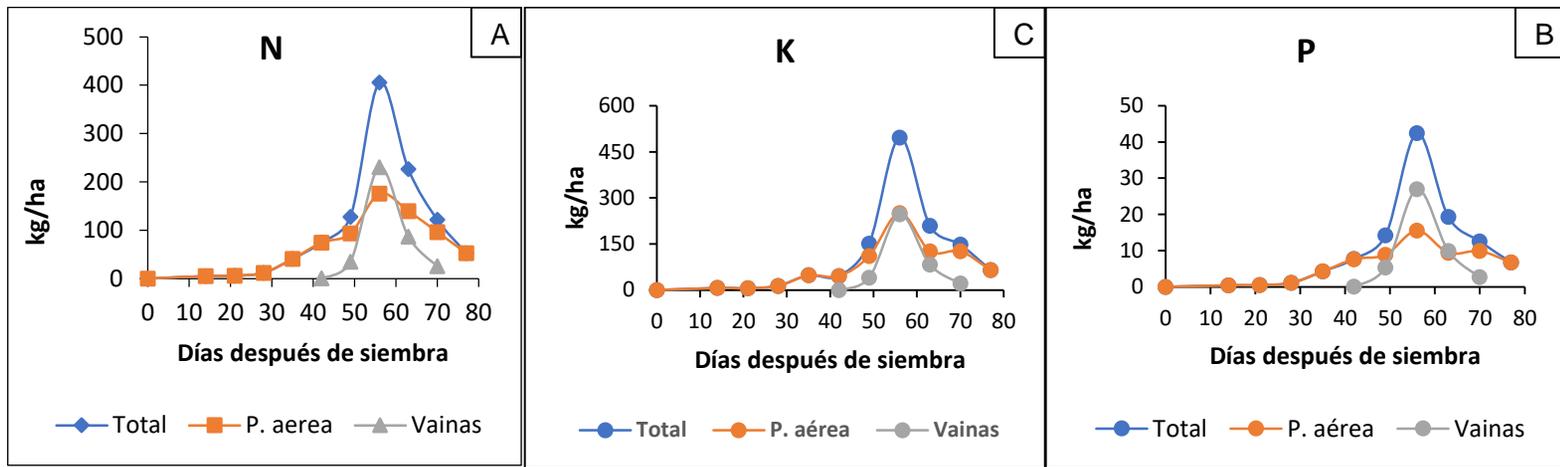


Figura 16. Curvas de absorción (A) nitrógeno, (B) fósforo y (C) potasio durante un ciclo de cultivo de ejote francés.

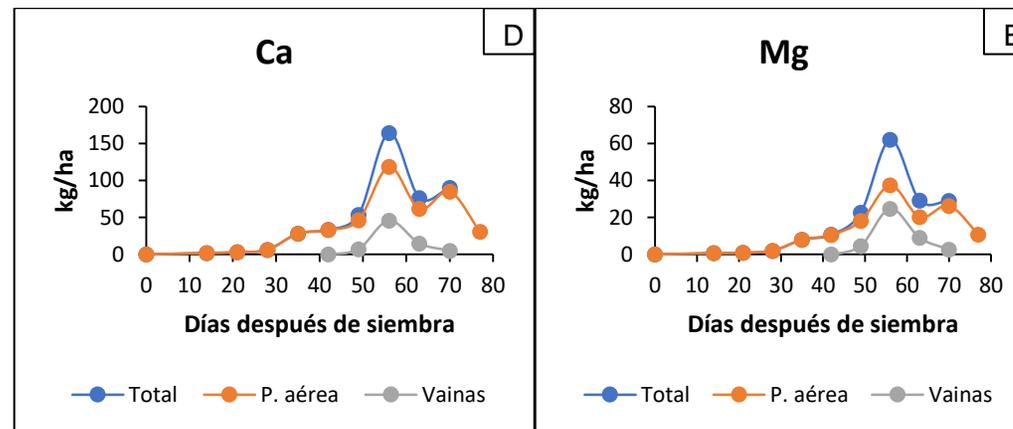


Figura 17. Curvas de absorción (D) calcio y (E) magnesio durante un ciclo de cultivo de ejote francés.

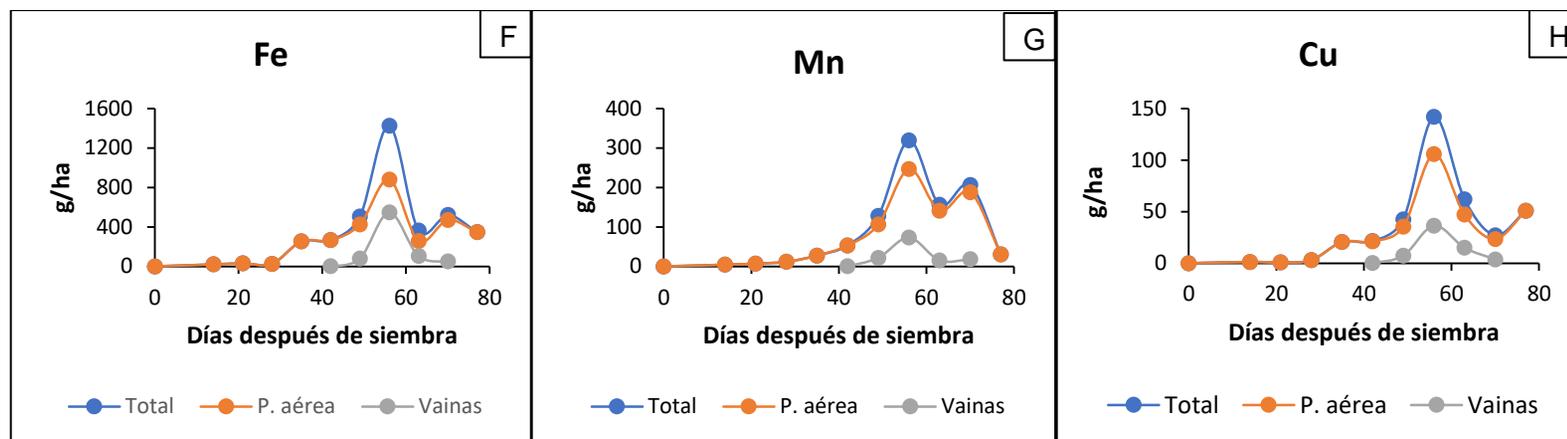


Figura 18. Curvas de absorción (F) hierro, (G) manganeso y (H) cobre durante un ciclo de cultivo de ejote francés.

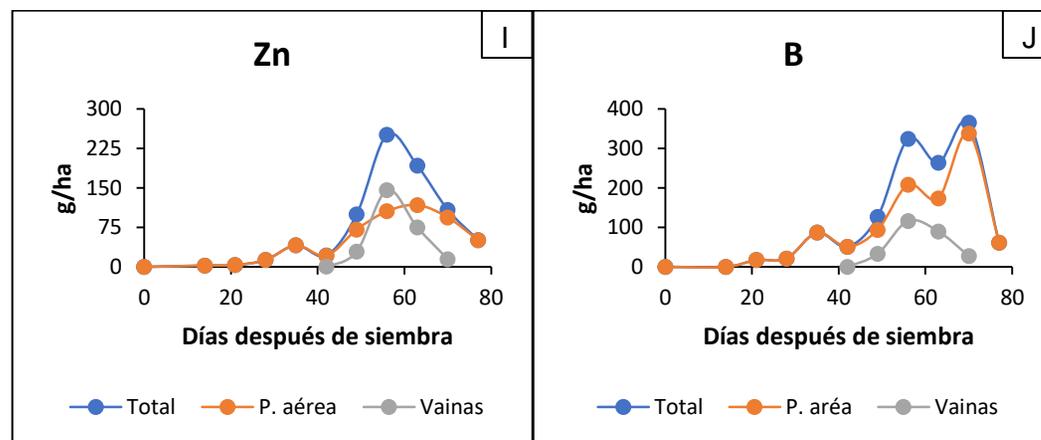


Figura 19. Curvas de absorción (I) zinc y (J) boro durante un ciclo de cultivo de ejote francés.

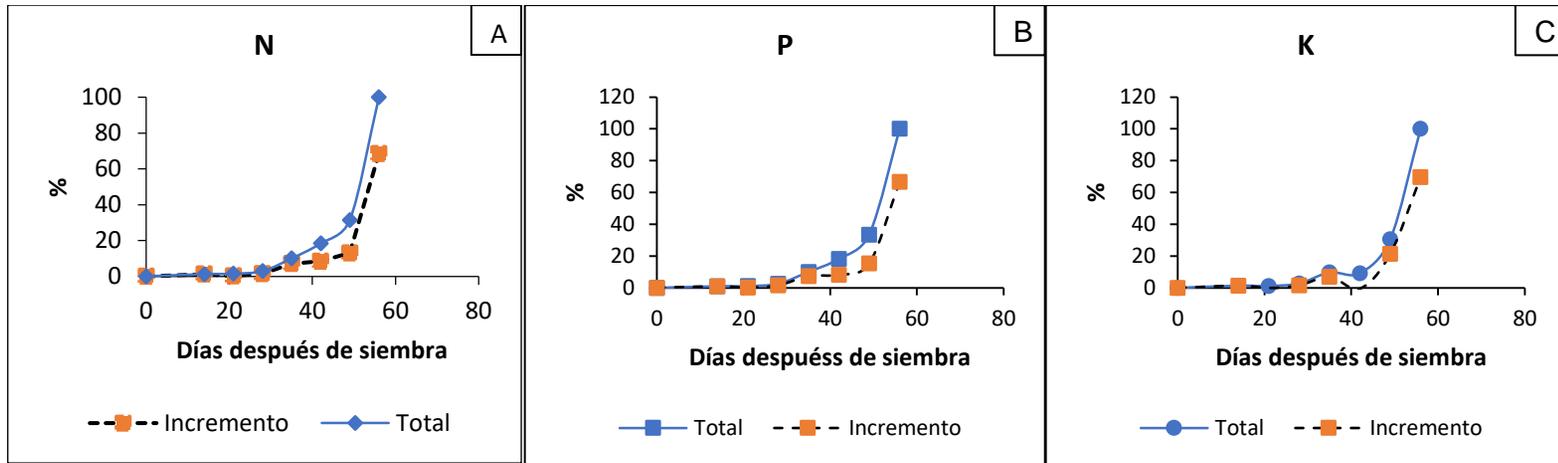


Figura 20. Incrementos porcentuales de nitrógeno (A), fósforo (B) y potasio (C) por cada etapa en base a la absorción máxima durante el ciclo de cultivo.

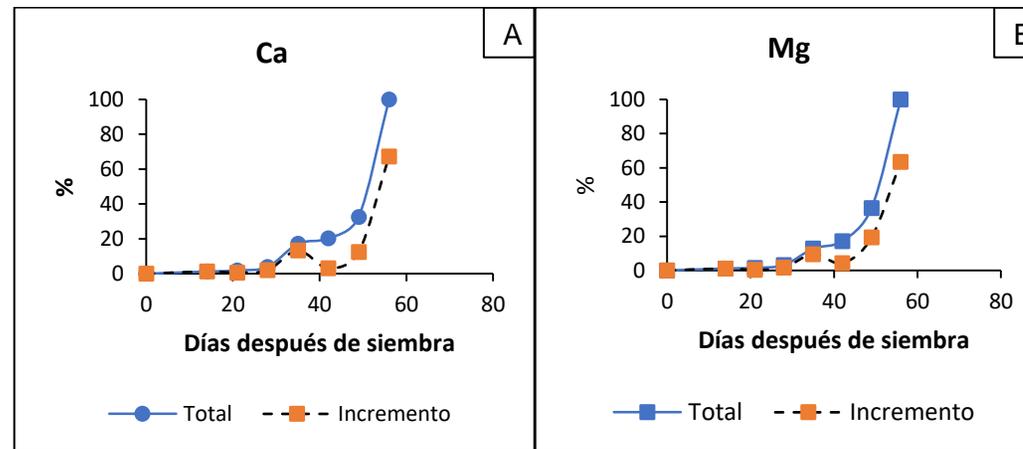


Figura 21. Incrementos porcentuales de absorción de calcio (A) y magnesio (B) por cada etapa en base a la absorción máxima durante el ciclo de cultivo.

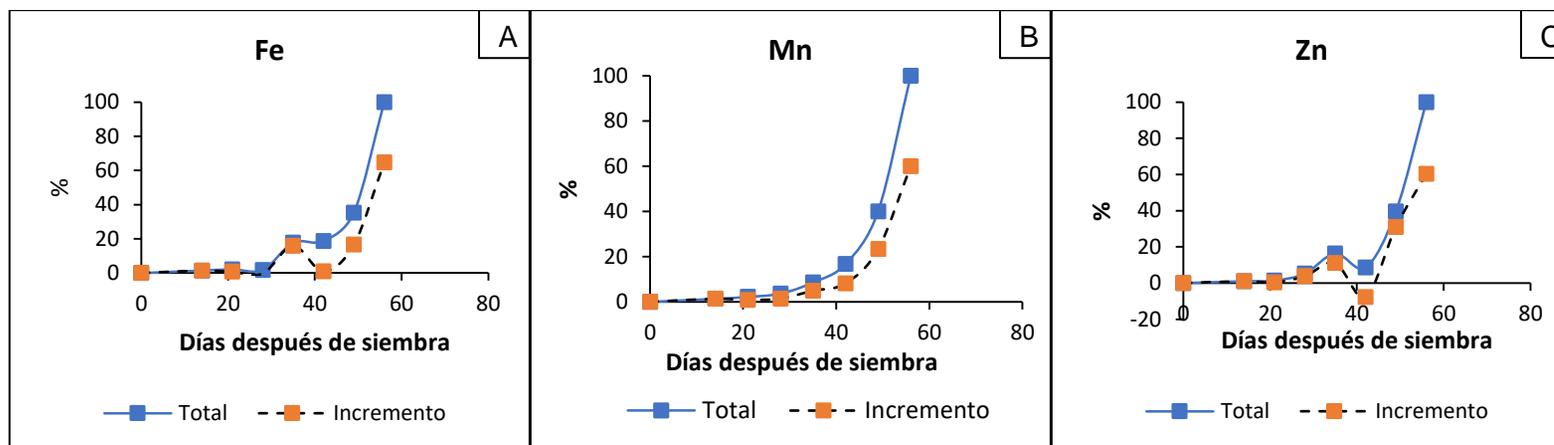


Figura 22. Incrementos porcentuales de hierro (A), manganeso (B) y zinc (C) por cada etapa en base a la absorción máxima durante el ciclo de cultivo.

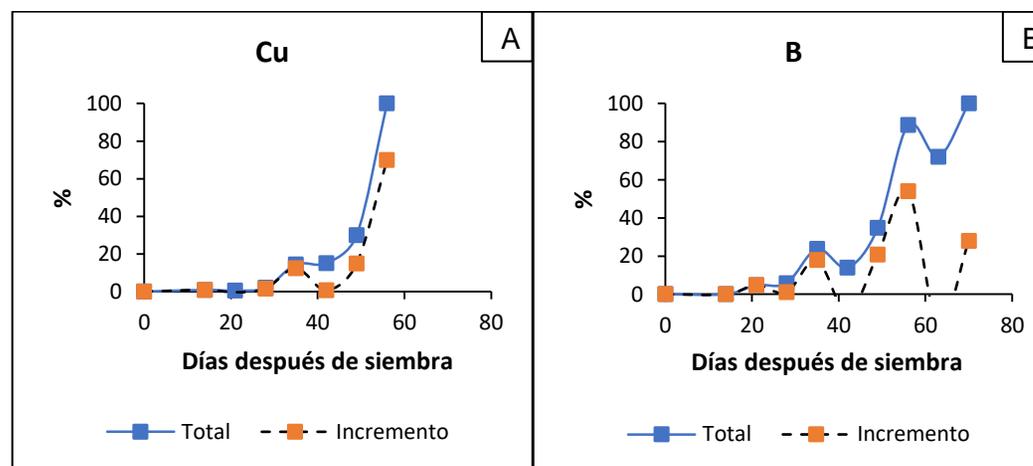


Figura 23. Incrementos porcentuales de cobre (A) y boro (B) por cada etapa en base a la absorción máxima durante el ciclo de cultivo.

En la figura 16 se puede observar que la máxima absorción de N, P y K ocurre entre los 53 días a 63 días. De los órganos analizados la mayor absorción para N y P se dio en el fruto y en la parte aérea para K. En el N, la absorción total fue de 405.47 kg/ha en donde la parte aérea representó un 43 % (175.42 kg/ha) y el 57 % la cosecha (203.04 kg/ha). El P alcanzó una absorción de 42.43 kg/ha en donde la parte aérea representó el 37 % (15.50 kg/ha) y el 63 % (26.93 kg/ha) el fruto. De los tres macronutrientes primarios, el K fue quien obtuvo la mayor absorción (496.86 kg/ha), distribuyéndose en un 51 % en la parte aérea y el restante 49 % en la cosecha.

Por parte de los macronutrientes secundarios Ca y Mg, la máxima absorción se dio en la parte aérea a una edad comprendida entre los 49 a 56 días (figura 17) en ambos casos. El nutriente secundario con mayor absorción fue el Ca con un total de 164.22 kg/ha en donde la parte aérea representó un 72 % (118.36 kg/ha) y el 28 % la cosecha (45.86 kg/ha). Para el caso del Mg, el total absorbido fue de 62.09 kg/ha distribuyéndose en un 60 % en la parte verde de la planta y el 40 % en la cosecha.

En los que respecta a los micronutrientes, se puede observar que la máxima absorción de Fe, Mn y Cu ocurrió entre los 49 a 56 días en los tallos y las hojas (figura 18). El Fe fue quien obtuvo la mayor absorción (1.43 kg/ha), distribuyéndose en un 62 % en las hojas y tallos y el 38 % en la cosecha. La absorción de Mn fue de 319.38 g/ha y 142.94 g/ha para Cu.

Para el micronutriente B la máxima absorción ocurrió en la parte aérea (tallos y hojas) a una edad comprendida entre los 70 días a 77 días (figura 19). El total absorbido por parte de este elemento fue de 365.71 g/ha, en donde el 92 % fue extraída por la parte aérea y el 8 % restante, por los frutos. La máxima absorción de Zn fue en el fruto (58 %) a una edad de 49 días a 56 días después de siembra. Este nutriente tuvo una absorción de 251.27 g/ha.

2.7.4 Absorción total de macronutrientes y micronutrientes

En el cuadro 12 se detallan las cantidades totales extraídas de macronutrientes y micronutrientes para los órganos analizados (parte área y fruto) para un ciclo de cultivo de 77 días en ejote francés, en la finca San Nicolás, Baja Verapaz.

Cuadro 12. Absorción total de macronutrientes y micronutrientes por planta en el cultivo de ejote francés.

Nutriente	Absorción (g/planta)		Total (g/planta)
Macronutrientes	Tallo y hojas	Vainas	Planta
K	2.46	2.41	4.87
N	1.72	2.25	3.97
Ca	1.16	0.44	1.60
Mg	0.37	0.24	0.61
P	0.15	0.26	0.41
Nutriente	Absorción (mg/planta)		Total (mg/planta)
Micronutrientes	Tallo y hojas	Vainas	Planta
Fe	8.62	5.35	13.97
B	3.31	1.14	4.45
Mn	2.41	0.71	3.13
Zn	1.15	1.43	2.58
Cu	1.04	0.36	1.40

Según los datos presentes en el cuadro 12, el orden de absorción para los macronutrientes por el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) fue $K > N > Ca > Mg > P$, mientras que, para el caso de los micronutrientes el orden fue $Fe > B > Mn > Zn > Cu$. El orden de absorción en los macronutrientes es igual al obtenido en el cultivo de tomate para la variedad Catalina (Bertsch, Hernández, Arguedas, & Acosta, 2003).

Al igual que en muchos otros cultivos, el K fue el elemento absorbido en mayor proporción debido a su importancia en órganos aprovechables (frutos, flores o estructuras de acumulación). Este elemento cumple funciones prioritarias en el metabolismo de las plantas; participa en la activación enzimática, el transporte a través de las membranas celulares, la regulación osmótica, la precocidad de la cosecha y la calidad interna y externa del fruto. (Quesada Roldán & Bertsch Hernández, 2013)

2.7.5 Estimación de dosis a partir de cantidades absorbidas

En base a los totales de absorción obtenidos por medio de las curvas de absorción de nutrientes se estimaron las dosis para un rendimiento de 13,960 kg, tomando en cuenta la cantidad aportada por el suelo y la dosis del elemento puro. En el cuadro 13 se detallan las dosis recomendadas de elemento comercial para N, P₂O₅ y K₂O.

Cuadro 13. Estimación de la dosis del elemento comercial (kg/ha) para los nutrientes NPK.

Descripción	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Total absorbido	405.47	42.43	496.86
Cantidad aportada por el suelo	14.90	10.80	313.77
Dosis de elemento puro	390.57	31.63	183.09
Factor de conversión	1.00	2.29	1.20
Dosis de elemento comercial	390	72	220

La dosis de elemento comercial recomendadas para N, P₂O₅ y K₂O según las condiciones en las cuales se realizó el ensayo fueron de 390.57, 72 y 220 kg/ha, respectivamente. En el cuadro 14 se detallan las cantidades absorbidas para los nutrientes N, P, K, Ca y Mg necesarias para producir 1 T, 5 T, 10 T y 15 T de ejote francés; información puede ser útil para realizar un plan de fertilización adecuado a un rendimiento objetivo.

Cuadro 14. Requerimientos totales en kg/ha de macronutrientes para producir 1 T, 5 T, 10 T y 15 T de ejote francés.

T/ha de fruto	kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
1	28	5	16	12	4
5	140	26	79	59	22
10	280	52	158	118	44
15	420	77	236	176	67

Antes de realizar la investigación, las cantidades aplicadas en un ciclo de cultivo de ejote francés eran de 144.48 kg/ha de N, 141.62 kg/ha de P, 135.95 kg/ha de K, 142.85 kg/ha de Ca y 142.85 kg/ha de Mg para un rendimiento objetivo de 22,000 lb/ha (10 T/ha), comparando estas aplicaciones con las cantidades absorbidas por el cultivo, existe un déficit en la aplicación de N y K, mientras que, para el caso de P, Ca y Mg se da lo contrario, se aplica más de lo que absorbe el cultivo en cada ciclo.

De acuerdo a las recomendaciones de fertilización realizadas por Bertsch, Hernández, Arguedas y Acosta en dos variedades de frijol común Bribri y Sacapobres en el sur de Costa Rica, y los requerimientos totales de macronutrientes presentados en el cuadro anterior son similares. La variación encontrada en dichos requerimientos puede ser debido a las diferentes propiedades edafo-climáticas que posee cada región en donde se realizaron las evaluaciones. (Bertsch, Hernández, Arguedas, & Acosta, 2003)

2.7.6 Acumulación porcentual de nutrientes por cada órgano de ejote francés

La distribución porcentual de nutrientes durante un ciclo de cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en las diferentes secciones de la planta cambio con el tiempo. Se observó que para los macronutrientes N, P, K, Ca, Mg la distribución de estos en la parte aérea de la planta (tallos y hojas) fue de un 100 % hasta los 35 días, momento en el cual

comienza a disminuir la concentración en estos órganos y comienza a incrementarse en órganos reproductivos.

Para N, P, y K se puede observar que después de los 35 días se comienza a dar una acumulación creciente de estos elementos en estructuras reproductivas y posteriormente a los frutos (figura 20A, 20B y 20C). Al cabo de los 56 días el N incrementa su distribución hacia el fruto en un 56 % y disminuye considerablemente en los tallos y hojas. La máxima concentración de P y K en el fruto fue de 63.50 % y 49.50 %.

Para Ca y Mg la distribución hacia la parte reproductiva de la planta comienza a partir de los 35 días (figura 21A y 21B). La translocación de estos nutrientes hacia el fruto es relativamente baja, para Ca se observaron valores menores al 30 %, esto debido posiblemente a la baja movilidad este nutriente dentro de la planta. Para el Mg, los valores fueron menores al 25 %.

Para los micronutrientes Fe y Mn la mayor concentración se presenta en la parte aérea de la planta (figura 22A y 22B). La translocación de ambos elementos comienza a partir de los 49 días, momento en el cual se pudo observar un incremento en la parte del fruto sin embargo los valores son relativamente bajos en comparación a los presentes en los órganos aéreos; el Fe alcanzo un valor de 38 % y Mn un valor de 22 % hasta los 63 días. Para el Zn (figura 22C) la mayor parte se concentra en la parte aérea hasta los 56 días (71.13 %). Transcurridos los 56 días, el Zn comienza a incrementarse en el fruto y disminuye considerablemente en el tallo y las hojas, es a los 63 días cuando la distribución de Zn alcanza un valor mayor al 55 % en el fruto.

La distribución de Cu y B se presenta en mayor proporción en la parte aérea de la planta con valores superiores al 60 % (figura 23A y 23B). La translocación de estos elementos puede observarse a partir de los 35 días, ya que la distribución en la parte aérea de la planta comienza a disminuir mientras que se incrementa en parcialmente en los órganos reproductivos. La distribución de Cu presenta un valor máximo en el fruto de 25 % y B un 35.90 %, ambos en el rango de 56 a 63 días.

De acuerdo al comportamiento de los macronutrientes y micronutrientes en los órganos analizados, la mayor absorción por el fruto se da para N, P y Zn, mientras que, en los tallos y hojas la mayor absorción es por parte de Ca, Mg, B, Cu, Fe y Mn. Lo obtenido con K, fue muy diferente a lo observado con los demás nutrientes debido a que la absorción fue aproximadamente un 50 % en el fruto y un 50 % en la parte aérea. Se puede decir que durante cada ciclo de cultivo la mayor reposición se debe realizar para N, P y Zn debido a que son nutrientes que salen del sistema a través de la cosecha, tomando en cuenta que el material verde se vuelva a incorporar al suelo.

2.7.7 Plan de fertilización

El programa de fertilización que se presenta a continuación fue elaborado por medio de la metodología de “curvas de absorción de nutrientes” propuesto por Floria Bersth; procedimiento que consistió en establecer los consumos máximos para cada nutriente según el comportamiento de cada curva de absorción, posteriormente se determinaron los cambios en el consumo de cada nutriente y por último se realizó la distribución por cada etapa. Cabe indicar que los cambios en el consumo de cada nutriente se realizó acumulado la absorción de en el tiempo.

En los cuadros 15 y 16 se detallan los requerimientos y la distribución de cada nutriente para cada etapa del cultivo de ejote francés.

Cuadro 15. Requerimiento y distribución de N, P₂O₅, K₂O y B del cultivo de ejote francés, según su etapa de crecimiento, expresados en porcentaje, kg/ha y en g/ha de acuerdo a su acumulación total.

Días después de siembra	%			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B
0-28	5	5	5	25
28-50	30	30	30	10
50-70	65	65	65	65
Total	100	100	100	100
	kg/ha			g/ha
Días después de siembra	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B
0-28	20	2	25	91
28-50	122	13	149	37
50-70	264	27	322	238
Total	406	42	496	366

Cuadro 16. . Requerimiento y distribución de Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn del cultivo de ejote francés, según su etapa de crecimiento, expresados en porcentaje, kg/ha y g/ha de acuerdo a su acumulación total.

Días después de siembra	%					
	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
0-28	5	5	5	5	5	5
28-35	10	10	10	15	10	5
35-50	15	20	15	15	25	30
50-70	70	65	70	65	60	60
Total	100	100	100	100	100	100
	kg/ha			g/ha		
Días después de siembra	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
0-28	8	3	8	71	12	16
28-35	16	6	14	214	25	16
35-50	25	13	21	214	63	96
50-70	115	40	99	928	151	191
Total	164	62	142	1,427	251	319

Como se puede observar en los cuadros 15 y 16, para N, P, K y B se establecieron tres etapas para aplicar el requerimiento total (0 días a 28 días, 28 días a 50 días y 50 días a 70 días), no así para Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn, en la cual se recomienda aplicar el total de sus requerimiento en las siguientes cuatro etapas: 0 días a 28 días, 28 días a 35 días, 35 días a 50 días y 50 días a 70 días. La distribución del requerimiento de cada nutriente fue realizada por medio de las curvas de absorción y los incrementos porcentuales de cada nutriente.

2.8 CONCLUSIONES

1. Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación se realizaron las curvas de absorción de nutrientes bajo el criterio establecido por Floria Bertsch para N, P y K (figura 16.), Ca y Mg (figura 17.) Fe, Mn y Cu (figura 18.) y Zn y B (figura 19.).
2. Por medio de la metodología de curvas de absorción se cuantificaron las absorciones máximas para el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) para los siguientes nutrientes: 406 kg de N/ha, 42 kg de P/ha, 496 kg de K/ha, 164 kg de Ca/ha, 62 kg de Mg/ha, 1,427 g de Fe/ha, 142 g de Cu/ha, 251 g de Zn/ha, 366 g de B/ha y 319 g de Mn/ha. Las extracciones fueron determinadas para un ciclo de 77 días, una densidad de 27,000 plantas/ha y un rendimiento de 13,960 kg/ha.
3. Para los nutrientes N, P, K y B se determinaron tres momentos de aplicación (0 días a 28 días, 28 días a 50 días y 50 días a 60 días), mientras que, para Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn el requerimiento se debe de distribuir en cuatro fracciones (0 días a 28 días, 28 días a 35 días, 35 días a 50 días y 50 días a 75 días) durante un ciclo de cultivo de 77 días. Para la distribución porcentual de las aplicaciones se consideró el momento de absorción y los porcentajes acumulados de cada nutriente.
4. Según los órganos muestreados y analizados, la mayor absorción del fruto se da en los nutrientes N, P y Zn. Para el caso de los tallos y las hojas, la mayor extracción se da para Ca, Mg, B, Cu, Fe y Mn.

2.9 RECOMENDACIONES

1. Para realizar las estimaciones de las cantidades de fertilizante a aplicar tomar en cuenta el rendimiento objetivo, las características del fertilizante (composición) y la disponibilidad de cada nutriente en el suelo.
2. Al aplicar el requerimiento de cada nutriente al cultivo, tomar en cuenta los momentos de aplicación, su distribución y el tiempo que tarda un elemento en estar disponible en el suelo con la finalidad de que la planta lo absorba en el momento adecuado.
3. Tomar en cuenta que los nutrientes N, P y Zn su mayor extracción se da por el fruto, lo que implica que en su mayor proporción estos salen del sistema planta-suelo por lo que su restitución para el siguiente cultivo deberá ser total.
4. Realizar análisis químicos de suelos en áreas representativas dentro de la finca para posteriormente adecuar un plan de fertilización.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

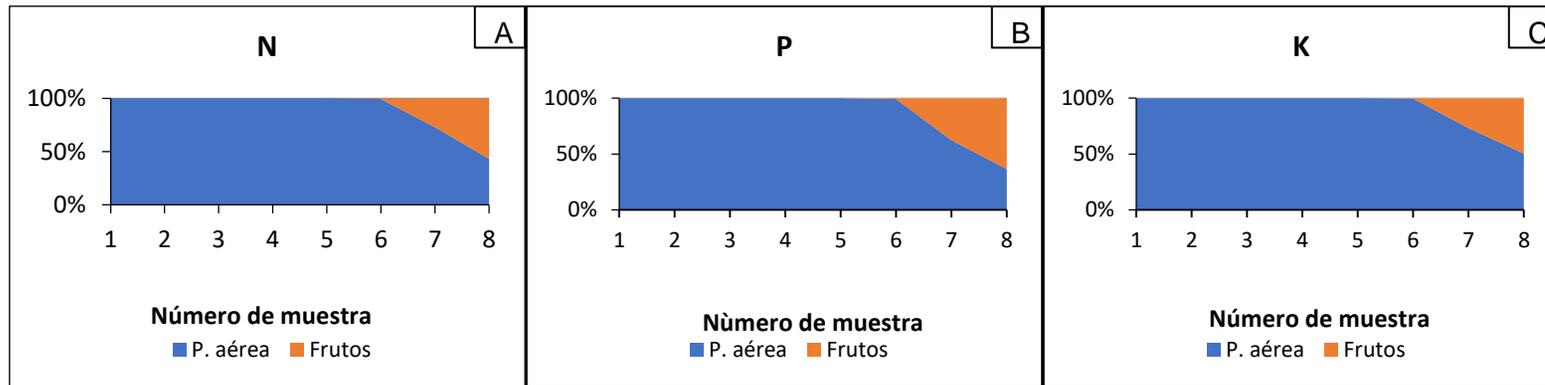
- Amezcuca, J., & Lara, M. (2017). *El zinc en las plantas*. Obtenido de Ciencia, 68(3), 28-35: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- Bertsch, & Floria. (2005). *Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización*. Obtenido de Informaciones Agronómicas, no. 57, 1-10: <https://es.scribd.com/document/400763599/Estudios-de-absorcion-de-nutrientes-como-apoyo>
- Bertsch, F., Hernández, J., Arguedas, F., & Acosta, M. (2003). *Curvas de absorción de nutrimentos en dos variedades, Bribri y Sacapobres, de frijol común de grano rojo*. Obtenido de Agronomía Costarricense, 27(2), 75-81: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v27n02_075.pdf
- Córdova Martínez, R. A. (2015). *Evaluación de programas fitosanitarios para el manejo de la roya *Uromyces appendiculatus* F. Strauss en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) para exportación en la finca San Lorenzo, aldea Chiapas, Santa Rosa*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2321/1/RA%C3%9AL%20ANDR%C3%89S%20%C3%93RDOVA%20MART%C3%8DNEZ.pdf>
- Estrada Gomez, M. A. (2010). *Determinación de curvas de absorción de nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) en arveja china (*Pisum sativum* var. *Atitlán*), Sumpango, Sacatepéquez*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7063/1/T-02857.pdf>
- Eurecna, Venecia. (2014). *Perfil comercial del ejote francés*. Obtenido de Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA): <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20ejote.pdf>
- Fernández de C., F., Gepts, P., & López, M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)*. Obtenido de Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/28093.pdf
- Fernández, M. T. (2007). *Fósforo: amigo o enemigo*. Obtenido de ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 41(2), 51-57: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- García Nova, S. M. (2014). *Evaluación de la dinámica nutrimental en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep Purple* F1) en finca La Suiza, San Lucas*

- Sacatepéquez, Guatemala, C.A.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2720/1/EVALUACION%20DE%20LA%20DINAMICA%20NUTRIMENTAL%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20ZANAHORIA%20MORADA%20.pdf>
- González, M. V. (2003). *Cultivo del ejote*. Obtenido de El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA): <http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20ejote%202003.pdf>
- Herrera Gil, J. A. (2016). *Evaluación cuatro sustratos orgánicos en primer corte cosecha de ejote francés (Phaseolus vulgaris L.) variedad Serengetti de exportación, bajo malla capilla orgánica en empresa Vista Volcanes, S.A, La Alameda, Chimaltenango, Guatemala, C.A.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03379.pdf>
- Kyrkby, E., & Römheld, V. (2007). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad*. Obtenido de Portal Frutícola: <http://www.portalfruticola.com/assets/uploads/2016/12/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>
- Laserna, S., Laserna Arcas, S., & Laserna Arcas, J. (2016). *Abonado de judía verde, extracciones y dosis de nutrientes para fertilización con nitrógeno, fósforo y potasa*. Obtenido de AgroEs: <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/judia/500-judias-verde-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo>
- Lépiz, R., Chavarín, I., López, J., & Rodríguez, E. (2018). *Acumulación de materia seca durante las etapas de desarrollo de variedades de frijol*. Obtenido de Revista Fitotecnia Mexicana, 41(3), 275-283: <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/41-3/7r.pdf>
- Manzano Gutiérrez, R. (2013). *Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados*. Obtenido de Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Química Agrícola: https://repositorio.uam.es/xmlui/bitstream/handle/10486/660300/manzano_gutierrez_rebeca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Molina, E., & Rodríguez, J. H. (2012). *Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. CFX 18 en Guanacaste*. Obtenido de Agronomía Costarricense, 36(1), 39-51: dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4056989.pdf
- Navarrete Ganchozo, R. J. (2005). *Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones de campo en Zamorano*. Recuperado el 2018, de (Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano: Honduras): <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5242/1/CPA-2005-T061.pdf>

- Orellana Leal, L. F. (2005). *Determinación de la presencia de nemátodos de la sub-familia Heteroderinae asociados al cultivo de la papa Solanum tuberosum L. en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02338.pdf>
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (2001). *Nitrógeno*. Obtenido de Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Área de Suelos y Aguas: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Piedrahita, O. (2012). *Calcio en las plantas*. Obtenido de Nuprec: http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Calcio/Calcio%20en%20Plantas.pdf
- Quesada Roldán, G., & Bertsch Hernández, F. (2013). Obtención de la curva de extracción nutrimental del híbrido de tomate FB-17. *Tierra Latinoamericana*, 31(1), 1-7. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00001.pdf>
- Rodríguez S., M., & Flórez R., V. J. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos*. Obtenido de Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sancho V., H. (2001). *Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización*. Obtenido de Informaciones Agronómicas, no. 36, 11-13: <http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/CURVAS%20DE%20ABSORCION%20DE%20NUTRIENTES.pdf>
- Saravia Chávez, F. M. (2004). *Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) Alboran bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano: Honduras): <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2108/1/CPA-2004-T052.pdf>
- Schaart López, G. A. (Abril de 2012). *Sistematización de experiencias en la producción de ejote francés (Phaseolus vulgaris L.), para exportación*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02990.pdf>
- Sierra, C. (2016). *Una mirada a la relación entre el cobre, el suelo y las plantas*. Obtenido de El Mercurio, Chile; Campo: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2016/03/29/Una-mirada-a-la-relacion-entre-el-cobre-el-suelo-y-las-plantas.aspx>

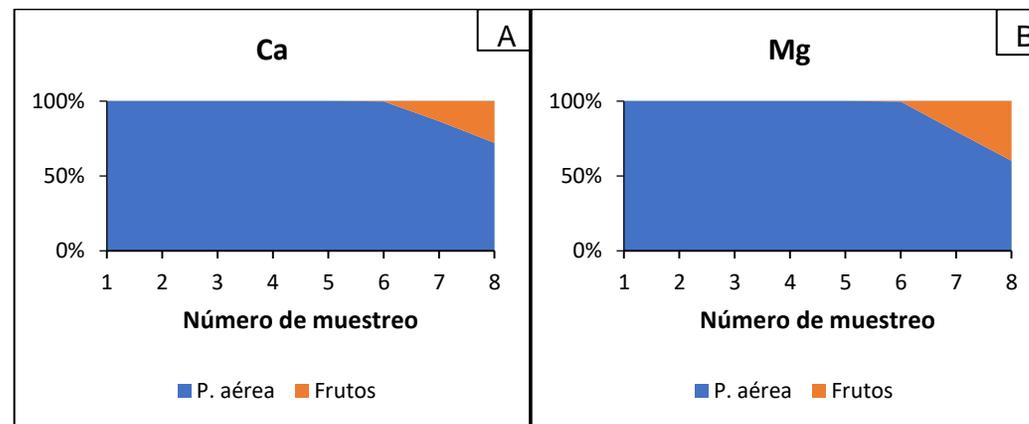

 Polando Ramirez

2.11 ANEXOS



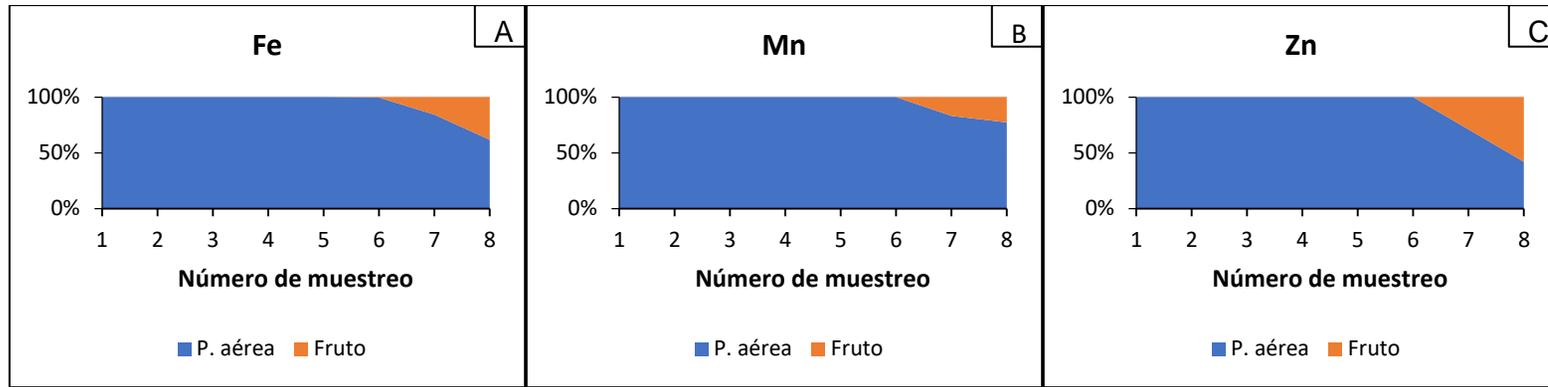
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 24A. Distribución porcentual de nitrógeno (A), fósforo (B) y potasio (C) en el cultivo de ejote francés.



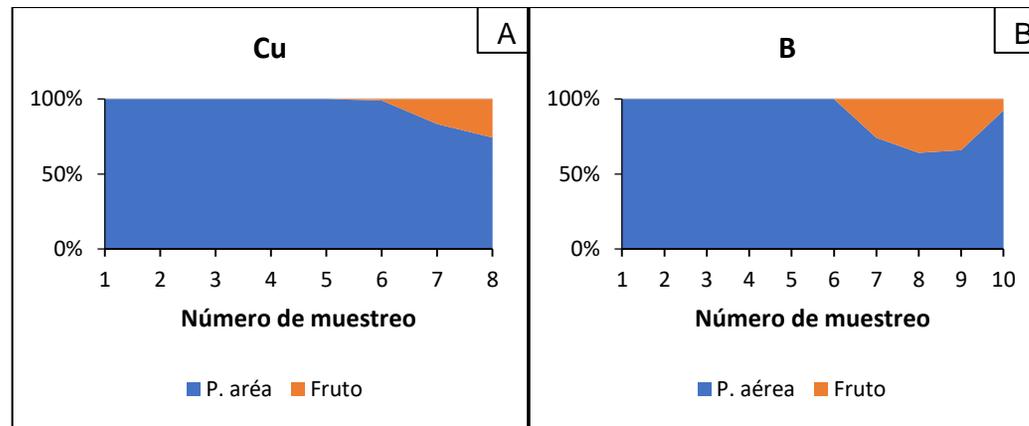
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 25A. Distribución porcentual de calcio (A) y magnesio (B) en el cultivo de ejote francés.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 26A. Distribución porcentual de hierro (A), manganeso (B) y zinc (C) en el cultivo de ejote francés.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 27A. Distribución porcentual de cobre (A) y Boro (B) en el cultivo de ejote francés.



CAPÍTULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN FINCA SAN NICOLÁS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.

3.1 PRESENTACIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala se realizó una fase de servicios prestados para la empresa en donde se llevó a cabo tal práctica. Esta fase estuvo compuesta por tres actividades que se desarrollaron de Febrero a Noviembre de 2018.

El primer servicio consistió en la capacitación para el personal involucrado en las aplicaciones de productos químicas. Los temas impartidos fueron sobre el uso del equipo de protección personal, los riesgos en la salud al no utilizar dicho equipo y la calibración de bombas de aspersión.

El segundo servicio fue la evaluación de un producto comercial en cuanto al posible efecto en el rendimiento de ejote francés, y posteriormente evaluar la factibilidad del uso del producto e incorporarlo dentro del manejo nutricional del cultivo en la finca.

El tercer servicio consistió en la recolección de muestreos de suelos en distintas fincas de la empresa Unispice el objetivo principal de enviar las muestras al laboratorio de suelo, agua y planta de la facultad de Agronomía para su respectivo análisis químico y determinar el estado nutricional de los suelos.

3.2 Servicio 1: Capacitación sobre el uso adecuado del equipo de protección personal y calibración de bomba de asperjar

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Capacitar al personal que labora en la finca sobre el uso adecuado del equipo de protección personal y calibración de bomba de asperjar.

1.2 Objetivos específicos

1. Brindar información sobre los riesgos que conlleva el no hacer uso adecuado del equipo de protección personal.
2. Conocer los componentes de una bomba de asperjar.
3. Practicar un método de calibración de bombas de asperjar.

2. METODOLOGÍA

- Se realizaron reuniones presenciales con los trabajadores involucrados en las aplicaciones químicas, en donde se impartió una charla sobre el funcionamiento del equipo de protección personal, el uso adecuado, y los riesgos en la salud al no hacer uso del mismo.

- Con el personal de aplicaciones químicas y haciendo uso de una bomba de asperjar se realizó el reconocimiento y se dio una breve descripción de la función de cada una de las partes que conforman dicho equipo.
- Se explicó el método de calibración de bombas de asperjar por medición de volumen y posteriormente se realizó una práctica en campo en donde los trabajadores aplicaron los conocimientos adquiridos sobre la calibración del equipo.

3. RESULTADOS

Se logró brindar información al supervisor y a los trabajadores que realizan las aplicaciones con productos químicos dentro de la finca sobre el rol que cumple cada implemento del equipo de protección personal y la importancia del uso correcto del mismo, también se les dio a conocer los riesgos en la salud al que se encuentran expuestos al no utilizarlo.

Las figuras 28, 29 y 30 muestran la secuencia de los pasos que se siguieron para poder cumplir con los objetivos de la capacitación realizada.



Figura 28. Reunión informativa con el personal de aplicaciones químicas.

La figura 29 muestra como el personal involucrado logró identificar las partes que conforman una bomba de aspersión y la función de cada una de ellas.



Figura 29. Aplicador reconociendo las partes de una bomba de aspersión.

En la siguiente figura (30) se observa que en una parcela dentro de la finca se realizó pruebas prácticas de calibración de bombas de aspersión con el método de medición de volumen, en donde tuvo participación el personal capacitado.



Figura 30. Práctica de calibración de bombas de aspersión.

4. CONCLUSIONES

1. Por medio de una charla informativa al personal de aplicaciones químicas se dieron a conocer los riesgos de salud a los que se encuentran expuestos al no hacer uso adecuado del equipo de protección personal.
2. El personal capacitado logró reconocer las partes que conforman una bomba de aspersión y la función que tiene cada una de ellas.
3. El supervisor y los operadores de aplicaciones químicas realizaron en campo una calibración del equipo de aspersión.

5. RECOMENDACIONES

- Capacitar periódicamente al personal para reforzar los conocimientos sobre la importancia de aplicaciones eficientes en campo.
- Recalcar en los aplicadores la importancia del uso del equipo de protección personal.
- Realizar calibraciones del equipo de aspersión frecuentemente.

3.3 Servicio 2: Determinación del efecto de la aplicación del producto comercial Humato de calcio en la producción de ejote francés.

1. Planteamiento del problema

En las plantaciones de ejote francés al igual que en los demás cultivos la función del calcio es de suma importancia debido a que este nutriente cumple con varios procesos dentro del metabolismo del cultivo como lo son: elongación celular, es constituyente de la pared celular de la planta, estimula la fotosíntesis y demás procesos.

De tal forma, se ha observado que aplicaciones foliares y por fertirriego de calcio, son de ayuda para el cuaje del fruto y evitar la pérdida de flores en etapas tempranas de desarrollo del cultivo. Por tal razón, se pretende determinar el efecto en rendimiento del uso del producto comercial Humato de calcio en la producción de ejote francés.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación del producto Humato de calcio como fuente de sustancias húmicas y calcio en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).

2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la aplicación del producto comercial Humato de calcio en cuanto a rendimiento en el cultivo de ejote francés.
2. Analizar económicamente los tratamientos evaluados. A través de costos parciales.

3. METODOLOGÍA

3.1 Determinación del efecto de la aplicación del producto comercial Humato de calcio en cuanto a rendimiento en el cultivo de ejote francés

Establecimiento del experimento

La realización del experimento se llevó a cabo en la finca San Nicolás 2 de la empresa Unispice, ubicada en el municipio Salamá, Baja Verapaz.

Características del material experimental

El ensayo se realizó en una plantación de ejote francés ya establecida con una edad de 15 días después de siembra. La variedad de ejote francés que fue evaluada fue Claudine. El producto que se utilizó para la evaluación fue Humato de calcio.

Tratamientos

Para la realización del experimento se evaluaron dos tratamientos. El primer tratamiento se refería a la parcela en donde se aplicó el producto Humato de calcio y el segundo consistió en una parcela como testigo absoluto. La aplicación de dicho producto se realizó por medio de fertirriego.

Descripción de la unidad experimental

El experimento se llevó a cabo en la finca San Nicolás 2, de la empresa Unispice en dos parcelas de 1 ha cada una, sembradas con ejote francés de variedad Claudine.

Cronograma de aplicaciones

Se realizaron dos aplicaciones del producto humato de calcio en diferentes edades de la planta. El siguiente cuadro detalla las dosis y aplicaciones realizadas a las parcelas experimentales.

Cuadro 17. Descripción de tratamientos para la evaluación de Humato de calcio en parcelas de ejote francés.

Parcela	Dosis	Momento de aplicación
Humato de calcio	1 L/ha	18 días después de siembra
Testigo	0	-
Humato de calcio	1 L/ha	35 días después de siembra
Testigo	0	-

Fuente: elaboración propia, 2018.

Manejo del experimento

El manejo del experimento se realizó por parte de la empresa Unispice con base al manejo descrito anteriormente en este documento en cuanto al manejo del suelo, fertilización, plagas, enfermedades, entre otros.

Variables de respuesta

- **Rendimiento:** A los 55 dds, 59 dds, y 64 dds se realizaron las cosechas de cada parcela, al finalizar el ciclo de producción del cultivo se registraron los rendimientos totales en (kg/ha) tomando en consideración el porcentaje de rechazo para cada una.

Análisis de la información

Para el presente servicio se realizó una prueba de hipótesis estadística acerca de dos medias muestrales independientes.

3.2 Análisis económico

El análisis económico se realizó sobre la base de producir 1 ha de ejote francés en las parcelas evaluadas, donde el total de producción se obtuvo en kg/ha, se tomaron los precios actuales de cada uno de los materiales y mano de obra utilizada en el ensayo.

4. RESULTADOS

4.1 Determinación del efecto de la aplicación del producto comercial Humato de calcio en cuanto a rendimiento en el cultivo de ejote francés

Para verificar si existió diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar una prueba de hipótesis estadística acerca de dos medias muestrales independientes para la variable de rendimiento. La toma de datos de esta variable se realizó en los momentos de cosecha con un total de tres cortes realizados, hasta cumplir con el ciclo de producción de cada tratamiento.

En el cuadro 18 se presentan los rendimientos obtenidos en las parcelas evaluadas como testigo y tratamiento durante un ciclo de producción de ejote francés.

Cuadro 18. Rendimientos de ejote francés.

Número de Corte	Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
1	Testigo	3,600
2	Testigo	3,335
3	Testigo	2,829
1	Tratamiento	4,644
2	Tratamiento	3,363
3	Tratamiento	3,267

En el cuadro 18 se detallan las cantidades de ejote francés obtenidas en cada corte para cada parcela en evaluación. La parcela en donde se realizaron aplicaciones del producto Humato de calcio obtuvo un rendimiento de 11,274 kg/ha y en la parcela establecida como testigo se obtuvo un total de 9,764 kg/ha. La diferencia entre los rendimientos obtenidos fue de un total de 1,510 kg/ha.

Análisis de resultados

Prueba de hipótesis estadística acerca de dos medias muestrales independientes

Hipótesis:

H₀: H₁ = H₂ (El rendimiento promedio en Kg/ha, son iguales entre la aplicación y no aplicación de calcio)

H_a: H₁ ≠ H₂ (El rendimiento promedio en Kg/ha, difieren entre la aplicación y no aplicación de calcio)

Cuadro 19. Prueba de hipótesis estadística acerca de dos medias muestrales independientes para determinar el efecto de la aplicación de calcio en el rendimiento del cultivo de ejote francés

Prueba de hipótesis estadística	Testigo	Tratamiento
n	3	3
Media	3254.67	3758
Varianza	153450.33	591051
Diferencia de medias	-503.33	
Probabilidad de Homogeneidad de varianza	0.4122	
Valor de T	-1.01	
Grados de libertad (gl)	4	
p-valor	0.3695	

Debido a que el p-valor (0.3695) es mayor que el valor crítico (0.05) se acepta la hipótesis nula, y se concluye que, con un nivel de significancia del 5%, el rendimiento en Kg/ha de ejote con aplicación de dicho nutriente no difieren entre sí.

4.2 Análisis económico de tratamientos

El análisis económico (cuadro 20) se realizó sobre la base de producir 1 ha de ejote francés dentro de la finca lo que equivale al rendimiento total obtenido en kilogramos por hectárea de cada tratamiento, se tomó en cuenta el costo por litro de cada producto necesario (regulador de pH, adherente y producto evaluado) y la mano de obra para poder aplicarlo.

Cuadro 20. Análisis de costos.

Tratamiento	Precio de producto (Q)	Costo de aplicación (Q)	Costo total de producción (Q)
Humato de calcio	40.42	229.61	459.22
Humato de calcio	40.42	229.61	
Total			
Testigo	0	189.19	378.38
Testigo	0	189.19	
Total			

En el cuadro anterior podemos resaltar que el costo más bajo fue el tratamiento “testigo”, el cual consistió en la no aplicación del producto evaluado. Las aplicaciones fueron las mismas que se realizan comúnmente en las parcelas de la finca, de igual manera para el tratamiento en donde se evaluó el producto comercial.

Luego observamos que el tratamiento “Humato de calcio” que consiste en la aplicación de dicho producto de fertilización en ejote francés se efectuaron dos aplicaciones durante el ciclo productivo del cultivo por medio de fertirriego a los dieciocho y treinta y cinco días después de siembra.

5. CONCLUSIONES

1. La aplicación del producto Humato de calcio en la producción de ejote francés no mostró una respuesta significativa estadísticamente en cuanto a la variable de rendimiento. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula.
2. El menor costo de producción lo presentó el tratamiento “testigo”, sin embargo, no se obtuvo una diferencia significativa en la variable de respuesta evaluada.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones en condiciones distintas al primer ensayo, como cambio de parcela, cultivo, o variedad. De encontrarse efectos significativos en dicha evaluación realizar un análisis de costos.

3.4 Servicio 3: Recolección de muestreos de suelo para análisis físico químico

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Recolectar muestras de suelo de distintas fincas para obtener un diagnóstico preciso del estado fértil en el que se encuentran.

1.2 Objetivos específicos

1. Obtener muestreos de suelo de las fincas arrendadas por la empresa Unispice.
2. Enviar las muestras de suelo a un laboratorio para su análisis nutricional.

METODOLOGÍA

- **Selección de áreas para muestreos:** las áreas muestreadas fueron fincas arrendadas por la empresa Unispice. Enumeradas del 1 al 5.
- **Tipo de muestreos:** se realizó el muestreo tipo cuadrícula, obteniendo un total de 25 submuestras para cada muestreo realizado.
- **Recolección de muestras:** para la recolección de las muestras primero se realizó una limpieza de malezas y desechos sólidos dentro del terreno. Posteriormente con una piocha y pala se cavó a una profundidad de 0.20 m. Las submuestras

recolectadas se colocaron en una cubeta de plástico limpia y desinfectada previamente.

- **Preparación de muestra final:** después de obtener 25 submuestras y colocarlas en el recipiente, se procedió a agitarla de forma que se homogenizara la muestra. Finalmente se sacaron las raíces, piedras y terrones, dejando aproximadamente 1 kg de suelo.
- **Identificación y envío de muestras:** para la correcta identificación de muestras estas se depositaron en bolsas de plástico, con una tarjeta en donde se colocaron los siguientes datos: número de finca, cultivo, procedencia y fecha de muestreo. Finalmente fueron enviadas al laboratorio de suelo planta y agua de la facultad de Agronomía, Usac para su análisis nutricional

3. RESULTADOS

En las siguientes figuras 31, 32, 33 y 34 se observan los procesos realizados para el muestreo de suelos de distintas fincas. Finalmente, la identificación y envío a laboratorio para el respectivo análisis.

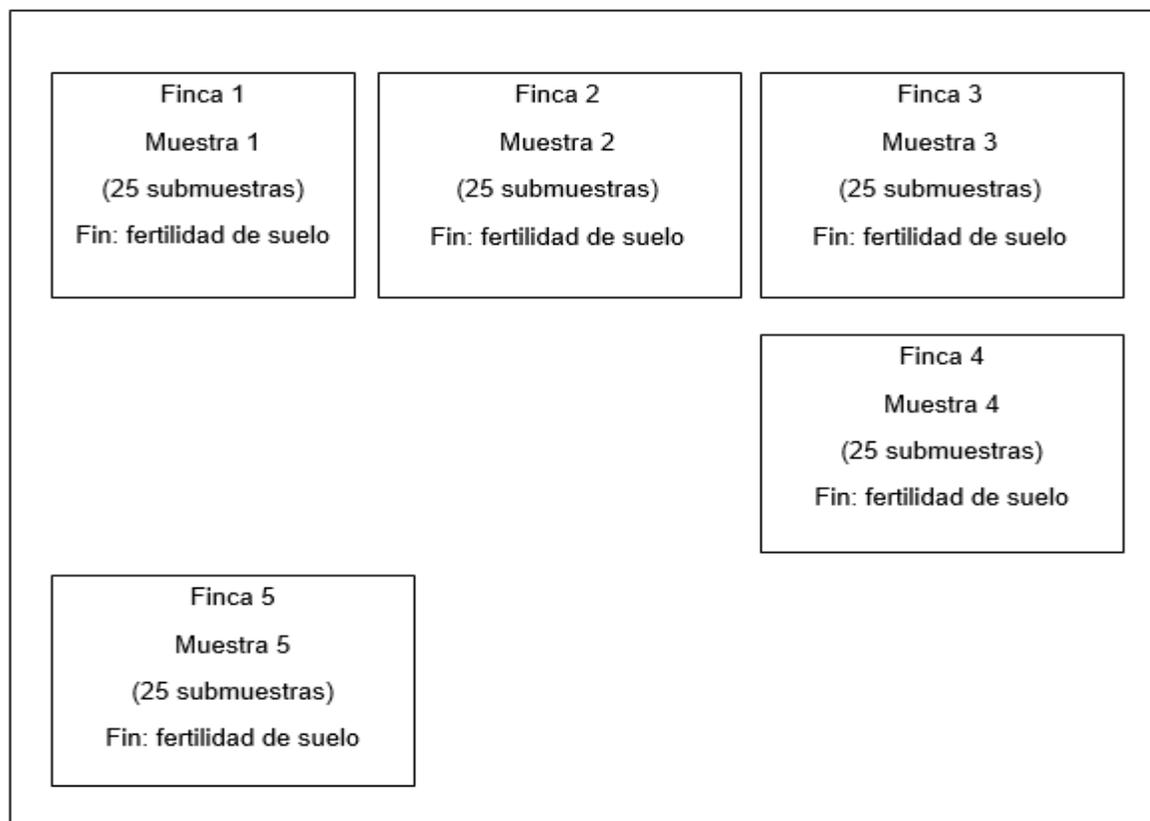


Figura 31. Áreas donde se realizaron muestreos.



Figura 32. Recolección de muestras de suelo.



Figura 33. Colocación de muestras de suelo en recipiente plástico.



Figura 34. Identificación de muestras, listas para envío a laboratorio.

6. CONCLUSIONES

1. Se obtuvieron un total de cinco muestreos de suelo de las fincas arrendadas por la empresa Unispice para determinar las características físicas y químicas del suelo, realizando un total de veinticinco submuestras por cada muestra.
2. Se identificaron las muestras de suelo con los siguientes datos: número de finca, cultivo, procedencia y fecha de muestreo. Posteriormente se enviaron al laboratorio de suelo, planta y agua de la facultad de Agronomía, Usac en donde se realizaron los análisis pertinentes para conocer el estado nutricional de los suelos.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de suelos al finalizar un ciclo de cultivo para conocer en qué condiciones nutrimentales quedó el suelo, y si es posible reciclar nutrientes o añadirlos para el siguiente ciclo de cultivo.
- Es importante realizar análisis foliares de los cultivos para conocer la dinámica de los nutrientes y poder realizar óptimos planes de fertilización.



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



REF. Sem. 06/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, EN LA FINCA SAN NICOLÁS SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.”

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE:

KATHERINE ALEJANDRA
BORÓN JUÁREZ

CARNE:

201400544

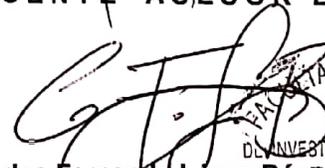
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Marvin Salguero Barahona
Ing. Agr. Félix Martínez
Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola

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.


Ing. Agr. Félix Martínez
ASESOR ESPECIFICO


Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola
DOCENTE - ASESOR EPS


Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcano
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA.11.Seg.2020

Guatemala, 24 de septiembre de 2020

TRABAJO DE GRADUACIÓN: DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: KATHERINE ALEJANDRA BORÓN JUÁREZ

No. CARNÉ 2014-00544

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

“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Marvin Salguero Barahona

Ing. Agr. Félix Martínez

Ing. Agr. Fredy Hernández Ola

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





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



No. 13-2020

Trabajo de Graduación:	"DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) POR MEDIO DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA SAN NICOLÁS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A"
Estudiante:	Katherine Alejandra Borón Juárez
Carné:	201400544

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

