



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**DIAGNÓSTICO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL EN ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*) A
CIELO ABIERTO EN SAN PEDRO SOCHIAPAM, OAXACA.**

TESIS QUE PRESENTA:

Rosa Ema Zaragoza Merino

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS

Director:

Dr. Salvador Lozano Trejo

Codirector:

Dr. Celerino Robles Pérez



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.
Agosto de 2024.

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**DIAGNÓSTICO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL EN ZARZAMORA (*Rubus
ulmifolius*) A CIELO ABIERTO EN SAN PEDRO SOCHIAPAM, OAXACA.**

TESIS QUE PRESENTA:

Rosa Ema Zaragoza Merino

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN
AGROECOSISTEMAS**

Director:

Dr. Salvador Lozano Trejo

Codirector:

Dr. Celerino Robles Pérez

La presente tesis titulada: Diagnóstico y dinámica nutrimental en Zarzamora (*Rubus ulmifolius*) a cielo abierto en San Pedro Sochiapam, Oaxaca., fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS

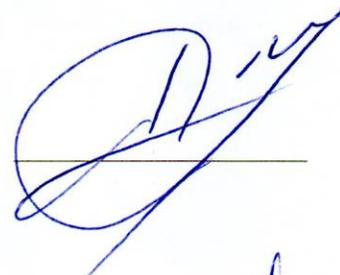
DIRECTOR:

Dr. Salvador Lozano Trejo



CODIRECTOR

Dr. Celerino Robles Pérez



ASESORA:

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles



ASESOR:

Dr. Gustavo Omar Díaz Zorrilla



Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
Agosto de 2024.

	Nombre de la Información Documentada: Formato Autorización del comité para entrega de tesis.	Código: ITVO-AC-PR-08-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.5.2	Revisión: 1
		Página 1 de 1

EXPEDIENTE: **20DIT0009C**

No. DE OFICIO: **DEPI/0780/2024**

Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca: **03/Julio/2024**

ASUNTO: **Autorización del comité para entrega de Tesis.**

C. ROSA EMA ZARAGOZA MERINO
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS
P R E S E N T E

Los que suscriben, miembros de su Comité Tutorial, le comunicamos que hemos revisado el contenido de su tesis "Diagnóstico y dinámica nutrimental en zarzamora (*Rubus ulmifolius*) a cielo abierto en la comunidad de San Pedro Sochiapam, Oaxaca". Por lo que con base en los lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México se le otorga la **AUTORIZACIÓN** para que proceda a la entrega del documento final de la misma en formato digital (PDF); para continuar con su trámite y asignarle la fecha de su examen de grado.

Sin más por el momento nos permitimos reconocer su esfuerzo y felicitarle por el logro de su documento de tesis.

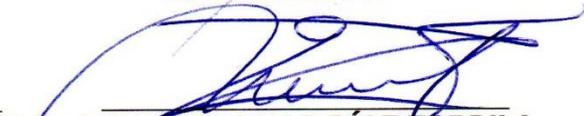
ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®.
 Ciencia y Tecnología para el Campo*

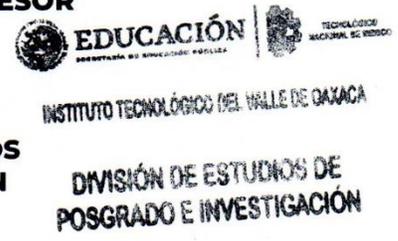

SALVADOR LOZANO TREJO
DIRECTOR DE TESIS


CELERINO ROBLES PÉREZ
CO - DIRECTOR


GISELA VIRGINIA CAMPOS ÁNGELES
ASESORA


GUSTAVO OMAR DÍAZ ZORRILA
ASESOR


YURI VILLEGAS APARICIO
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



C.p. Comité Tutorial.
 Expediente.
 YVA/mglh

	Nombre de la Información Documentada: Formato Autorización de DEPI para entrega de Tesis.	Código: ITVO-AC-PR-08-03
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.5.2	Revisión: 1
		Página 1 de 1

EXPEDIENTE: 20DIT0009G
No. DE OFICIO: DEPI/0799/2024
Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca: 06/Agosto/2024
ASUNTO: Autorización de entrega de Tesis.

C. ROSA EMA ZARAGOZA MERINO
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS
EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS
PRESENTE

Con base en los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, respecto a la presentación del examen de grado, me es muy grato comunicarle que esta División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo, **AUTORIZA** la entrega del documento final de su tesis en formato digital (PDF) titulada: "**Diagnóstico y dinámica nutrimental en zarzamora (*Rubus ulmifolius*) a cielo abierto en la comunidad de San Pedro Sochiapam, Oaxaca**".

Cuyo contenido ha sido revisado y aprobado por su Comité Tutorial y cumple en lo general con el formato establecido para este documento, como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas.

Sin más por el momento le felicito cordialmente por el logro de esta meta y le reitero el respaldo institucional de su Alma Mater.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®.
Ciencia y Tecnología para el Campo


DR. YURI VILLEGAS APARICIO
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN


EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA


TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Expediente.
 Alumno interesado.
 YVA/mglh

El presente trabajo se llevó a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), a través del número de becario 1225473 con el tema de investigación: Dinámica nutrimental en el cultivo de zarzamora a cielo abierto en San Pedro Sochiapam, Oaxaca.

A mis padres Genoveva y Eusebio por haber sido parte esencial en esta etapa de formación profesional y por su apoyo indispensable.

A mis abuelitos Rosa, Felipe, Amadeo y Emma por seguir creyendo en mi y por cuidarme siempre mediante sus oraciones.

A mis hermanas Alma y Yoselyn por acompañarme en mis momentos más críticos en esta de formación.

A mi director de tesis Dr. Salvador Lozano Trejo por nunca soltarme y arroparme desde el primer día en que lo conocí, por llevar este proyecto a un nivel muy importante; eternamente agradecida.

Al Dr. Celerino Robles Pérez por haber trabajado conmigo durante mis estancias académicas; a mis asesores Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles y el Dr. Gustavo Omar Díaz Zorrilla por su valiosa aportación en mi trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo general.....	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.2 Hipótesis.....	4
1.3 Meta	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Origen de la zarzamora	6
2.1.1 clasificación taxonómica	7
2.2 Características morfológicas de la zarzamora.....	8
2.3 Ciclo del cultivo	9
2.4 Manejo agronómico del cultivo de zarzamora	9
2.4.1 Producción forzada en zarzamora	10
2.4.2 Podas.....	11
2.4.3 Fertilización orgánica e inorgánica	12

2.4.4 Control de plagas, enfermedades y malezas.....	13
2.5 Importancia de la nutrición en las plantas	15
2.5.1 Importancia de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio en las plantas de zarzamora.	16
2.6 Importancia de la dinámica nutrimental en los cultivos.	18
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA (<i>RUBUS ULMIFOLIUS</i>), EN CONDICIONES DE CIELO ABIERTO EN SAN PEDRO SOCHIAPAM, OAXACA	20
3.1 Introducción.....	23
3.2 Materiales y métodos	24
3.2.1 Características del área de estudio	24
3.2.2 Requerimientos de encalado en suelo.....	25
3.2.3 Obtención de muestras de tejido vegetal.....	26
3.2.4 Aplicación de tratamientos.....	26
3.2.5 Diseño experimental	27
3.2.6 Análisis de las muestras de tejido vegetal	27
3.2.7 Determinación de macronutrientes	28
3.2.8 Variables evaluadas.....	29
3.2.9 Análisis estadístico de variables independientes.....	29
3.2.10 Diagnóstico nutrimental	29
3.2.11 Dinámica nutrimental	31
3.3 Resultados y discusiones.....	31
3.3.1 Efecto de tratamientos y diagnóstico nutrimental	31
3.3.2. Dilución y/o concentración de nitratos en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.....	37
3.3.3 Extracción acumulada N, P, K y Ca	48
3.4 Conclusiones.....	59
3.5 Referencias	61
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES	65

CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES.....	67
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	69
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Funciones de los macro y micro nutrientes en las plantas de acuerdo con Alcantar y Trejo (2009)	15
2	Propiedades químicas de los suelos en la parcela de zarzamora en San Pedro Sochiapam, Oaxaca	26
3	Rangos de suficiencia nutrimental de zarzamora según Montañes et al., (1991)	30
4	Rangos en el extracto de peciolo de zarzamora en etapa vegetativa, floración y fructificación según Montañes et al., (1991)	30
5	Normas DOP para Zarzamora según Montañes et al., (1991)	30
6	Efecto de la fertilización y comportamiento medio de las plantas de Zarzamora (<i>Rubus ulmifolius</i>) a cielo abierto en la comunidad de San Pedro Sochiapam	32
7	Peso de frutos (g) de zarzamora para tres cortes por efecto de tratamientos de fertilización	33
8	Resultados del análisis foliar para la obtención de índices DOP en plantas de zarzamora de San Pedro Sochiapam, Oaxaca, en tres etapas fenológicas (EF)	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Balance nutrimental en plantas de zarzamora variedad Tuppy con tratamiento de fertilización Naturabono® tres etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación)	35
2	Balance nutrimental en plantas de zarzamora variedad Tuppy tratamiento de fertilización con fosfato diamónico en tres etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación)	36
3	Balance nutrimental en plantas de zarzamora variedad Tuppy tratamiento testigo (sin aplicación) en tres etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación)	37
4	Comportamiento de la dilución/concentración de nitratos bajo el efecto del tratamiento Naturabono durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	39

5	Comportamiento de la dilución/concentración de nitratos bajo el efecto del tratamiento de fosfato diamónico durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	40
6	Comportamiento de la dilución/concentración de nitratos en el tratamiento testigo durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	40
7	Comportamiento de la dilución/concentración de fósforo en el tratamiento de Naturabono durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	41
8	Comportamiento de la dilución/concentración de fósforo en el tratamiento de fosfato diamónico durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	42
9	Comportamiento de la dilución/concentración de fósforo en el tratamiento testigo durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	43
10	Comportamiento de la dilución/concentración de potasio en el tratamiento Naturabono durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	44

11	Comportamiento de la dilución/concentración de potasio en el tratamiento fosfato di amónico durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	45
12	Comportamiento de la dilución/concentración de potasio en el tratamiento testigo durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	46
13	Comportamiento de la dilución/concentración de calcio en el tratamiento Naturabono durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.....	47
14	Comportamiento de la dilución/concentración de calcio en el tratamiento de fosfato diamónico durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	47
15	Comportamiento de la dilución/concentración de calcio en el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	48
16	Comportamiento de la extracción acumulada de nitratos en el tratamiento Naturabono® durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam ...	50
17	Comportamiento de la extracción de nitratos en el tratamiento del fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam ...	51

18	Comportamiento de la extracción acumulada de nitratos en el tratamiento del testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	51
19	Comportamiento de la extracción acumulada de fósforo en el tratamiento del Naturabono® durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam ...	52
20	Comportamiento de la extracción acumulada de fósforo con el tratamiento fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam ...	53
21	Comportamiento de la extracción acumulada de fósforo con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	54
22	Comportamiento de la extracción acumulada de potasio con el tratamiento Naturabono durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	55
23	Comportamiento de la extracción acumulada de potasio con el tratamiento fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	55
24	Comportamiento de la extracción acumulada de potasio con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	56

25	Comportamiento de la extracción acumulada de calcio con el tratamiento naturabono durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	57
26	Comportamiento de la extracción acumulada de calcio con el tratamiento fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	58
27	Comportamiento de la extracción acumulada de calcio con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Determinación de Nitratos	74
2	Determinación de Fósforo	74
3	Determinación de Potasio	75
4	Determinación de Calcio	75

RESUMEN

La importancia de un diagnóstico nutrimental en el cultivo de zarzamora radica, en conocer la cantidad de nutrientes que una planta demanda durante su ciclo fenológico para con ello suministrar una fertilización idónea al cultivo. En este contexto el objetivo fue diagnóstico y dinámica nutrimental en el cultivo de zarzamora a cielo abierto en San Pedro Sochiapam, Oaxaca. La investigación se sostiene bajo un abordaje cuantitativo a través de métodos científicos y empleando la estadística paramétrica. Los resultados del diagnóstico indican que al comparar dos fertilizaciones (orgánica e inorgánica) en el cultivo, mejora la absorción de los nutrientes y los frutos llegan a tener un peso aceptable para los estándares de exportación; también la demanda de los principales macronutrientes en el cultivo de zarzamora, resulta importante en todas las etapas fenológicas. De acuerdo al diagnóstico DOP la demanda es: $P > Ca$ y K. En cuanto a la dinámica nutrimental: la máxima concentración de nutrientes se alcanza alrededor de los 120 días para los nutrientes NO_3 , P, K y Ca por lo que el suministro de estos elementos debe ser permanente durante toda la etapa fenológica; para el comportamiento de mayor extracción de nutrientes, se muestra que la planta de zarzamora extrae N, P, K y Ca en la etapa fenológica de floración.

Palabras clave: Frutilla, Blackberry, nutrición, fertilización.

ABSTRACT

The importance of a nutritional diagnosis in blackberry cultivation lies in knowing the amount of nutrients that a plant demands during its phenological cycle in order to provide ideal fertilization to the crop. In this context, the objective was to diagnose and nutritional dynamics in the open-air blackberry crop in San Pedro Sochiapam, Oaxaca. The research is supported by a quantitative approach through scientific methods and using the method of parametric statistics. The results of the diagnosis indicate that when comparing two fertilizations (organic and inorganic) in the crop, the absorption of nutrients improves and the fruits reach an acceptable weight for export standards. The demand for the main macronutrients in blackberry cultivation is also important in all phenological stages. According to the PDO diagnosis, the demand is: $N > P > Ca$ and K. Regarding the graphs of the nutritional dynamics: the maximum concentration of nutrients is reached around 120 days for the nutrients NO_3 , P, K and Ca so the supply of these elements must be permanent throughout the phenological stage; for the extraction graphs show that the plant extracts N, P, K and Ca in the phenological stage of flowering.

Key words: Strawberry, Blackberry, nutrition, fertilization.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La zarzamora (*Rubus ulmifolius* Schott) es una planta silvestre de porte frondosa que pertenece a la familia de las rosáceas, su fruto al madurar se torna de color marrón y su sabor suele ser agridulce. Al paso del tiempo las personas fueron domesticando esta frutilla y mediante cruces fueron creando nuevas variedades que se pudieran adaptar a cualquier clima. La variedad Tuppy ha sido una de las de mayor importancia dentro del mercado nacional e internacional por sus características morfológicas y productividad. Dentro del grupo denominado “frutilla”, la zarzamora ocupa el primer lugar en exportación en México y más del 90% de ella se produce en el estado de Michoacán; Los municipios de Reyes de Salgado y Peribán de Ramos son los pioneros, cultivan más del 67% de la producción nacional. Esta producción se ha logrado gracias al mejoramiento del manejo agronómico del cultivo y al manejo técnico de la producción forzada (Moller et al.,2013).

En el año 2024 fue de 9,331 hectáreas (ha), y la superficie cosechada fue de 9,250 ha, con una producción de 82,668.07 toneladas (ton), con un rendimiento de 8.9 ton ha⁻¹ (SIAP,2024).

La alta demanda de zarzamora de los mercados internacionales, ha forzado a los agricultores a tener producción todo el año, llevándolos a la necesidad de mejorar el manejo agronómico y el manejo nutricional de la zarzamora. El uso excesivo actual de agroquímicos, en este como en muchos otros cultivos, ha generado alteraciones ambientales, incluyendo el suelo; por lo que la fertilización en el cultivo de zarzamora o los requerimientos nutrimentales de las plantas podrían estar en desbalance (deficiencia/suficiencia) porque dependen del tipo de suelo, la demanda del cultivo que requiere y la extracción de nutrimentos por la planta a lo largo de su ciclo fenológico (Sánchez-Luna, 2020).

En Oaxaca actualmente se producen frutillas (“berries”) en las zonas que oscilan entre los 1200 y 1800 msnm enfrentan el reto de volver eficiente el cultivo de zarzamora, frambuesa y arándano. Gracias a la biodiversidad y diversidad climática imperante en el estado, el cultivo de berries como el arándano y la zarzamora, han sido adaptadas a condiciones de cielo abierto y algunos con sistemas semi tecnificados. Ejemplo de ellos es la comunidad de San Pedro Sochiapam; algunos productores de la comunidad se han dedicado al cultivo de zarzamora, empleando solo sus conocimientos empíricos obtenidos con otras especies vegetales, y como consecuencia de ello el manejo agronómico en las plantas no es el adecuado. Actualmente se percatan de la necesidad de generar

información local que les permita mejorar el manejo que le proporciona el cultivo para optimizar su productividad.

Al emplear un programa de nutrición adecuado a los requerimientos de la especie, el resultado se orientará en disminuir el impacto en el ambiente por el uso inadecuado de agroquímicos. Generar recomendaciones de nutrición de cultivos puede garantizar la expresión del máximo potencial productivo de las especies de interés comercial. Lograr este objetivo implica que se conoce el momento adecuado de aplicación de fertilizantes durante todas las etapas fenológicas del cultivo, así como la dosis de fertilización recomendadas para optimizar la absorción de nutrientes, mejorando de manera significativa el rendimiento. Para el caso de zarzamora, es necesario trabajar sobre las hipótesis planteadas aquí, por el desconocimiento de los nutrientes en el suelo que podrían ser limitantes al cultivo de zarzamora para una mayor expresión de su potencial productivo en San Pedro Sochiapam, Oaxaca. También es necesario conocer cuál es la eficiencia de extracción de la planta a través de las etapas fenológicas, del cultivo para contribuir al diseño de mejores dosis de fertilización de nutrientes y momentos de su aplicación.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Determinar el estado y dinámica nutrimental de N, P, K y Ca durante un ciclo productivo del cultivo de zarzamora a cielo abierto en la comunidad de San Pedro Sochiapam.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado nutrimental del cultivo de zarzamora a través de tres etapas fenológicas mediante la metodología de DOP.
2. Determinar las curvas de dilución/concentración de los nutrimentos de N, P, K y Ca a través de tres etapas fenológicas del cultivo con y sin fertilización.
3. Determinar las curvas de extracción acumulada de N, P, K y Ca a través de tres etapas fenológicas del cultivo (vegetativa, floración y fructificación).

1.2 Hipótesis

El uso de técnicas analíticas para conocer la dinámica nutrimental en el cultivo de zarzamora, y la aplicación de la técnica DOP, permitirá generar una recomendación de fertilización que optimice la extracción de nutrientes y maximice el potencial productivo de las plantas de zarzamora.

1.3 Meta

Generación de una estrategia de abastecimiento nutrimental para el cultivo de zarzamora var. Tuppy que contribuya a su manejo sostenible en la comunidad de San Pedro Sochiapam.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la zarzamora

En la actualidad existen alrededor de 740 variedades de zarzamora (*Rubus ulmifolius*), su crecimiento se da en la mayoría de los climas, a excepción de los desérticos. Según Cerón-Mendoza et al. (2020), estas son frutillas originarias de América que fueron descubiertas por los primeros Colonos del nuevo mundo; su distribución dispersión ha ocurrido por polinizadores como las aves. Este autor reconoce que existió un interés por cultivar este fruto en EUA en el siglo XX, siendo así una especie reconocida principalmente por los extranjeros y después por los mexicanos que vivían en zonas de clima templado o frío, lo que provocó que los investigadores de la extinta Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT); por medio de esta institución se introdujeron nuevas variedades de zarzamora y se propuso como una opción en México.

Las investigaciones en este cultivo comenzaron tiempo después de que se vio una buena adaptabilidad de este, lo que despertó el interés de los investigadores de México para introducir dos variedades; la primera fue de porte guía y la denominaban “Logan”, la cual introdujeron al estado de Morelos; y la segunda era la denominada “Brazos”, de tipo erecta, que fue adaptada en el estado de Michoacán y que hasta la actualidad ha sido predominante.

En años recientes México se ha posicionado como el mayor exportador de zarzamora a los mercados de los Estados Unidos, lo que sirvió como impulso para mejorar su cultivo; por ello la variedad Brazos fue sustituida por la variedad Tuppy en el estado de Michoacán, donde al cultivar esta variedad la demanda mejoró; además de sus características morfológicas, la calidad del fruto y la mayor vida de anaquel la hicieron más atractiva para su exportación. El rendimiento promedio que se reporta para esta variedad es de 17 ton ha⁻¹ con un valor total de la producción de 2,781 millones 955 mil pesos (Meza-Moller *et al.*, 2013).

2.1.1 clasificación taxonómica

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2020), la zarzamora se clasifica de la siguiente manera:

Reino:	Plantae
División:	Tracheophyta
Clase:	Equisetopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	Rubus
Nombre científico:	<i>Rubus ulmifolius</i>

2.2 Características morfológicas de la zarzamora

Es una planta que presenta tallos con porte leñoso, son trepadoras y provistas de espinas cortas, puede llegar a medir de un metro hasta seis metros de altura, estos tallos son conocidos como bianuales, ya que durante el primer año crecen y en el segundo florecen; sus hojas son compuestas por cinco folíolos; las flores son hermafroditas, se caracterizan por tener cinco pétalos y cinco sépalos de color rosa pálido; presenta floricañas que comúnmente se conocen como cargadores, que se van desarrollando en el tallo principal, en este punto se centra el crecimiento de los frutos llamados “poli drupas” que conforme van madurando, tornan un color vino rojizo hasta llegar a un color negro intenso, que indica que ya ha llegado a su madurez fisiológica (Santos-Hernández, 2021).

2.3 Ciclo del cultivo

Calderon-Zavala (2016) señala que para lograr una cosecha exitosa se debe programar el ciclo de cultivo, éste comienza cuando las cañas se están desarrollando y se van definiendo, ya que son las encargadas de producir. El mismo autor indica que el periodo de flor a fruto de 'Tuppy' es de 40-45 días y que debe vigilarse la temperatura, ya que una mayor temperatura retrasa la maduración de fruto ya menor tiempo de maduración llega a reducirse hasta 10 días.

2.4 Manejo agronómico del cultivo de zarzamora

Santos-Hernández et al. (2021) mencionan que, debido al hábito de crecimiento del cultivo, se recomienda el uso de tutores, que ayudan a guiar las principales cañas o tallos de la planta para posteriormente facilitar la cosecha. Para el establecimiento de la plantación se sugieren que la distancia entre hileras de plantas debe ser de 2 a 2.5 m, sin dejar a un lado la consideración de que, cuando se tiene un terreno con pendiente, dar mayor anchura cuando la pendiente es mayor. En México la densidad de plantación no está definida; sin embargo, se registran plantaciones que van de 6,000 a 11,100 plantas/ha⁻¹ (Calderón-Zavala, 2016).

2.4.1 Producción forzada en zarzamora.

Estos sistemas de producción han sido desarrollados es originada gracias a los requerimientos de horas frío de las variedades que se han introducido en México. Gracias a la diversificación en climas, las plantas no entran en estado de letargo, es así que se produce una cosecha fuera de su temporada normal; con este método se accede a incrementar los rendimientos (Sánchez-Luna, 2020).

La producción forzada con defoliantes, ha sido una alternativa utilizada desde años atrás en el estado de Michoacán. Esta actividad se basa en usar agroquímicos tóxicos que genera costos muy elevados por su adquisición; por lo tanto, han impactado a la economía de los presupuestos de los agricultores. Ejemplo de ello es la utilización de mezcla de urea o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (20 %), con CuSO_4 (3 %) y aceite agrícola (2 %), aplicándola de dos a tres veces después de la emergencia de las cañas principales. Después de estas aplicaciones se realizan despuntes de la caña principal (podas) y se reducen a 30 cm para posteriormente aplicar reguladores de crecimiento, como giberelinas y citocinina, que se aplican a las tres semanas después de la defoliación para promover el rebrote de nuevas cañas y la floración; de esta manera de 90 a 100 días se pueden cosechar frutos. Para la obtención de varias cosechas, en el mes de octubre y el mes de mayo se realiza esta práctica, sincronizando la producción con los meses en que se demanda la fruta en el mercado internacional, y destinar la última cosecha al mercado local. Posterior a esto, se realiza la poda a ras de

suelo, dejándolas crecer para iniciar un nuevo ciclo de producción (Sánchez-Luna, 2020).

La producción forzada inicia partir de los cinco a siete meses después de que emergen las cañas principales, se aplican de dos a tres veces defoliantes químicos para inducir la dormancia en las plantas; así, tres semanas después de la aplicación se procede a la aspersion de reguladores de crecimiento como ácido giberílico (AG_3), tiazurón (TDZ) y cianamida de hidrógeno (H_2CN_2), que inducen el crecimiento y la brotación de las yemas. Es así que, 90 días después, comienza la etapa de fructificación lista para iniciar con el corte (Cetín, 2015).

2.4.2 Podas

Las plantas de zarzamora, cuando se encuentran con disponibilidad de agua y de una fertilización adecuada, tienen un crecimiento vegetativo es muy agresivo, las cañas principales suelen crecer más de un metro de altura. Por esta razón son necesario los sistemas de conducción (tutores) las podas. En este cultivo existen dos tipos de podas, la primera tiene como finalidad realizar los primeros despuntes en las floricañas o cargadores, para detener el crecimiento excesivo y al mismo tiempo causar la madurez de los brotes laterales de la planta, dónde comienzan a crecer las floricañas que darán frutos. En cuanto a la segunda poda, “total después de la cosecha”, consiste en la eliminación total de las cañas que ya terminaron si ciclo de producción, esta poda se realiza al ras del suelo, para iniciar nuevo ciclo productivo (Cerón, 2019).

2.4.3 Fertilización orgánica e inorgánica

En las zonas de alta producción destaca la aplicación de fertilizantes minerales que se aplican al suelo, en dosis de 120-150 unidades de N, 120-160 unidades de K y 60 unidades de P, lo cual resulta en dosis de 120-60-120 hasta 150-60-160 de N, P y K, respectivamente. También se recomiendan aplicaciones de micro nutrientes como Fe, Mg y B, así como de Ca y Mg durante todo el ciclo productivo (Cerón, 2019). Existen muchos niveles de tecnologías para el suministro de fertilizantes empleados para la producción de zarzamora; en los estados de Michoacán o Jalisco se emplea el uso de la fertilización en el riego o (fertirriego) que facilita esta actividad.

En un estudio realizado en el estado de Puebla, recomiendan la fertilización inicial a base de estiércol compostado, a razón de 2 kg de estiércol por metro lineal o 200 g de composta por planta, y para las etapas de desarrollo y crecimiento a razón de 20 kg m⁻¹ de esta manera dejan a un lado la fertilización química. La recomendación es la aplicación de estiércol cinco meses antes de la fructificación, aunado a esta una fertilización nitrogenada con dosis de 80 kg N ha⁻¹ fraccionados en cuatro partes durante todo el ciclo fenológico de la planta (Franco y Ruiz, 2006).

Actualmente se han realizado estudios comparando fertilizaciones orgánicas e inorgánicas. Esquivel-Paz (2016) evaluó el comportamiento de ocho fertilizantes foliares en el cultivo de zarzamora, dónde comparó algunos orgánicos e

inorgánicos. Concluyó que la aplicación del fertilizante foliar Bayfolan forte ® etiquetado como testigo, obtuvo los mejores resultados y concluye que los fertilizantes orgánicos producen mayor cantidad de floricañas que, por ende, resultan en una mayor cantidad de frutos.

Se ha trabajado con mejoradores de suelo a base de materia orgánica y minerales; el producto es conocido comercialmente como Naturabono®, funciona como mejorador y recuperador de suelos con origen natural y orgánico. Se obtiene a partir de residuos sólidos urbanos haciendo uso de inóculos de microorganismos antagónicos que a su vez favorecen a la invasión de microorganismos patógenos. En varios estudios ya realizados con la aplicación de este producto ha favorecido al incremento y al rendimiento del cultivo y a su vez ha ayudado a reducir el consumo de agua y otros fertilizantes, mejorando las propiedades físicas y biológicas de los suelos (Alarcón-Peralta, 2015).

2.4.4 Control de plagas, enfermedades y malezas.

En un estudio realizado en huertos de Ziracuaretiro (manejo convencional), Ayala- Ortega et al., (2020) reportaron la presencia de los siguientes ácaros: *Tetranychus ludeni*, *Tetranychus urticae* y *Brevipalpus yothersi* durante todas las etapas fenológicas del cultivo. *T. ludeni* y *T. urticae* en los meses de febrero y marzo, durante el periodo vegetativo; *B. yothersi* en el periodo de mayo a octubre, durante la floración y fructificación. Por este motivo se recomiendan aplicaciones preventivas con plaguicidas y fungicidas en la etapa vegetativa del cultivo.

Otra de las actividades muy laboriosas en el cultivo de zarzamora, es la eliminación de las malezas, específicamente en el área donde se propicia el crecimiento de las cañas. Esta actividad normalmente es realizada a mano y para la eliminación de las malezas en el pasillo se hace uso de un equipo conocido comúnmente como “güiro”, pasándolo de manera delicada para no llegar a cortar las cañas. Por ello la importancia de darle un buen distanciamiento entre hileras. Algunos productores optan por la aplicación de herbicidas como Paraquat ® o, en el caso de San Pedro Sochiapam el Gramoxone ®.

2.4.5 Cosecha.

Se realiza de manera manual, utilizando guantes. Los contenedores (“clamshells”) donde se colocan las frutillas son ordenados en una canasta; en una cubeta pequeña se recolectan las frutas dañadas conocidas como “frutas de proceso” o “proceso”. Las frutillas que se seleccionen deben tener un color vino o color morado de la uva, las sobre maduras se clasifican como “proceso”. Los clamshell son colocados en cajas con capacidad de 12 contenedores y se van estibando; una vez terminado el corte pasan a ser inspeccionados al área de calidad, continuando a la cadena de frío y cámaras de conservación para el embalaje de las compañías que los transportarán a su destino final.

2.5 Importancia de la nutrición en las plantas

Para todos los cultivos se reconocen dos grupos de nutrientes importantes; los macronutrientes, son requeridos en mayor cantidad por la planta, por lo general en concentraciones superiores a 1000 mg kg^{-1} en tejido vegetal seco, en este grupo ubicamos a C, H, O, N, P, K, S, Ca y Mg; los micronutrientes son aquellos requeridos en menor cantidad por la planta menor a 500 mg kg^{-1} en tejido vegetal seco. En este grupo se incluye al Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni y Cl (Alcántar-González *et al.*, 2016). Es importante conocer las funciones de los macronutrientes y los micronutrientes en las plantas, lo que se resume en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Funciones de los macro y micronutrientes en las plantas de acuerdo con Alcántar y Trejo (2009).

Elemento	Forma estructural	Procesos
Nitrógeno	Aminoácidos, bases nitrogenadas, pigmentos	proteínas, enzimas, síntesis, diferenciación celular, herencia y todo el metabolismo.
Fósforo	Ésteres de carbohidratos, fosfolípidos, ácidos nucleicos.	Almacenamiento y transferencia de energía, metabolismo.
Potasio	Predominante en forrajes, unidos a carboxilatos.	Propiedades osmóticas, apertura y cierre de estomas, fotosíntesis, transporte de carbohidratos, respiración, síntesis y fijación del nitrógeno.

Continuación Cuadro 1...

Calcio	Pectato, oxalato.	carbonato,	Estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónicas reacciones con hormonas vegetales y activación enzimática.
Magnesio	Clorofilas		Fotosíntesis, respiración, almacenamiento de energía, síntesis orgánicas.
Azufre	Aminoácidos, vitaminas y coenzimas	proteínas,	Fijación no fotosintética de CO ₂ ; fijación simbiótica de nitrógeno.
Boro	Complejos cis difenoles, azúcares-p.	con	Transporte de Carbohidratos, síntesis de lignina y celulosa, síntesis ácidos nucleicos y proteínas.

2.5.1 Importancia de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio en las plantas de zarzamora.

El nitrógeno es importante para la formación de las floricañas, que realizan una función importante, ya que almacenan nutrimentos captados durante el desarrollo vegetativo para disponerlos al final de su ciclo productivo; específicamente en frutos en la planta (Coronado-garcía,2014).

Todas las plantas absorben el Fósforo en forma de ortofosfatos inorgánicos o fosfitos. Este elemento es uno de los macronutrientes requeridos para la etapa de desarrollo y vegetativa de la planta, pero también es uno de los elementos

menos disponibles en el suelo, esto debido a factores como su lenta velocidad de difusión y la alta velocidad de absorción del fosfato por la raíz (Estrada et al., 2011) y la formación de compuestos insolubles en pH ácidos y alcalinos. El fósforo promueve la fructificación y la producción de semillas, forma parte del metabolismo vegetal fortalece el sistema radical fomentando la extensión de las raíces de las plantas y su ramificación. Cuando las hojas maduras presentan un color verde oscuro, tienen presencia de pigmentos violetas o rojos, son delgadas, erectas con maduración retrasada puede tratarse de una deficiencia de P (Pellerin et al., 2000; Sánchez-García et al., 2009). Torrealba *et al.* (1998) reportaron que en plantas de *Canavalia* fueron capaces de crecer en un sustrato de arena que contenía 19 mg de fósforo kg^{-1} , aunque con altura menor de planta y un peso menor de materia seca de la parte aérea, en comparación con la aplicación de dosis de 50 y 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de fósforo (fosfato monoamónico como fuente), mientras que las diferencias estadísticas entre las dosis de 50 o 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de fósforo no fueron significativas.

Estudios destacan la importancia que tienen las gramíneas pues se sabe que acumulan una gran cantidad de K, de esta manera es tomado por las plantas a través de sus raíces como ión metálico. Evidentemente su disminución se hace presente cuando se pierde el turgor de las plantas que afecta directamente el rendimiento del cultivo (Alcantar, 2010).

Carnoda (2023), reporta que el Ca es el tercer elemento más importante para las plantas de zarzamora, su disponibilidad para las plantas se ve limitada en suelos

ácidos, lo cual afecta de manera directa a los frutos. Por ello se recomiendan aplicaciones foliares con quelato, nitrato y óxido de calcio en la etapa de botón floral para aumentar el cuajado en los frutos y ayudar a lograr la firmeza y mayor peso de los mismos. Los síntomas de deficiencia aparecen frecuentemente en suelos ácidos, pero a menudo no se observan en el campo porque los efectos asociados con la alta acidez del suelo limitan primero el crecimiento. Los filos de las hojas pueden doblarse hacia arriba y *los* ápices se deterioran con rompimiento de los pecíolos.

En un cultivo vegetal, el abastecimiento de un fertilizante para cubrir su demanda nutrimental depende también del balance que guarda con los otros elementos. Esto está relacionado con las diferentes interacciones entre los nutrimentos, ya que, si no se tiene un buen abasto de un elemento, este puede afectar la absorción, distribución y/o función de otros, de modo que se pueden causar deficiencias y toxicidades, o en su caso, modificar la respuesta de crecimiento esperado en los cultivos (Robson y Pitman, 1983).

2.6 Importancia de la dinámica nutrimental en los cultivos.

Volke-Haller *et al.*, (1998) menciona que la demanda de nutrimentos por un cultivo, está dada por su producción de biomasa y la concentración del nutrimento en la planta. Alejo-Santiago (2025) señala que la mayor concentración nutrimental ocurre en las etapas de crecimiento y fructificación, los nutrientes que más se extrajeron fueron el K con 3.4 kg ton^{-1} de frutos cosechados, después el

N, P, Ca y Mg con 2.8, 1.1, 0.94 y 0.12 kg ton⁻¹ respectivamente. Esto representa la extracción unitaria de nutrimentos que cada cultivo puede realizar bajo condiciones específicas de manejo agronómico.

El N juega un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo del área vegetativa de la planta, no hay una relación directa con el desarrollo del fruto. El K tiene un efecto directo y de mayor relevancia en la calidad del fruto. Los resultados obtenidos en el trabajo de (Alejo-Santiago, 2015) contribuye a la idea de que toda fertilización debe responder estrictamente a los requerimientos de los cultivos de acuerdo con cada etapa fenológica del mismo, considerando que hay etapas críticas en las que el cultivo requiere de más nutrimentos, uno de ellos es la etapa de fructificación.

Aguilar-Tlatepalta et al. (2019) reportaron la concentración y extracción de micronutrientes en cuatro variedades de fresa, hacen énfasis en la acumulación de biomasa, pues citan que esta relación es diferente en las cuatro variedades estudiadas de fresa, siendo las variedades Jacona Zamorana y Festival las que almacenaron mayor biomasa y que mediante los modelos obtenidos describieron la dinámica de la concentración y extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg y S. Mencionan que los modelos empleados para este trabajo de investigación pueden ser utilizados como un referente en el análisis nutritivo foliar para el cultivo de fresa teniendo siempre presente la variedad. Así mismo, esos modelos pueden aplicarse como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones de la fertilización.

CAPITULO III

**DIAGNÓSTICO Y DINÁMICA NUTRIMENTAL EN EL CULTIVO DE
ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*), EN CONDICIONES DE CIELO ABIERTO
EN SAN PEDRO SOCHIAPAM, OAXACA**

TITULO EN INGLÉS

**DIAGNOSIS AND DYNAMIC NUTRITIONAL AT CULTIVATION OF
BLACKBERRY *Rubus ulmifolius*, UNDER OPEN SKY CONDITIONS IN SAN
PEDRO SOCHIAPAM, OAXACA**

RESUMEN

El cultivo de zarzamora (*Rubus ulmifolius*) fue introducido a San Pedro Sochiapam Oaxaca, hace más de 5 años, sin manejo agronómico. Para coadyuvar en la mejora de sus rendimientos se realizó el estudio diagnóstico y dinámica de absorción de N, P, K y Ca en las etapas vegetativa y reproductiva (floración-fructificación). La fertilización es fundamental en el cultivo de zarzamora, ya que al utilizar Naturabono® y fosfato diamónico mejoran y homogeneizan el gramaje de las frutas. El diagnóstico DOP sostiene que en este cultivo la demanda nutrimental fue en el orden de P>Ca y K. En cuanto a la dinámica nutrimental, la máxima concentración de nutrientes se alcanza alrededor de los 120 días para los nutrientes NO³, P, K y Ca, por lo que el suministro de estos elementos debe ser permanente durante toda la etapa fenológica. Las curvas de extracción muestran que la planta extrae más N, P, K y Ca en la etapa fenológica de floración.

Palabras clave: Deficiencia, Rendimiento, nutrición, Tuppy.

ABSTRACT

The blackberry (*Rubus ulmifolius*) cropping in San Pedro, Sochiapam, (Oaxaca México), was introduced more than 5 years ago without technical agronomic management. To contribute to the improvement of their yields, the diagnostic study and dynamics of N, P, K and Ca in the vegetative and reproductive stages (flowering-fruiting) were carried out. Fertilization is essential in blackberry cropping, since by using Naturabono® and diammonic phosphate it improves and homogenizes the weight of the fruits weight. DOP diagnosis holds that in this crop the nutritional demand was in the order $P > Ca$ and K. Regarding the curves of nutritional dynamics, the maximum concentration of nutrients is reached around 120 days for the nutrients NO_3 , P, K and Ca, so the supply of these elements must be permanent throughout the phenological stage. For the extraction curves they show that the plant extracts N, P, K and Ca in the phenological stage of flowering.

Index words: Deficiency, Yield, Nutrition, Tuppy.

3.1 Introducción

Una de las necesidades básicas en el cultivo de zarzamora var. Tuppy, además de las condiciones climáticas favorables, es el abastecimiento de nutrientes minerales a través de la fertilización, esta debe satisfacer las necesidades de la planta ya que es fundamental para su crecimiento y desarrollo. Cuando no existe un suministro idóneo se habla de la existencia de factores edafoclimáticos que pueden limitar el crecimiento el desarrollo y la calidad de fruta.

Oseguera (2016) propone que la fertilización debe ser ajustada a cada cultivo y sus condiciones de crecimiento, por lo que se requiere que los programas actuales de fertilización deban basarse en una demanda nutrimental, la cual está relacionada con la biomasa o requerimiento interno del cultivo. Así el conocimiento de la curva de extracción nutrimental nos revela, la cantidad de nutrientes extraída por una planta a través de su ciclo de vida (Molina *et al.*, 1993; Sancho, 1999). Por ello el análisis químico de tejido vegetal es una herramienta muy pertinente para diagnosticar el estado y dinámica nutrimental de los cultivos, su principal función es el diagnosticar las anomalías nutrimentales, para poder diseñar las dosis de fertilización que suplan las deficiencias.

La zarzamora (*Rubus ulmifolius*), es un cultivo que se ha potencializado en México, su demanda en el mercado ha forzado a los productores a generar y utilizar cantidades excesivas de fertilizante para la producción. Existen reportes dónde se ha registrado que todo tipo de frutillas y especialmente la zarzamora,

demandas nutrientes en la etapa vegetativa y de fructificación. También en este cultivo, se ha empleado la técnica de producción forzada, cuya finalidad es producir fruta fuera de su temporada normal; de esta manera es que los productores han suministrado todo tipo de agroquímicos al cultivo y dosis superiores a las requeridas.

Avatia et al., (2014), señalan que para que un programa de fertilización sea adecuado, debe también concentrarse en el suministro nutrimental del suelo y la demanda nutrimental del cultivo. Diversos estudios especifican que la demanda nutrimental en cultivos frutícolas se relaciona con la etapa de fructificación, crecimiento de las raíces y algunas partes áreas de las plantas.

El cálculo de la demanda nutrimental, ayudan a conocer la cantidad de nutrimentos que el cultivo requiere en su ciclo de producción. Las curvas de extracción son parte de estos requisitos, son fundamentales para establecer un programa de fertilización específica.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Características del área de estudio

El estudio se realizó en el año 2023 en la comunidad de San Pedro Sochiapam (Oaxaca, México), ubicado en las coordenadas 17° 49' 47" latitud norte y 96° 39' 40" longitud oeste, a una altitud de 1244 msnm. Los tipos de suelo que

predominan son regosol, cambisol y leptosol, con pH de 4.5, lo que indica que los suelos son altamente ácidos, y una conductividad eléctrica de $< 0.1 \text{ dS m}^{-1}$, con efectos despreciables de salinidad de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000. El clima que predomina es el templado semicálido húmedo y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano; en el año 2023 se registró una precipitación anual de 1655 mm distribuidos en todo el año. En esta localidad se registra una temperatura máxima de 21.4° y una mínima de 10°C . El uso de suelo es de agricultura de temporal anual con 9.36 km^2 . La vegetación que predomina es vegetación secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña con una extensión de 39.97 km^2 según (SIATL,2024).

3.2.2 Requerimientos de encalado en suelo

Para determinar las necesidades de encalado, se realizaron los ensayos de cálculo en el laboratorio de suelos del CIDIIR-Unidad Oaxaca, con muestras compuestas obtenidas en las parcelas de zarzamora en la comunidad de San Pedro Sochiapam y se realizaron los análisis físico-químicos de suelo. El gramaje adecuado para las parcelas de zarzamora resultó ser: 80 g/planta en relación a 1 kg de suelo.

Cuadro 2. Propiedades químicas de suelos en la parcela de zarzamora en la comunidad de San Pedro Sochiapam, Oaxaca.

PARCELA	pH	C.E dS	% hum	%C orgánico	K (ppm)	Ca (ppm)	NO3 (ppm)	Na (ppm)
PARCELA CON	4.1	0.21	3.27	10.88	225	24	21	ND
PENDIENTE	4.2	0.21	3.52	12.88	170	21	21	ND
PARCELA SIN	4	0.44	3.74	10.88	145	9	43	ND
PENDIENTE	3.9	0.43	2.05	8.07	120	10	43	ND

3.2.3 Obtención de muestras de tejido vegetal

El tejido vegetal se recolectó en las parcelas de zarzamora de la comunidad, establecidas en condiciones de cielo abierto, durante tres etapas fenológicas del cultivo en el ciclo productivo primavera-verano del año 2023. Fueron recolectadas con ayuda de tijeras para podar y se cortaron a 10 cm de la base del suelo. Se obtuvieron tres muestras de planta completa por tratamiento, por cada etapa fenológica: crecimiento vegetativo a los 55 días de la poda, a los 110 días etapa de floración y a los 160 días etapa de fructificación.

3.2.4 Aplicación de tratamientos

Se realizó una fertilización inicial en el mes de febrero en las plantas de zarzamora después de haber sido podadas para inducir las a un nuevo ciclo productivo. Se aplicaron 250 gr de Naturabono® y 180 g de fosfato diamónico por planta, de acuerdo con el diseño experimental.

3.2.5 Diseño experimental

La distribución de tratamientos se realizó en un diseño completamente al azar (DCA), con: Tratamiento 1. Fuente orgánica (Naturabono®), tratamiento 2. Fuente inorgánica (fosfato diamónico) y 3. testigo sin aplicaciones de fertilizante. Cada tratamiento con tres repeticiones (unidad experimental= 1 planta), teniendo por parcela 27 unidades experimentales (U.E) para la etapa fenológica vegetativa, 27 U.E para la etapa de floración y 27 U.E para etapa de fructificación.

3.2.6 Análisis de las muestras de tejido vegetal

El tejido vegetal se obtuvo por muestreo destructivo, consistiendo en tomar tres plantas por cada tratamiento y por cada etapa fenológica, mismas que fueron guardadas en bolsas de papel Kraft (etapa 1 vegetativa, etapa 2 floración y etapa 3 fructificación).

Las muestras fueron secadas en una estufa con convección forzada de aire a 65°C por 72 horas hasta alcanzar un peso constante. Todas las muestras secas fueron molidas en un molino tipo Wiley (Thomas Wiley Mill ED-5), para posteriormente ser conservadas en frascos de cristal esterilizados. El proceso de calcinación se realizó en mufla por 2 horas a una temperatura de 550°C para la obtención de cenizas, una vez obtenidas las cenizas se procedió a realizar la preparación de las muestras para determinar NO₃, P, K y Ca.

3.2.7 Determinación de macronutrientes

Para el proceso de digestión para la determinación de nitratos, fósforo, potasio y calcio se tomaron 0.200 gr de cenizas, se disolvieron con 1.2 mL de ácido nítrico en un crisol y se colocó en la mufla a una temperatura de 550°C por una hora. Se disolvieron las cenizas con 2 mL de ácido clorhídrico, se filtraron, se transfirieron a un matraz de 50 mL y se aforaron con agua destilada. La muestra se conservó en frascos ámbar para su conservación y posteriormente realizar las lecturas de cada elemento (Anexo 1).

1. La determinación de NO_3 por kit de monitoreo nutrimental de la marca KitProain se realizó bajo especificaciones técnicas del laboratorista (Anexo 2).
2. Digestión húmeda de P y espectrofotometría de UV-Visible (Anexo 3).
 - Una vez obtenidas las soluciones se leyeron en el espectrofotómetro a 470 nm (nanómetros), tomando una alícuota de 10 mL, y adicionando 1 mL de ácido nítrico, 1 ml de Vanadato de amonio y 1 mL de heptamolibdato de amonio.
3. La determinación de K se realizó por el kit de monitoreo nutrimental de la marca KitProain.
4. La determinación de Ca por el kit de monitoreo nutrimental de la marca KitProain.

3.2.8 Variables evaluadas

Peso seco de toda la planta (tallo y hojas) (PS), número de hojas (NH), altura de planta (ALT), diámetro de tallo (DT), número de cargadores por planta (NCP), número de frutos por planta (NFPP), peso fresco de frutos por tratamiento por planta (PFFPTP), peso seco total de planta con frutos (PSTPF).

3.2.9 Análisis estadístico de variables independientes.

Se realizaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos. Fue necesaria la transformación de las variables NCA y PS con el comando (r^2+1) o $SQR +1$. El análisis de varianza del efecto de tratamientos se realizó a través del PROC GLM que es un procedimiento que utiliza el método de los mínimos cuadrados para ajustar modelos lineales generales. La comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan ($p < 0.05$), utilizando el software SAS Además se ajustaron modelos polinomiales de orden 2 para identificar la tendencia de la dilución/concentración de nutrientes N, P, K, y Ca con el software Excel.

3.2.10 Diagnóstico nutrimental

El diagnóstico nutrimental del cultivo de zarzamora se realizó utilizando la metodología de la Desviación del Óptimo Porcentual (DOP); utilizando la técnica de análisis foliar para poder recomendar una fertilización adecuada para el cultivo de zarzamora, este método ha sido propuesto por Montañés et al., (1991).

Para la obtención de índices nutrimentales por el método DOP se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Índice DOP} = \frac{A-a}{a} \times 100, \text{ donde}$$

A= Resultado del análisis foliar (laboratorio)

A= Norma DOP (Media del rango de suficiencia).

Cuadro 3. Rangos de suficiencia nutrimental de zarzamora según Montañes et al., (1991).

Rangos de suficiencia nutrimental de zarzamora etapa productiva			
%		
P	0.20-0.29	0.3-0.5	>0.5
Ca	0.60-0.79	0.5-1.0	>1.5

Cuadro 4. Rangos en el extracto de peciolo zarzamora etapa vegetativa, floración y fructificación, según Montañes et al., (1991)

mg ⁻¹ /L ó ppm.....		
NO ₃	700-800	600-700	500-600
K	2500-3000	2000-2500	2000-2500

Cuadro 5. Normas DOP para zarzamora según Montañes et al., (1991).

Elemento	NO ₃	P	k	Ca
E. FEN.				
VEG	750	0.4	2750	0.75
FLOR	650	0.4	2250	0.75
FRUTC	550	0.4	2250	0.75

Interpretación del DOP:

- Los índices negativos indican deficiencia.
- Los índices positivos indican exceso.
- Los índices igual a cero indican que están en el óptimo.

3.2.11 Dinámica nutrimental

El cálculo de la extracción nutrimental por planta se estimó mediante la ecuación:

Extracción de nutrimento (g) = Concentración del nutrimento (%) × MS (g) / 100.

(Jarrell and Beverly 1981; Molina, et al 2022).

3.3 Resultados y discusiones**3.3.1 Efecto de tratamientos y diagnóstico nutrimental**

El efecto de los tratamientos de fertilización para el cultivo de zarzamora (Cuadro 7), resultó ser significativo para incrementar el número de frutos por planta y el peso total de la planta con frutos. La fertilización orgánica-inorgánica (Naturabono®) y fertilización inorgánica (fosfato diamónico), produjeron plantas con mayor número de hojas, mayor diámetro de tallo y mayor peso fresco de frutos, que el tratamiento testigo ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Efecto de la fertilización y comportamiento medio de las plantas de Zarzamora (*Rubus ulmifolius*) a cielo abierto en la comunidad de San Pedro Sochiapam, Oaxaca.

Variables evaluadas	Tratamientos		
	Fertilización Orgánica- Inorgánica	Fertilización Inorgánica	Testigo
Peso seco de planta (g)	19.28 ^{ab}	19.64 ^a	12.25 ^b
Número de hojas	57.14 ^b	74.14 ^a	32 ^c
Altura de planta (cm)	65.18 ^b	69.67 ^a	45.92 ^c
Diámetro de tallo (mm)	9.11 ^a	8.33 ^b	4.06 ^c
Número de cargadores por planta	4.0 ^a	4.0 ^a	3.8 ^a
Número frutos por planta	96.66 ^a	88 ^{ab}	75 ^b
Peso fresco de frutos por tratamiento por planta (g)	399.1 ^a	370.03 ^{ab}	348.1 ^b
Peso seco total de planta con frutos (g)	434.25 ^a	393.27 ^a	358 ^a

Medias con la misma letra no difieren significativamente (prueba de Duncan, $p \leq 0.05$).

Con el uso de Naturabono®, se registraron pesos de fruto fresco más homogéneos durante los primeros dos cortes del mismo (cuadro 8), alcanzando un peso promedio de 10 g por fruto (polidrupa) y un C.V. menor de 14%, gramaje que entra dentro de los estándares de calidad de exportación de la fruta (Departamento de Investigación y Desarrollo de Planasa México, 2020).

Cuadro 7. Peso de frutos (g) de zarzamora para tres cortes por efecto de tratamientos de fertilización.

TRAT	Número de cortes								
	1			2			3		
	M	DESVEST	C.V.%	M	DESVEST	C.V.%	M	DESVEST	C.V.%
Testigo	9g	1.6	20.0	8.5g	2.1	25.0	8.3g	2.1	25
Naturabono	10g	1.4	10.0	10.2g	1.4	14.0	9.4g	2.2	23
Fertilización-Inorgánica	10g	1.8	20.0	9.11g	2	22.0	8.9g	1.99	22

Se reportan medias y DS de 40 frutos por planta

Los resultados de concentración de nutrientes en el tejido de las plantas, al emplear el método DOP para el diagnóstico nutrimental en el cultivo de zarzamora, se reportan en el (Cuadro 6). Se diagnosticaron deficiencias en P y K en el tratamiento con Naturabono® de las etapas vegetativas, floración y fructificación); los índices de desbalance nutrimental para NO₃ mostraron exceso en las etapas vegetativa y fructificación. El índice de balance de Ca, indicó como óptimo para las tres etapas vegetativas con Naturabono (Figura 1). Al determinar el orden de requerimiento nutrimental (ORN), se encontró que el orden de requerimiento nutrimental es: P>K. Los datos coinciden con lo reportado por Toledo *et al.* (2020), quienes detectaron deficiencia de P en el cultivo de frambuesa, contrario al nutrimento de K que resulto estar en el rango óptimo en la etapa vegetativa y reproductiva, y deficiente en Ca para la etapa reproductiva bajo una fertilización orgánica.

Cuadro 8. Resultados del análisis foliar para la obtención de índices DOP en plantas de zarzamora de San Pedro Sochiapam, Oaxaca, en tres etapas fenológicas (EF).

Obtención de índices DOP				
T1. Naturabono®				
EF	N0 ³ ppm	P%	K ppm	Ca%
55	553.33	-94.25	-86	98.93
110	70.3	-94	-78.66	98.93
165	451	-94	-82.88	98.93
T2. Fosfato diamónico				
	N0 ³ ppm	P%	K ppm	Ca%
55	140	-94.5	-88.73	-99.06
110	125.69	-93.5	-75.33	-98.53
165	972.72	-94.75	-79.11	-98.53
Testigo				
	N0 ³ ppm	P%	K ppm	Ca%
55	173.33	-94	-88.91	-98.8
110	-2.307	-93.75	-75.42	-99.2
165	1124.18	-93.25	-61.11	-98.93

Se estimaron los índices DOP de acuerdo con la metodología de Montañéz et al., (1991).

En la figura 1 se representa el balance nutrimental para las plantas bajo tratamiento con Naturabono®. Se detectaron deficiencias para P y K en las tres etapas fenológicas.

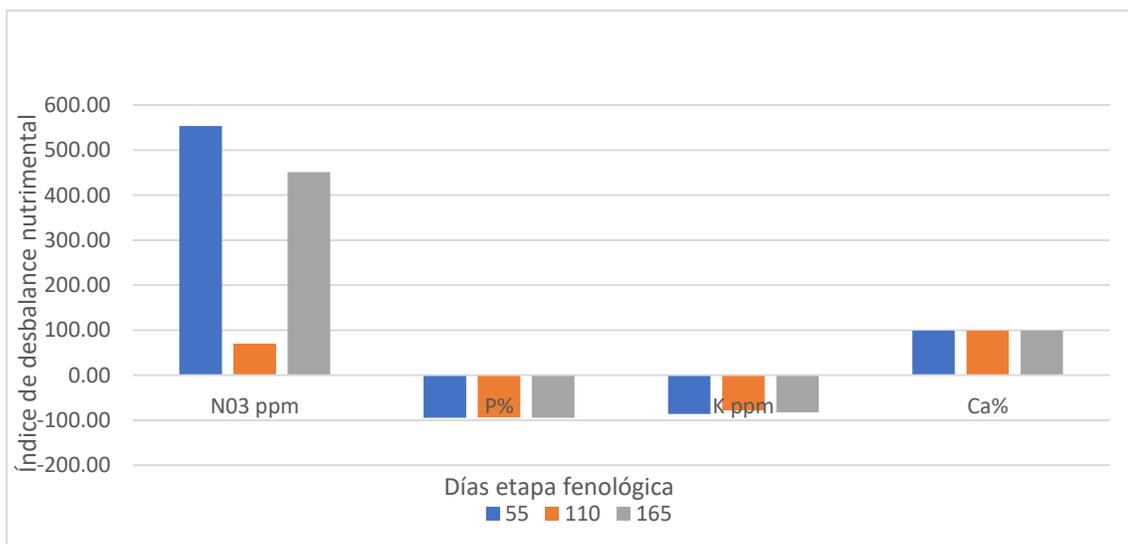


Figura 1. Balance nutrimental en plantas de zarzamora variedad Tupy con tratamiento de fertilización Naturabono® en tres etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación).

Se detectaron deficiencias nutrimentales de P, K y Ca para el tratamiento con fosfato diamónico en las etapas vegetativas vegetativa, floración y fructificación; los índices de desbalance nutrimental para NO₃ indicó exceso en la etapa de fructificación (Figura 2). Al determinar el ORN, se encontró que el orden de requerimiento nutrimental es: P>K>Ca.

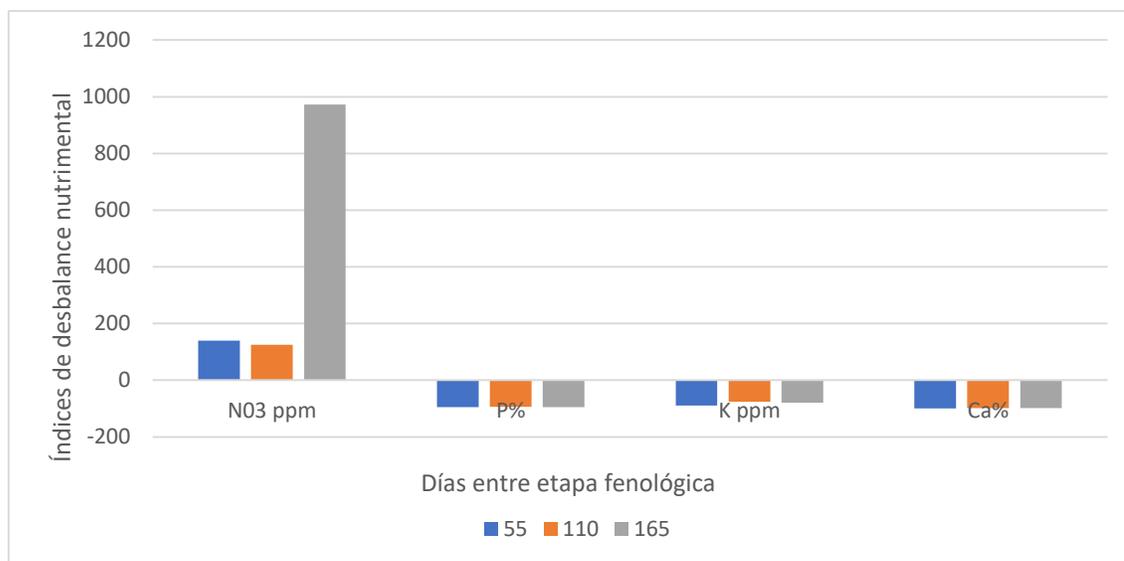


Figura 2. Balance nutrimental en plantas de zarzamora variedad Tupy con tratamiento de fertilización con fosfato diamónico en las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación).

Para el tratamiento sin fertilización (testigo) al emplear el método DOP para interpretar los valores nutrimentales en el cultivo de zarzamora (Figura 3), se detectó deficiencia nutrimental en P, K y Ca para las etapas vegetativa, floración y fructificación del cultivo y los índices de desbalance nutrimental para NO₃ indicó exceso en la etapa de crecimiento y fructificación; mientras que, en la floración, el índice de desbalance nutrimental indica encontrarse en un nivel óptimo del nutriente. Al determinar el ORN a partir de la mayor deficiencia, se encontró que el orden de requerimiento nutrimental es: P>K>Ca.

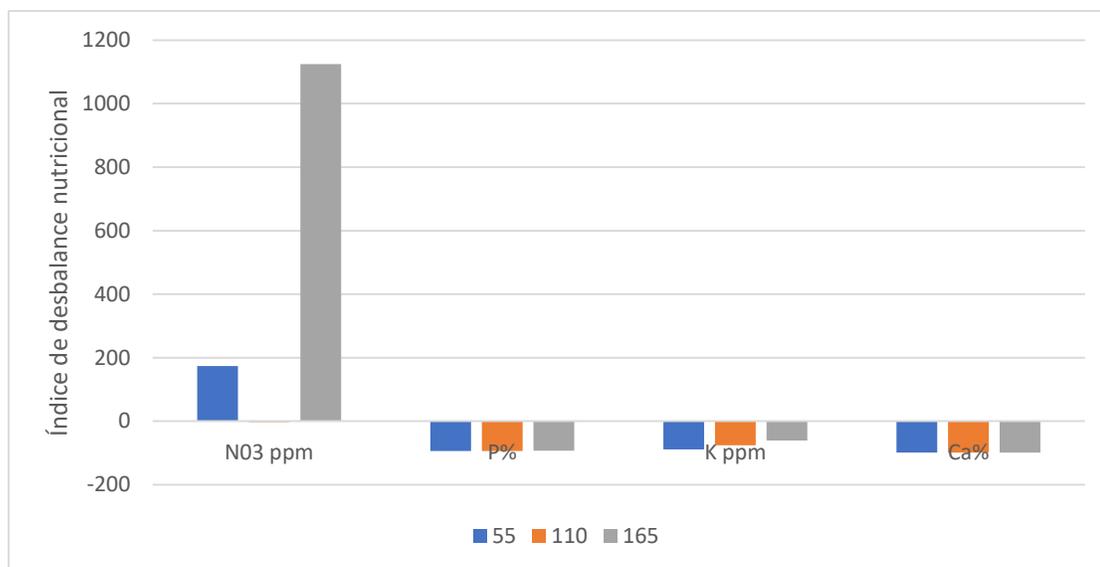


Figura 3. Balance nutrimental en plantas de zarzamora variedad Tupy en el tratamiento testigo (sin aplicación) en tres etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación).

3.3.2. Dilución y/o concentración de nitratos en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

La importancia de las curvas de dilución y/o concentración se centra en los niveles de concentración crítica de los nutrientes en la biomasa aérea, durante todo el ciclo fenológico de las plantas; por ejemplo, en el cultivo de colza *Brassica napus* (Ferreira y Ernst, 2016), en gramíneas forrajeras (López et al., 2020) son fundamentales para comprender las necesidades nutricionales de los cultivos y para optimizar los programas de fertilización. Esto explica el comportamiento que llega tener un nutriente al momento de ser diluido o concentrado en la planta, alcanzando una mínima y máxima concentración del (De Caram et al., 2007)

Para el caso del cultivo de zarzamora en la comunidad de San Pedro Sochiapam (Figura 4), la curva que corresponde al nitrato con el tratamiento de Naturabono, muestra que la planta alcanza una máxima concentración de nutrientes a los 55 días que corresponden a la etapa vegetativa; la concentración decae a los 123 días hacia el final de la etapa de floración y vuelve a aumentar hacia a los 160 días que corresponde a la etapa de fructificación. Esto puede estar relacionado con la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo que se registró en el análisis inicial en las parcelas del cultivo, lo cual indicó un nivel favorable del nutriente, aunado a una fertilización orgánica-inorgánica que favorece la absorción de nitratos en la planta. Los valores obtenidos por Colnenne *et al.* (1998) para los parámetros a y b de la ecuación de dilución fueron de 4,48 y -0,25 respectivamente vs. 5,21 y -0,36 la diferencia implica una mayor concentración de nitrógeno en colza en estadíos tempranos del cultivo, pero también una mayor dilución del mismo con el avance del ciclo del cultivo. Al igual que los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

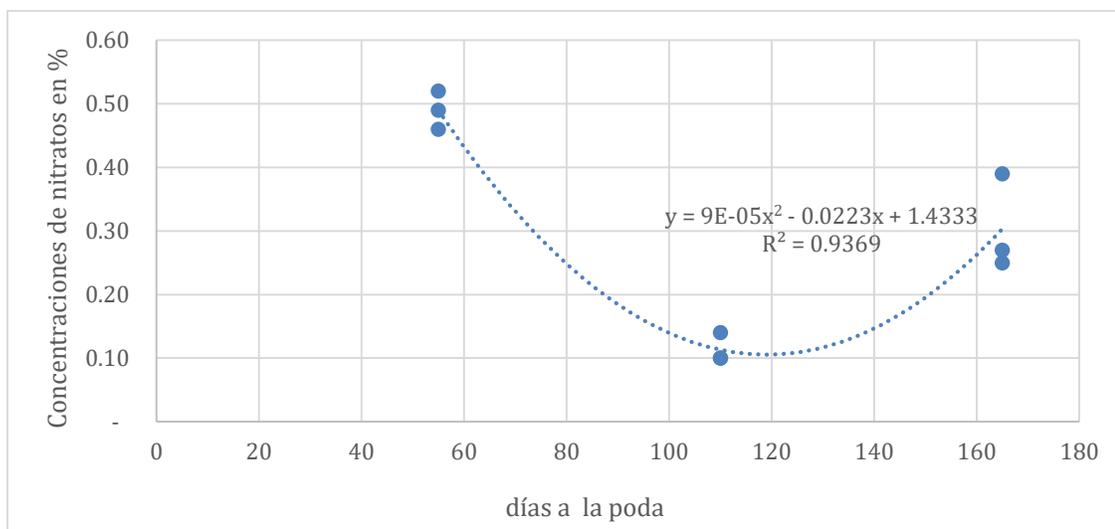


Figura 4. Comportamiento de la dilución/concentración de nitratos bajo el efecto del tratamiento Naturabono durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

En el comportamiento de las curvas de dilución de nitratos en plantas fertilizadas de manera inorgánica (fosfato diamónico) y las no fertilizadas (Figuras 5 y 6) se observa una tendencia similar en la concentración de nitratos, baja en la etapa vegetativa y su dilución mínima es (0.11%) de NO^3 a los 85 días con la fertilización inorgánica y a los 93 días en las plantas testigo. Una concentración máxima en la etapa de fructificación como lo señalan Justes *et al.* (1994) indican que conforme la planta cambia de etapa fenológica la dilución de nitratos es mayor y aumenta hacia el final de la fructificación de la planta.

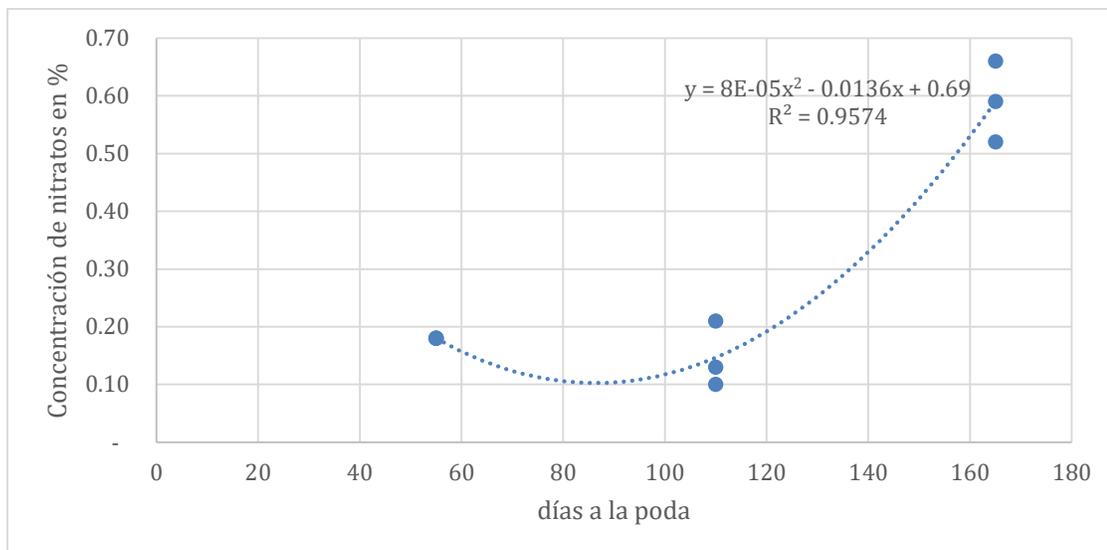


Figura 5. Comportamiento de la dilución/concentración de nitratos bajo el efecto del tratamiento de fosfato diamónico durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

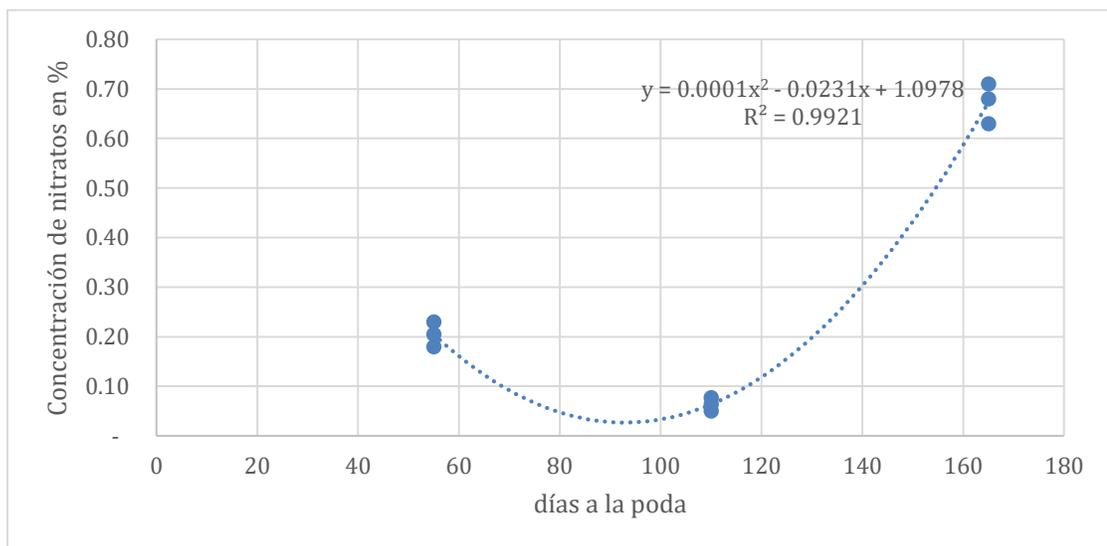


Figura 6. Comportamiento de la dilución/concentración de nitratos en el tratamiento testigo durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Fósforo

La concentración de fósforo en las plantas de zarzamora bajo fertilización Naturabono a través del ciclo fenológico del cultivo, se mantuvo invariable, escasamente detectable en planta; lo cual podría atribuirse al pH ácido del suelo, lo que indica que elementos como el fósforo sean poco detectables en suelo y por ende en tejido vegetal de la planta (Figura 7). Aunque Gastelum *et al.* (2013), reportan que las mayores concentraciones de fósforo ocurren en la etapa vegetativa y reproductiva en las plantas de *Physalis peruviana L.*, el fósforo alcanza una concentración al finalizar la etapa de floración, y decae en la etapa de fructificación.

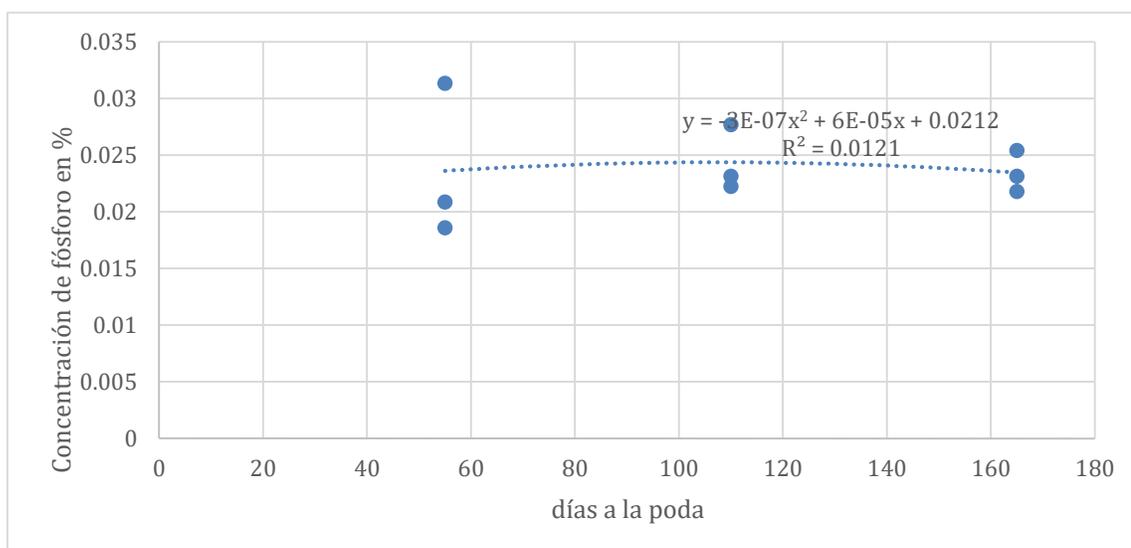


Figura 7. Comportamiento de la dilución/concentración de fósforo en el tratamiento de Naturabono durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Para este estudio es evidente que éste nutriente se fortalece al ser abastecido con fertilización inorgánica, lo que favoreció a las plantas de zarzamora en la

comunidad de San Pedro Sochiapam (Figura 8). En el tratamiento con fosfato diamónico la máxima concentración de P se dio aproximadamente a partir de los 75 y hasta los 110 días del cultivo. Sin embargo, los aportes de P fueron limitativos para el desarrollo óptimo de las plantas de zarzamora, según el diagnóstico DOP.

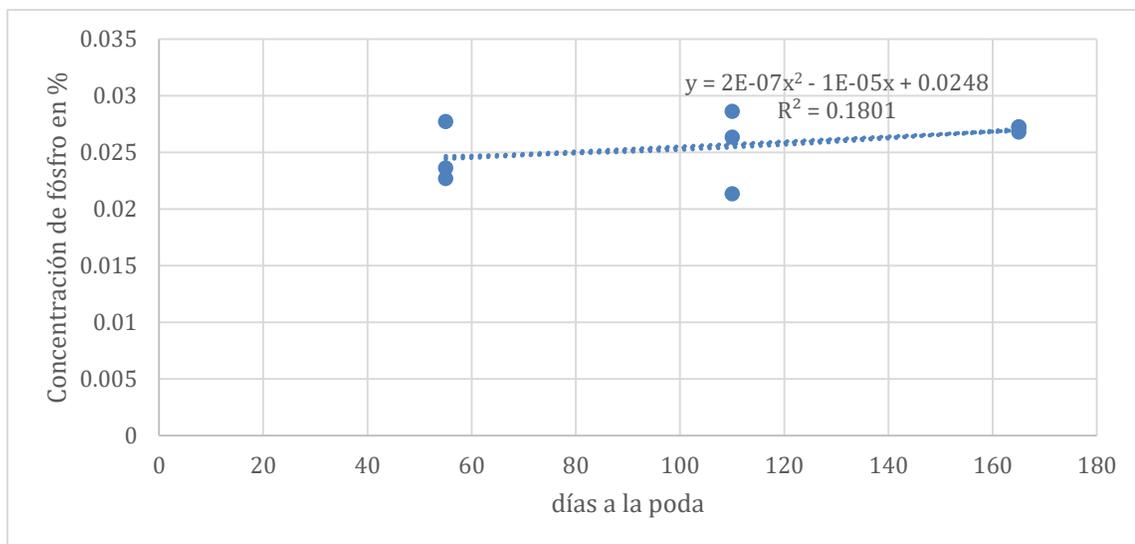


Figura 8. Comportamiento de la dilución/concentración de fósforo en el tratamiento de fosfato diamónico durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

La concentración de fósforo en las plantas de zarzamora del tratamiento testigo, tuvo una ligera tendencia de incremento hacia el final de la etapa de fructificación no modelable (Figura 9).

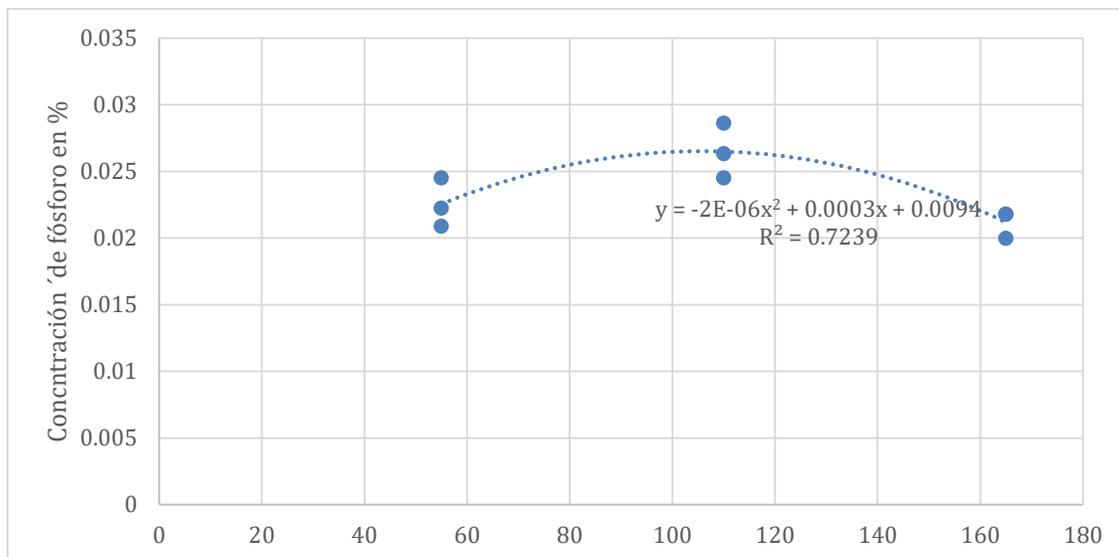


Figura 9. Comportamiento de la dilución/concentración de fósforo en el tratamiento testigo durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Potasio

La concentración de potasio en el tratamiento de naturabono (Figura 10) comienza desde los 45 días (etapa vegetativa de la planta) alcanzando su máxima extracción a los 116 (etapa de floración) y decae a los 160 días, cuando la planta se encuentra en producción. Alcántar y Trejo (2009) han indicado que a mayor disponibilidad de nutrientes en la planta se obtiene una mayor asimilación por la planta; y del mismo modo cuando existe una mayor concentración éste nutriente se hace presente y se relaciona con una mejor calidad en postcosecha y niveles de azúcares en frutos (Prajapaty y Modi, 2012).

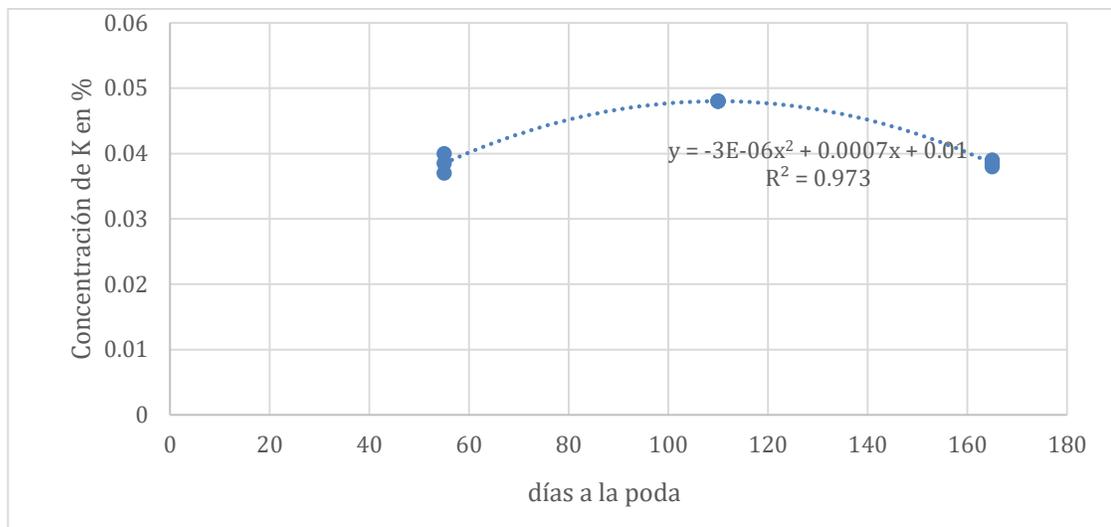


Figura 10. Comportamiento de la dilución/concentración de potasio en el tratamiento Naturabono durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

El comportamiento para las plantas fertilizadas de manera inorgánica con fosfato diamónico (Figura 11) presentó la mayor concentración de K pues éste nutriente se hace presente en toda la etapa fenológica del cultivo, alcanzando su máxima concentración (0.058%) a los 130 días en la etapa de fructificación.

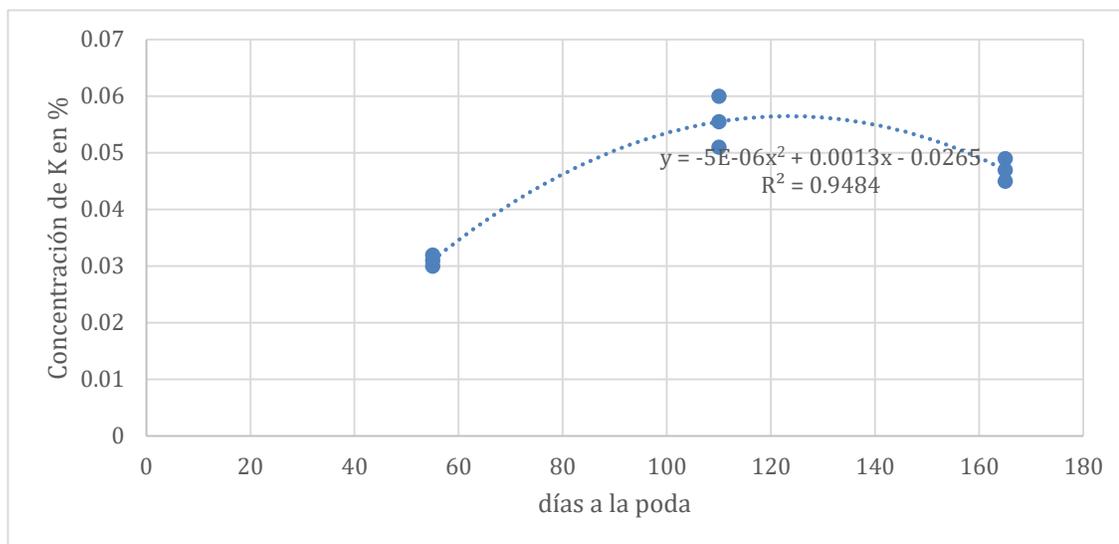


Figura 11. Comportamiento de la dilución/concentración de potasio en el tratamiento fosfato di amónico durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

El comportamiento de la concentración de potasio en el tratamiento testigo (Figura 12) durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora ascendió desde el día 50 hasta los 160 días que es dónde la planta completa su ciclo fenológico con la fructificación.

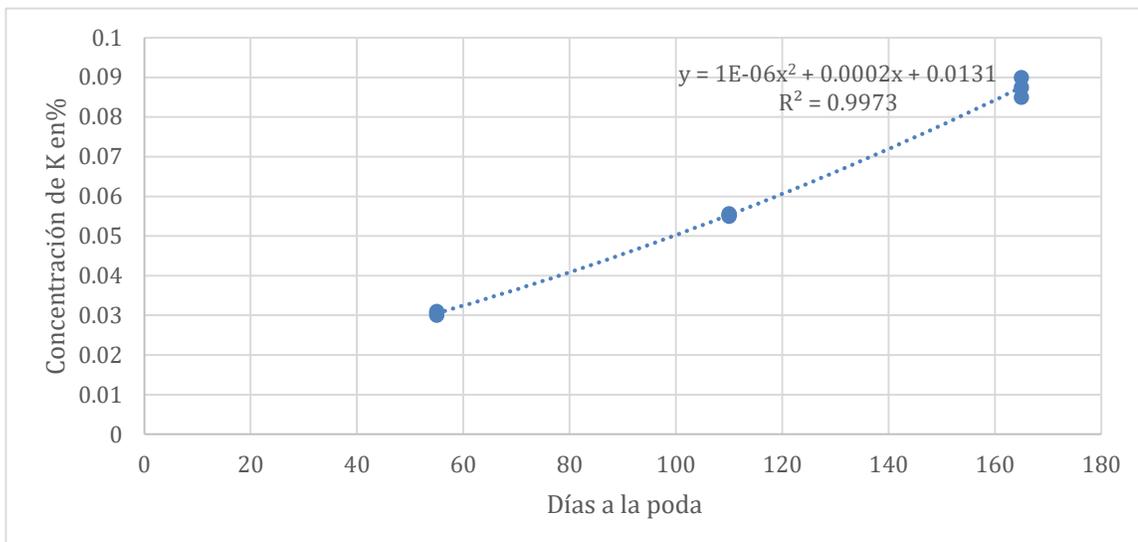


Figura 12. Comportamiento de la dilución/concentración de potasio en el tratamiento testigo durante las etapas fenológicas (55 días etapa vegetativa, 110 días etapa de floración y 165 días etapa de fructificación) en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

El comportamiento de la dilución del calcio bajo una fertilización orgánica-inorgánica (naturabono) (Figura 13), comienza a los 60 días cuando la planta de zarzamora entra a la etapa de floración, decae a los 110 días y vuelve a ascender hacia los 160 días justamente cuando el fruto está en formación. El calcio es el tercer elemento más demandado en el cultivo de las “berries” específicamente en zarzamora, ya que contribuye a la estructura, funcionamiento de las membranas en la planta, absorciones iónicas, reacciones con hormonas vegetales y activación enzimática de las células (Avatia et al, 2014).

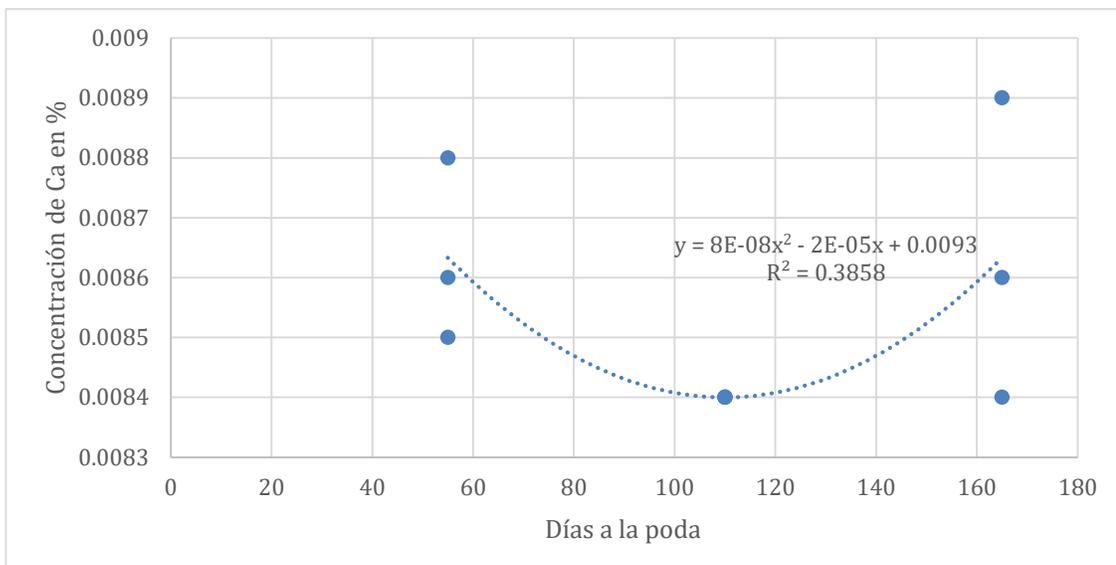


Figura 13. Comportamiento de la dilución/concentración de calcio en el tratamiento Naturabono durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Con la fertilización inorgánica (fosfato diamónico) (Figura 14) la concentración máxima de calcio se manifestó a los 125 días empezando la etapa de floración y fructificación.

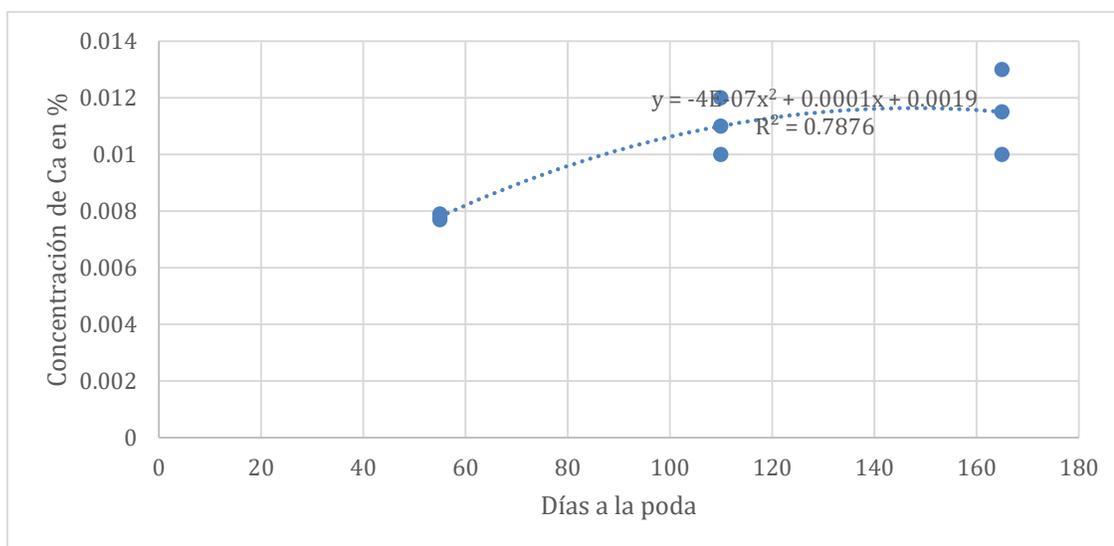


Figura 14. Comportamiento de la dilución/concentración de calcio en el tratamiento de fosfato diamónico durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Cuando no existe una fertilización de calcio en el cultivo de zarzamora (Figura 15), la concentración mínima del nutriente se registró a los 111 días a la poda. Aunque la absorción del calcio es mínima, Hernández *et al.* (2023) reportan que cuando la concentración de calcio decae, se habla de que puede haber una deficiencia de este nutrimento en plantas de tomate riñón, y se vio reflejado en las hojas, con síntomas de deformidad, y coloración café que suelen necrosarse. Para este estudio en zarzamora la deficiencia de calcio fue manifiesta con coloración café en hojas.

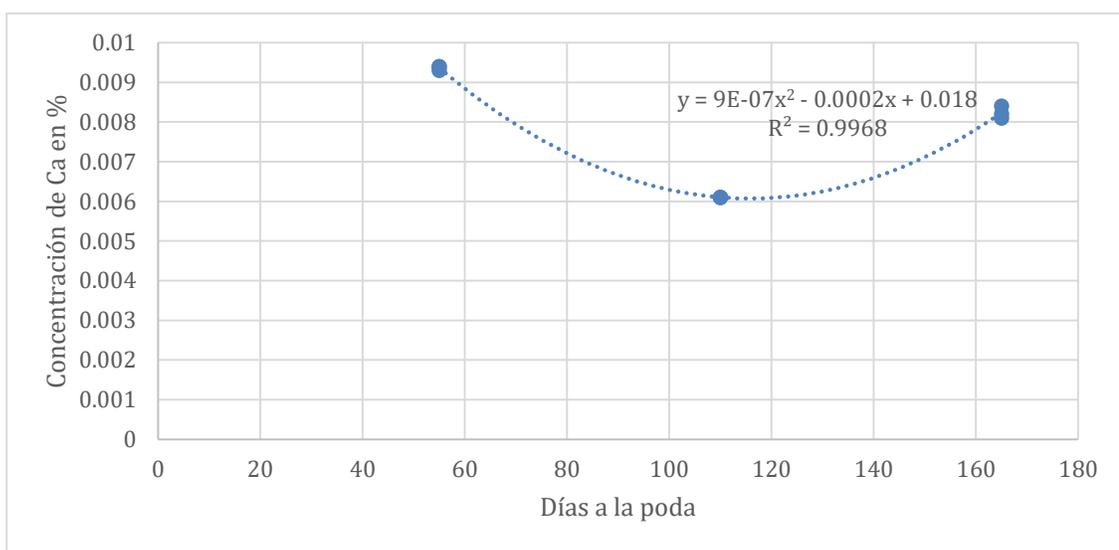


Figura 15. Comportamiento de la dilución/concentración de calcio en el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa, floración y fructificación en el cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

3.3.3 Extracción acumulada N, P, K y Ca

Para estimar la cantidad de nutrientes extraídos en la planta durante las etapas fenológicas, es necesario conocer las curvas de absorción nutrimental; dónde

será posible conocer en que etapa fenológica la planta obtiene una mayor absorción. Con esto se puede definir una dosis de fertilización adecuada a cada cultivo, dónde se considera el tipo de fertilizante a utilizar y el momento adecuado para realizar la fertilización (Avitia et al, 2014).

Extracción de Nitratos

En la figura 16, se muestra la extracción acumulada del nitrato bajo el efecto de la nutrición con Naturabono. Este nutriente alcanzó una extracción mínima a los 55 días que corresponden a la etapa vegetativa media con una acumulación mínima de 4.2 g/planta, y una concentración máxima de 13.5 g/planta a los 160 días; dado que según el diagnóstico DOP se detectó “sobre disponibilidad” de NO^3 en el suelo, la planta acumuló más nitratos, estos resultados pudieran sugerir una mayor concentración en frutos, por lo que sería deseable estimar la concentración correspondiente en frutos para asegurar que no excede el límite permisible en la norma de salud NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. En las plantas fertilizadas a base de fosfato diamónico (Figura 17), la extracción máxima se alcanzó a los 160 días que corresponde a la etapa de floración, registrando una extracción máxima de 16.6 g/ planta. Evidentemente cuando no existe una fertilización en el cultivo de zarzamora (Figura 18), la extracción mínima se alcanza a los 83 días 0.21 g/planta y extracción máxima a los 160 días de 11.2 g/planta; en el tratamiento sin fertilización, la extracción de nitratos en este contexto es bajo <1.0 gramos por planta para la etapa de crecimiento vegetativo. Sin embargo, dado que el

suelo presentó una concentración residual inicial, los resultados del análisis de tejidos revelaron una extracción máxima acumulada de poco más de 11 g/planta de nitratos extraídos en todo el ciclo fenológico.

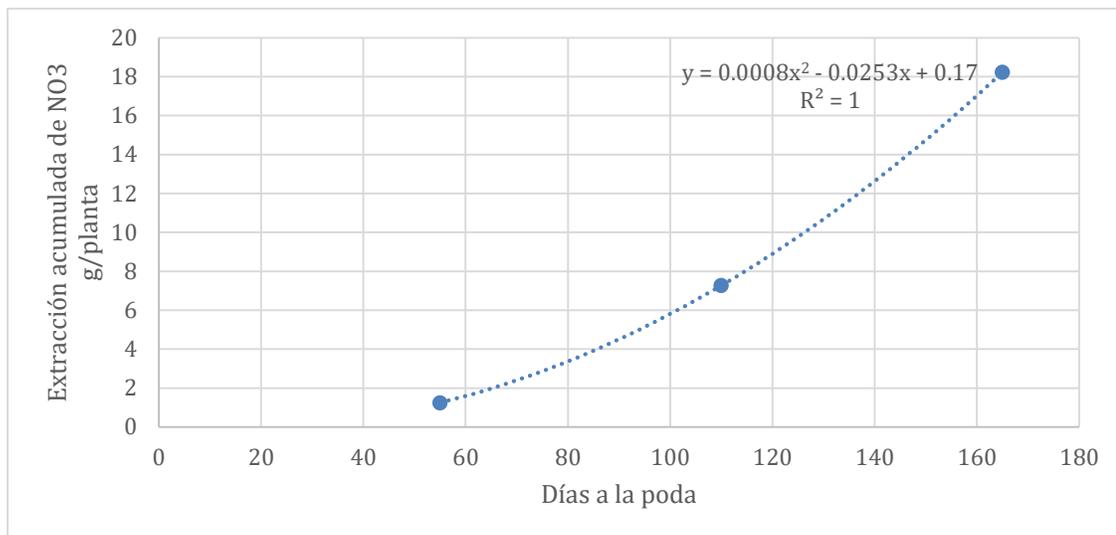


Figura 16. Comportamiento de la extracción acumulada de nitratos con el tratamiento del Naturabono durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Estos resultados hacen énfasis en que la mayor demanda de N en forma de NO₃ se ve reflejado para la etapa de floración (Hernández et al, 2023), en un estudio realizado con zarzamora reportaron que la extracción de nitrógeno indicó un incremento máximo a los 60 días y hasta los 180 días después del trasplante. Lo que coincide con lo reportado con Ruelas et al. (2023) dónde reportaron una extracción máxima de N en las hojas, en etapa vegetativa y floración bajo condiciones de cielo abierto en el cultivo de frijol. Esto coincide con los datos obtenidos en este estudio.

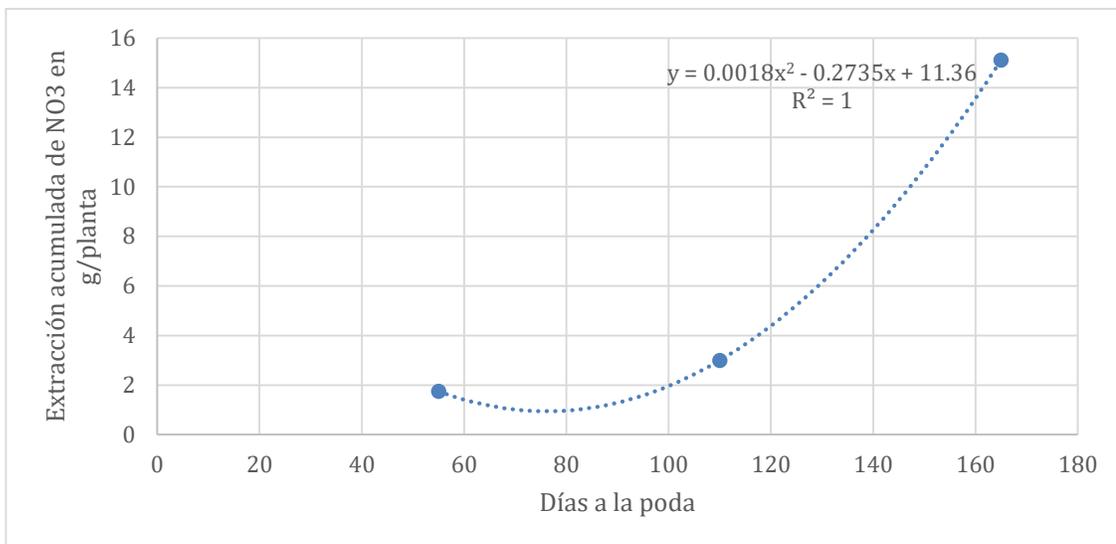


Figura 17. Comportamiento de la extracción acumulada de nitratos con el tratamiento de fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

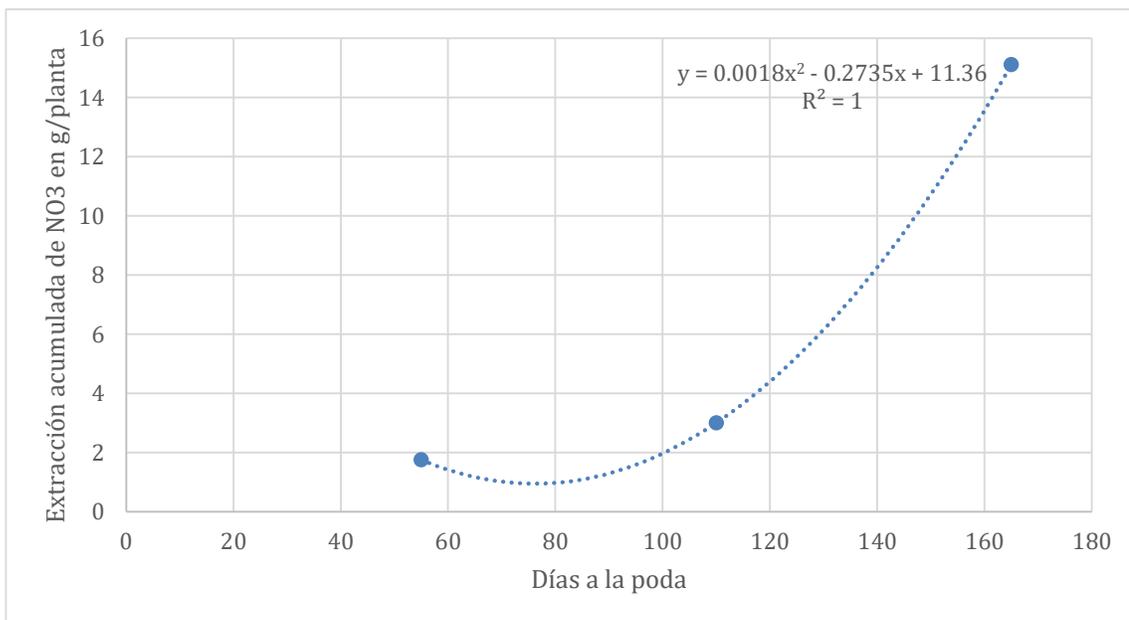


Figura 18. Comportamiento de la extracción acumulada de nitratos con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Extracción de Fósforo

En la figura 19, se muestra la extracción acumulada del fósforo bajo el efecto de la nutrición con Naturabono. Este nutriente alcanzó una extracción máxima a los 110 días que corresponden a la etapa de floración con un máximo de 0.9 gramos. Cuando existe una fertilización inorgánica a base de fosfato diamónico (Figura 20), en el cultivo de zarzamora el comportamiento fue muy similar a la fertilización combinada. Para las plantas en tratamiento testigo la extracción máxima alcanzada también se presentó a los 110 días que corresponde a la etapa de floración; con una concentración de fósforo baja de 0.3 gramos por planta.

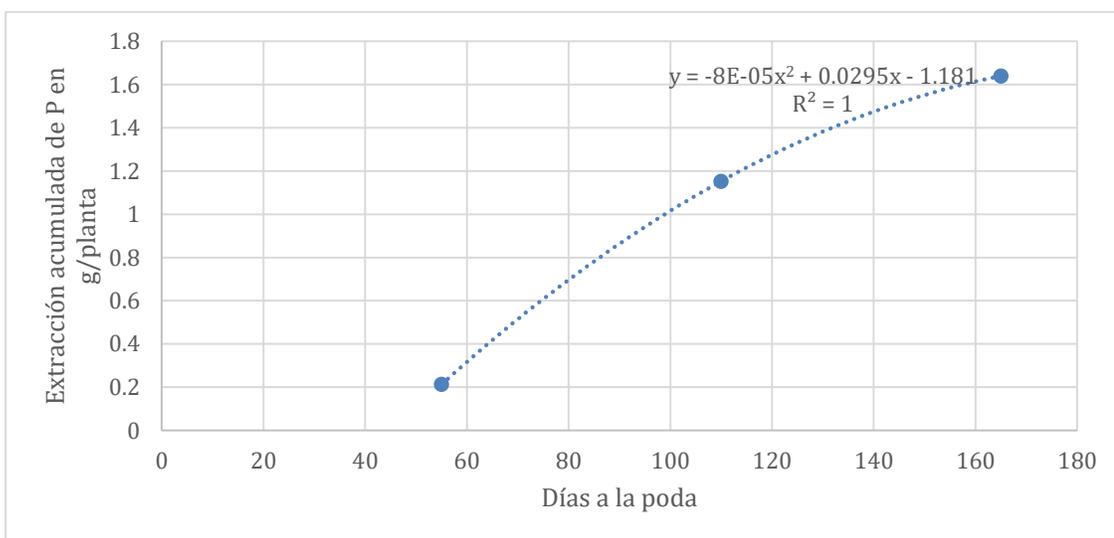


Figura 19. Comportamiento de la extracción acumulada de fósforo con el tratamiento Naturabono durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Aunado a esto, es importante mencionar la relación de los parámetros obtenidos en los diagnósticos de nuestros suelos donde se indica que los pH's para la estas parcelas corresponden a suelos altamente ácidos por lo que no se detectó el

fosforo y evidentemente la absorción de este nutriente en las plantas es casi nula, pues al tener suelos ácidos impiden que la planta asimile este nutriente.

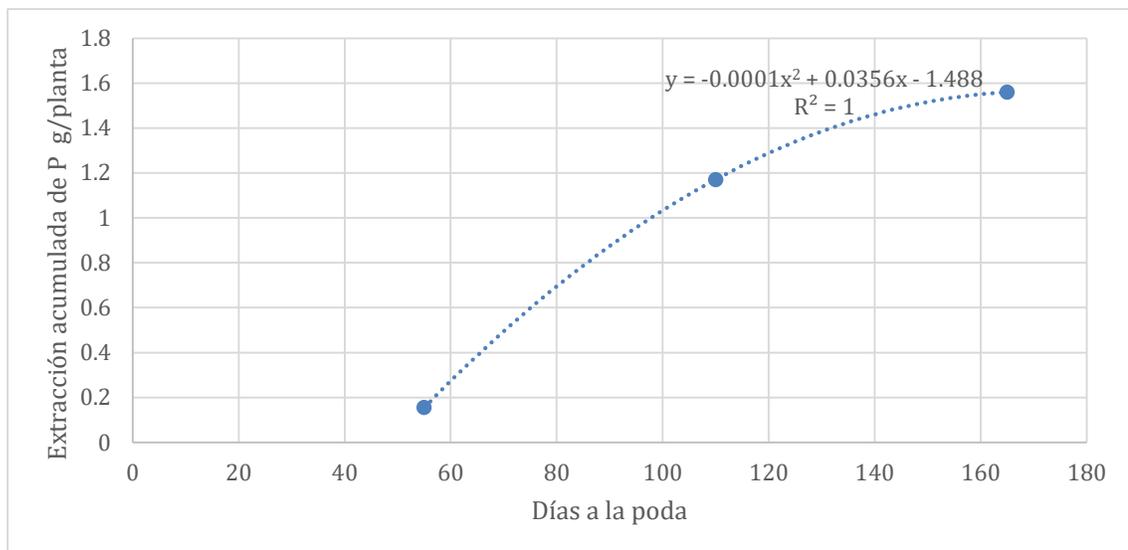


Figura 20. Comportamiento de la extracción acumulada de fósforo con el tratamiento fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

En las tres figuras reportadas en el trabajo, se refleja que el fósforo es demandado en la etapa de floración y fructificación. Ruelas et al. (2023) reportan mayor concentración de P en las hojas en las etapas de tercera hoja trifoliada y llenado de grano; resultando la mayor concentración de P en las hojas bajo una dosis de 50 kg ha^{-1} en las etapas de floración y madurez fisiológica.

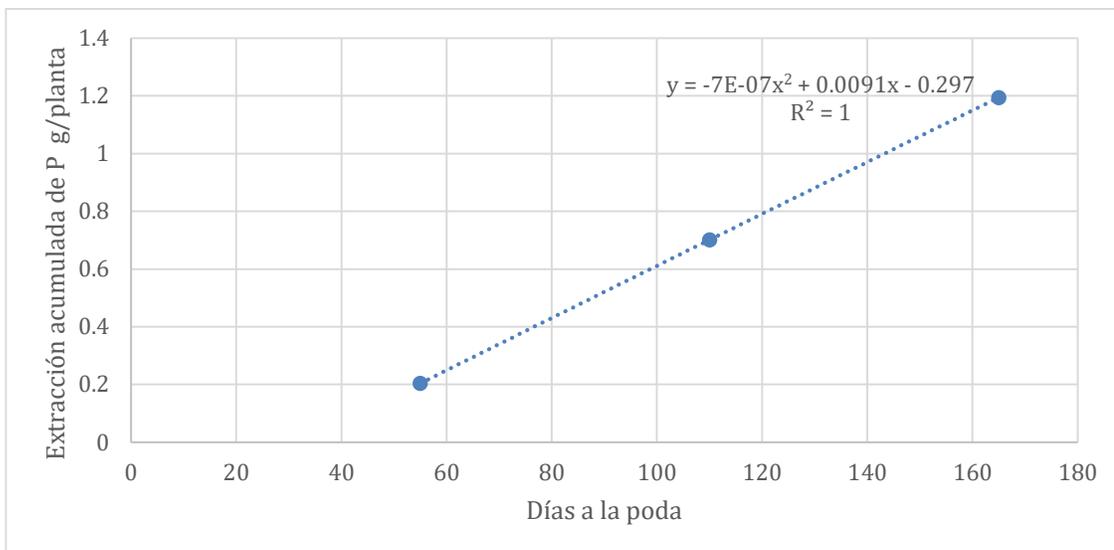


Figura 21. Comportamiento de la extracción acumulada de fósforo con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Extracción de Potasio

En la figura 22, se muestra la extracción acumulada del potasio bajo el efecto de la nutrición con Naturabono. Este nutriente alcanzó una extracción máxima a los 110 días que corresponden a la etapa de floración con un máximo de 2000 g/planta, cuando existe una fertilización inorgánica a base de fosfato diamónico (figura 23), la extracción máxima la alcanza a los 110 días que de la misma manera corresponde a la etapa de floración, alcanza una extracción máxima de 2000 g/planta. Evidentemente cuando no existe una fertilización en el cultivo de zarzamora (Figura 24), la extracción máxima la alcanza a los 110 días que corresponde a la etapa de floración y alcanza una extracción máxima de 1000 (ppm).

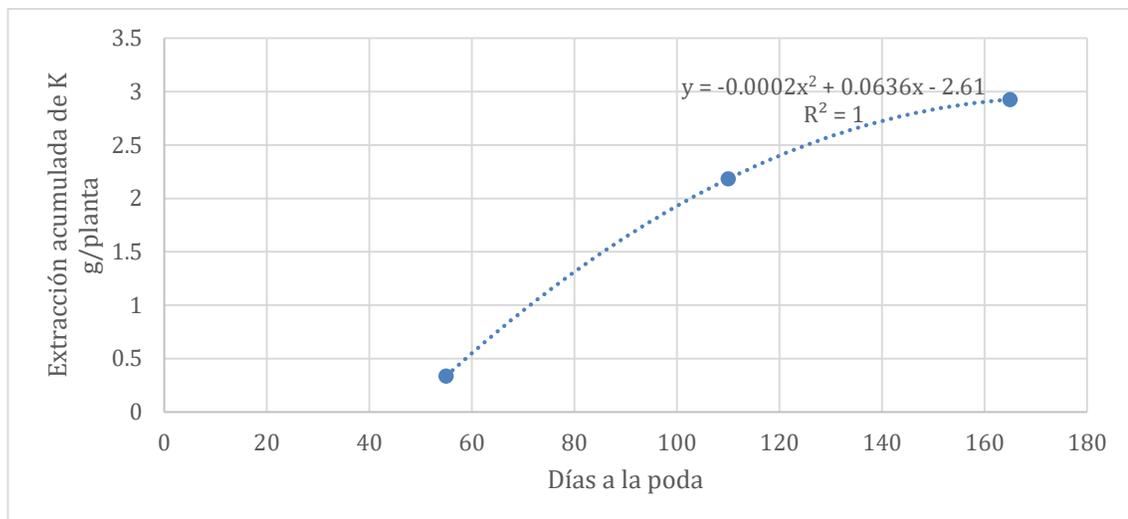


Figura 22. Comportamiento de la extracción acumulada de potasio con el tratamiento Naturabono durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

En todos los tratamientos la planta incrementó su concentración de K durante el estado fenológico de floración y fructificación lo que indica la importancia de suministrar este nutrimento en estas etapas, dado que si éste nutriente es deficiente puede afectar directamente en el desarrollo de los frutos.

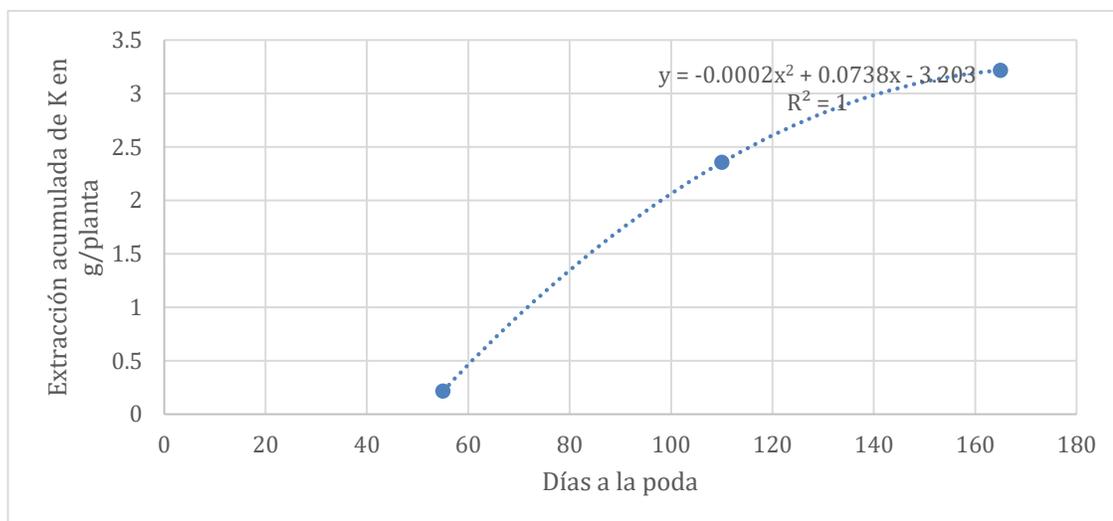


Figura 23. Comportamiento de la extracción acumulada de potasio con el tratamiento fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Las concentraciones de potasio (K) oscilan entre 2000 ppm a 1000 ppm, siempre y cuando son fertilizados; las etapas fenológicas donde se observó la mayor concentración de este nutrimento coinciden con la aparición de las primeras flores en los 30 y 45 días después de la etapa vegetativa, aunque; las concentraciones de K en el tejido vegetal constituyen del 1 al 5% de la materia seca, se considera suficiente al ser mayor a 1.5% (Favela *et al.*, 2006; Mattar y Pizarro, 2007).

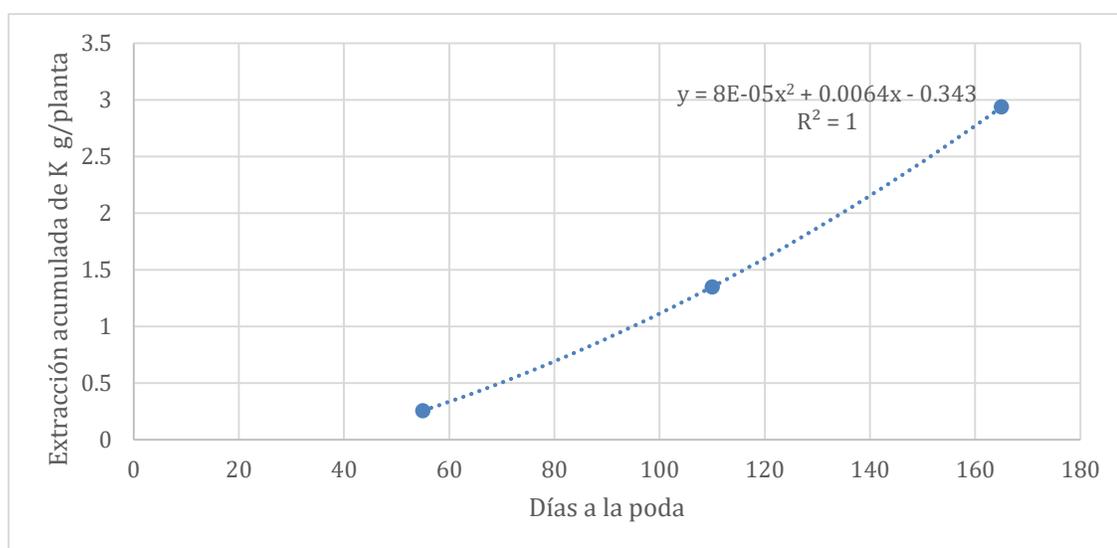


Figura 24. Comportamiento de la extracción acumulada de potasio con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

Extracción de Calcio

En la figura 25, se muestra la extracción acumulada del calcio bajo el efecto de la nutrición con Naturabono, este nutriente alcanzó una extracción máxima a los 110 días que corresponden a la etapa de floración con un máximo de 0.28 gramos por planta; cuando existe una fertilización inorgánica a base de fosfato diamónico (Figura 26), la extracción máxima la alcanza a los 110 días en la etapa de

floración, alcanzando una extracción máxima de 0.4 gramos por planta; al igual cuando no existe una fertilización en el cultivo de zarzamora (Figura 27).,

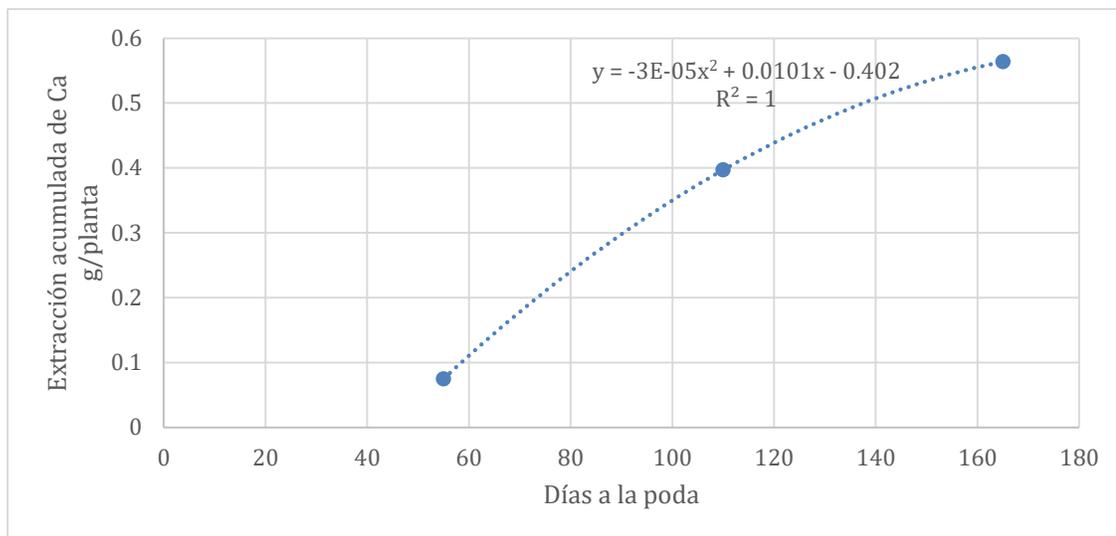


Figura 25. Comportamiento de la extracción acumulada de calcio con el tratamiento naturabono durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

(Hernández et al., 2023) reportaron que la extracción de Ca incrementó a partir de los 90 a 120 días con las soluciones a 25 y 100 por ciento de concentración ($r^2 = 0.98$), lo cual indica que el modelo predijo la tendencia del comportamiento del Ca. Castellanos (2009) menciona que una deficiencia de calcio se refleja en las puntas de las raíces o en las hojas en crecimiento, se tornan deformes, cafés y suelen necrosarse y se puede hablar de una deficiencia cuando las concentraciones oscilan por debajo de 0.5% (Mattar y Pizarro, 2007).

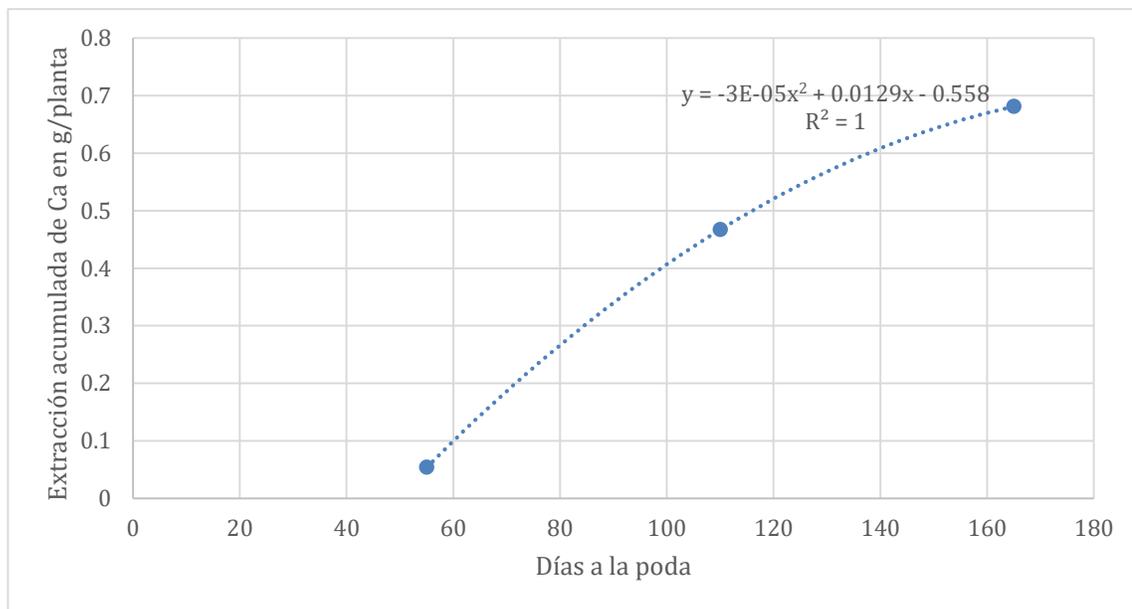


Figura 26. Comportamiento de la extracción acumulada de calcio con el tratamiento fosfato diamónico durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

(Ruelas et al., 2023) y colaboradores reportan que la absorción de Ca en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) fue constante hasta la etapa de floración, y alcanzó una máxima concentración en el llenado de grano, declinando al final del ciclo y la etapa de máxima demanda fue en la de fructificación. Por ello es de suma importancia suministrar este nutrimento en esta etapa fenológica del cultivo. Se puede observar que las dosis de 50 y 100 kg ha⁻¹ de P contribuyeron fuertemente a una mayor absorción de Ca en comparación con las dosis menores. Se encontró que, al fertilizar con dosis mayores de 50 kg de P, se alcanzó una absorción máxima de 152 kg ha⁻¹ de Ca en etapa de máxima demanda (llenado de grano).

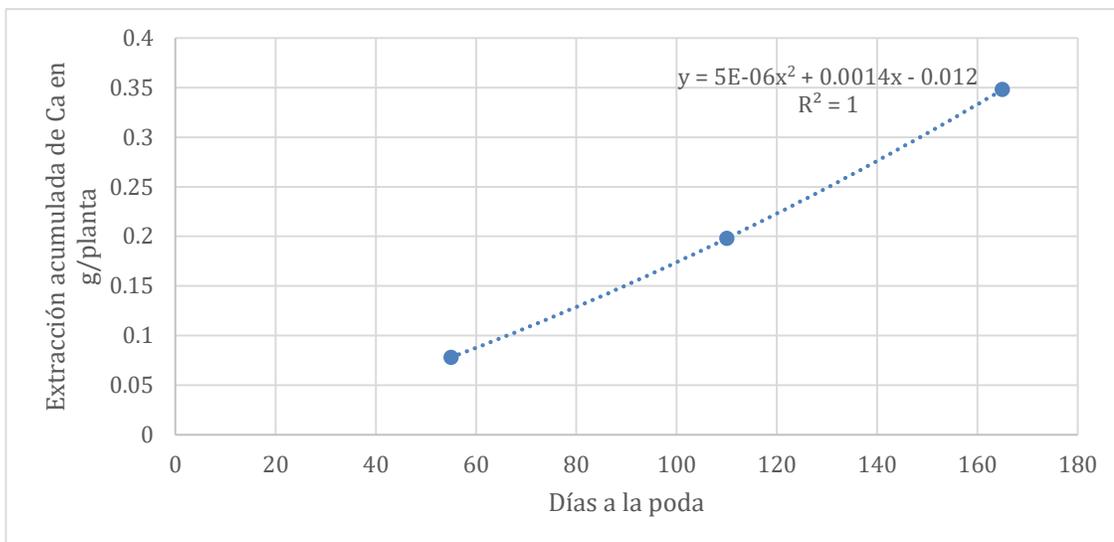


Figura 27. Comportamiento de la extracción acumulada de calcio con el tratamiento testigo durante la etapa vegetativa (0-55 días), floración (56-110 días) y fructificación (111-160 días) del cultivo de zarzamora en San Pedro Sochiapam.

3.4 Conclusiones

El efecto de los tratamientos de fertilización para el cultivo de zarzamora, resultaron ser importantes para incrementar el número de frutos por planta y el peso total de la planta con frutos con un promedio de 9.9 g/planta; los tratamientos con fertilización orgánica-inorgánica (Naturabono) y fertilización inorgánica (fosfato diamónico), fueron superiores en producción de frutos, que el tratamiento testigo.

Diferencialmente el uso del naturabono, homogeniza el peso del fruto de zarzamora durante los primeros tres cortes del mismo, lo que significa que en éstos tres se obtienen frutos con un peso promedio de 10 g, gramaje que entra dentro de los estándares de calidad de exportación de fruta.

El diagnóstico nutrimental arrojó que evidentemente existe una alta deficiencia de los macro nutrientes (P, K y Ca) en el cultivo, aún bajo los tratamientos de fertilización. Las deficiencias de nutrientes se arrojaron en el orden: P>K>Ca durante todas las etapas fenológicas del cultivo.

De la dinámica nutrimental del cultivo de zarzamora durante las etapas fenológicas, bajo dos tipos de fertilizantes (orgánica e inorgánica), se obtuvo que los modelos de regresión lineal con polinomios de segundo orden permitieron conocer el comportamiento de la dilución y/o concentración de N, P, K y Ca, con una suficiencia estadística mayor al 90 % (r^2).

Los coeficientes de determinación (r^2) indican la suficiencia estadística de los modelos ajustados, para explicar el comportamiento de dilución/concentración de los nutrientes a través de las etapas fenológicas. Los valores de r^2 fueron mayores del 90% para el caso del comportamiento de nitratos bajo los tres tratamientos estudiados (fertilización orgánica-inorgánica, fertilización inorgánica y sin fertilización). Para el caso del comportamiento de fósforo, la absorción resultó modelable en un 72% de su variabilidad total ($r^2=0.72$) para el caso de la fertilización inorgánica con fosfato diamónico; contrario a los tratamientos de fertilización orgánico-inorgánica y sin fertilización, no resultaron modelables ($r^2 \leq 0.18$).

Los valores de r^2 para el caso de potasio fueron mayores del 95% bajo los tres tratamientos estudiados; sin embargo, la fertilización con naturabono y la

fertilización inorgánica gráficamente mostraron comportamientos parabólicos, contrario a las plantas sin fertilización que se mostró casi lineal. Para el calcio, los valores de r^2 fueron $>$ del 95% para el tratamiento de fertilización inorgánica y las plantas sin fertilización; mientras que, el tratamiento de fertilización con naturabono, los valores de r^2 fueron menores al 30%.

La extracción acumulada de nutrientes en el cultivo de zarzamora se presentó de la siguiente manera: la concentración mínima de nitratos se registró a los 75 días durante la etapa terminal vegetativa con 4.2 gr/planta y una concentración máxima de 5.5 g/planta; de fósforo una extracción máxima a los 110 días de 0.9 mg/planta que corresponde a la etapa de floración al igual que el potasio que alcanzó una máxima concentración a los 110 días con 0.200 mg/planta y el calcio que alcanzó una máxima concentración a los 110 días en la etapa de floración con 0.330 mg/planta.

3.5 Referencias

- Aguilar-Tlatelpa, M., Volke-Haller, V.H., Sánchez-García, P., Pérez-Grajales, M., y Fajardo-Franco, M. L. (2019) Concentración y extracción de macronutrientes en cuatro variedades de fresa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1287-1299. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1552>.
- Alcántar-González, G. y Trejo-Téllez L. I. (2009). Editado por el Colegio de Posgraduados y Mundi-Prensa. México, D. F. 454 p. ISBN 978-968-7462-48-6. Reimpresión del 2010.
- Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., Corona-Torres, T. y Cervantes-Urbán, (E. 2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(3):519-524.

- Castellanos-Ramos J. (2014). Acidez del Suelo y su Corrección. Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. México. Hojas Técnicas de Fertilab, México. p.4.
- Colnenne. C, Meynard. J, Reau. R, Justes. E, Merrien, A. (1998). Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Annals of botany*, 81: 311 – 317. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0557>.
- González-Molina, L., Moreno-Pérez, E.C., Espitia-Rangel, E. y Ayala-Garay, A. (2022). extracción nutrimental del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) variedad nutrisol. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 45 (3): 313-322, 2022. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.313>.
- Favela, C, E. Preciado, R. P. y Benavides, M. A. (2006.) Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Cultivos sin suelo. Primera (Ed.). Torreón, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 53-77 pp.
- Ferreira, G. y Ernst, O. (2014). Diagnóstico del estado nutricional del cultivo de colza (*Brassica napus*) en base a curvas de dilución de nitrógeno y azufre. *Agrociencia Uruguay*. 18(1): 75-85. <https://doi.org/10.31285/AGRO.18.441>.
- Gastelum-Osorio, D.A. (2012). Demanda nutrimental y manejo agronómico del cultivo de *Physalis peruvianum* L. Tesis de maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/705/Gastelum_Osorio_DA_Edafologia_MC_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Hernández-Álvarez. J. Á., Zarazúa-Villaseñor, P., González-Eguiarte. D. R., Rodríguez-Macías, R. (2023). Concentración nutrimental en la etapa vegetativa (antes de defoliación) en el cultivo de zarzamora (Var. Tupy) en condiciones de invernadero.
- Justes, E., Mary, B., Meynard, J., Machet. J., Thelie-huches, L. (1994). Determination of a critical Nitrogen Dilution Curve for Winter wheat crops. *Annals of botany*, 74: 397 – 407. <https://doi.org/10.1006/anbo.1994.1133>.

- López-García, R., Calderón-Zavala, G., Alvarado-Raya, H.E., Jaen-Contreras, D., y Vaquera-Huerta. (2020). Producción y acumulación de materia seca en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) con sustratos tratados con metam sodio o micorrizas. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(4), 379-387. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.379>.
- Mattar, M. y Pizarro C. (2007). Determinación de la curva de absorción de nutrientes, mediante sondas extractómetras y análisis foliares en palto (*Persea americana* Mill) cv Hass. In: memoria VI World Avocado Congress. 12 al 16 de noviembre de 2007. Viña del Mar, Chile. 1-10 pp.
- Oseguera- Alvarez, M.C. (.2016) Dinámica y extracción nutrimental en el cultivo de zarzamora (*Rubus Ulmifolius*) variedad Tupy en los Reyes Michoacán. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Texcoco. México. pp. 9-45.
- Parra-Quezada, R. A., Acosta-Rodríguez, G. F., y Arreola-Ávila, J. G. (2005). Crecimiento y producción de zarzamora cv. Cheyenne con cubiertas orgánicas. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 233-240.
- Prajapati, K. & Modi, H.A. (2012). The importance of potassium in plant growth – a review. *Indian Journal of Plant Sciences*, pp.177-186.
- Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., y Aranzazu-Hernández, F. (2016). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 329-336.
- Puentes-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J., y Aranzazu-Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106.
- Rivadeneira, M. F., (2012). Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(3), 247-250.
- Ruelas-Islas, J. del R., Peinado-Fuentes, L. A., Romero-Félix, C. S., Mendoza-Pérez, C., Celaya-Michel, H., Preciado-Rangel, P., Ayala-Armenta, Q.A., y Núñez-Ramírez, F. (2023). Rol de *Bacillus subtilis* y dosis de fósforo en la concentración, distribución y absorción de macronutrientes en frijol común. *Terra Latinoamericana*, 41, e1056. Epub 14 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1056>.
- Sánchez-García, P. (2009). Manual de Nutrición de zarzamora. Guía de nutrición en zarzamora. Pp. 4-37.
- SIATL. (2024) Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. Disponible en https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/.

- Torrealba, G. T., Viera, J. y Bravo, P. (1998) Factores relacionados con la acidez del suelo y su efecto sobre el crecimiento de la *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. *Agronomía Tropical*, vol. 48, no. 1, , pp. 19-32, ISSN 0002-192X.
- Volke-Haller, V., Etchevers, B., J. D., Sanjuan-Ramírez, A., y Silva-Palomino, T. (1998). Modelo de balance nutrimental para la generación derecomendaciones de fertilización para cultivos. *Terra Latinoamericana*, 16(1), 79-91.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo al método estadístico de Desviación del Óptimo Porcentual (DOP) que se realizó en las plantas de zarzamora en la comunidad de San Pedro Sochiapam para estudiar el desbalance nutrimental del cultivo, arrojó que los elementos se encuentran deficientes en los tratamientos establecidos y se requiere incrementar la nutrición en el cultivo para optimizar los rendimientos; esto demuestra, que existe un desbalance total en las tres etapas vegetativas evaluadas, a excepción de NO_3 que en todos los tratamientos se encuentra en el rango superior, esto debido a que los resultados del estudio de suelo de la zona arrojaron un nivel aceptable de nitrógeno y de materia orgánica. Así que al aplicar fertilización rica en nitrógeno, mejoró eficientemente la disponibilidad de este nutrimento en la planta. Caso contrario a los nutrimentos de P, relacionado al tipo de pH que prevalece en las parcelas y que de acuerdo a la NOM 021 RECNAT 2000, al realizar los estudios de pH's estos resultaron ser fuertemente ácidos; lo que provoca una falta de disponibilidad de este nutriente en la planta y

por ende, no es detectable en tejido vegetal, aun cuando se apliquen fertilizantes ricos en fósforo. Por lo que se recomienda la fertilización foliar complementaria, para los nutrimentos de K y Ca durante las etapas de producción y fructificación del cultivo, o bien el encalado como enmienda al suelo para mejorar la disponibilidad de los nutrientes N y P; aunado a esto, una fertilización inicial con Naturabono a razón de 250 gr por planta en etapa vegetativa.

Los modelos para concentración de nutrimentos pueden ser utilizados como un referente en el diagnóstico nutrimental foliar para el cultivo de Zarzamora en la comunidad de San Pedro Sochiapam considerando las condiciones edafoclimáticas del lugar. Es importante recalcar que las plantas de zarzamora tienen un comportamiento muy diferente ya que en las curvas de dilución/concentración el comportamiento de los nutrientes absorbidos los valores más altos se arrojaron en las etapas de floración y fructificación.

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

1. Realizar muestreos de suelo por lo menos dos veces al año bajo las NOM 021 – RECNAT- 2000, dadas las condiciones de precipitación que se presentan.
2. Realizar encalado de suelos cuando el pH sea ácido con El gramaje adecuado para las parcelas de zarzamora resultó ser: 80 g/planta en relación a 1 kg de suelo.
3. Realizar poda a ras de suelo en las plantas de una vez terminado el ciclo fenológico.
4. Complementar con fertilización foliar rica en calcio y potasio en las etapas vegetativa, de floración y fructificación para asegurar un amarre adecuado de frutos, y calidad en ellos.
5. Realizar cursos de manejo agronómico a los productores de zarzamora en la comunidad de San Pedro Sochiapam.

6. Utilizar Naturabono como fuente de fertilización inicial en el cultivo con 250 g/planta.
7. Realizar muestreos de sanidad en las parcelas del cultivo de zarzamora.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Alarcón-Peralta, D.A. (2015). Naur-Abono y fertilizante químico como fuente de nitrógeno en el rendimiento de maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. De México. pp. 4-22.
- Alcántar-González, G. y Trejo-Téllez, L. I. (2009). Editado por el Colegio de Posgraduados y Mundi-Prensa. México, D. F. 454 p. ISBN 978-968-7462-48-6. Reimpresión del 2010.
- Alejo-Santiago, G. G., E. Luna-Esquivel, R. Salcedo-Pérez, C. Sánchez-Hernández y A. Aburto-González (2015) Dinámica de crecimiento y extracción nutrimental del fruto de litchi (*Litchi chinensis sonn*) cv. Brewster. Ecosistemas y Recursos Ambientales. 2(4) .pp.1-12.
- Ayala-Ortega, J.J., A.M. Martínez-Castillo, S. Pineda-Guillermo, J.L. Figueroa-De la Rosa, J. Acuña-Soto, M. Ramos-Lima y M. Vargas-Sandoval (2020) Ácaros asociados a la zarzamora (*Rubus sp.* cv. Tupy) en dos localidades del estado de Michoacán, México. Revista Colombiana de Entomología 2019. 45(2):e8480. <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.8480>.

- Banco de México (BANXICO) (2022) Estimación de la exposición Regional ante Cambios en el Mercado de Fertilizantes. *Reporte de las Economías Regionales*. Enero - marzo 2022
- Calderón-Zavala, G (2016) Producción forzada de zarzamora en México. II Simposio nacional do morengo, II Encontro sobre pequenos frutos y frutas nativas do Mercosul. In: Luis Eduardo Correa Antunes y Maria do Carmo Bassols Raseira, Editores. pp. 67-78.
- Cerón-Mendoza, J. F. (2016) Sistemas de conducción y densidades de plantación para mayor eficiencia fisiológica y productividad en zarzamora. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Cerón-Mendoza, J. F., G. Calderón-Zavala, A. F. López-Jiménez, A. F. Barrientos-Priego, A.J. Gámez-Vázquez, C. J. Peñaloza-Remigio, y D. Sierra-Zurita. (2020) Densidades de población para mayor eficiencia fisiológica y productiva en zarzamora (*Rubus ulmifolius*) en Montecillo, Estado de México. *Revista Científica Semestral Investigación*. 3(2): 341-348.
- Çetin, G., C. Hantaş, O. Dura, and B. Erenoğlu. (2015). Determination of efficacies of some pesticides against harmful mite, *Acalitus essigi* (Hassan), (Acari: *Eriophyidae*) on blackberries. *Bahçe*, 44(1), 15-22.
- Coronado-García, M. A., García-Porchas, M., Santiago -Hernández, V. G., Córdova-Yáñez, A., y Vásquez-Navarro, R. Á. (2014) La zarzamora, un mercado potencial para los productores agropecuarios de la sierra de sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 784-794.

- De Caram G.A., Angeloni P. y Prause J. 2007. Determinación de la Curva de Dilución de Nitrógeno en Diferentes Fases Fenológicas del Girasol. *Agricultura Técnica (Chile)* 67(2):189-195. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072007000200009
- Esquivel-Paz, G. E. Gudiño-César, J. Rojas-Murillo, y C. A. Ramírez-Mandujano. (2016). Evaluación de fertilizantes foliares orgánicos e inorgánicos en Zarzamora (*Rubus sp.*) cv. "Tupi". *Ciencia Nicolaita*. Facultad de Agrobiología, UMSNH. Pp. 6-9.
- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Núñez-Escobar, R., y Sandoval-Villa, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(3), 129-138. Recuperado en 27 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000300005&lng=es&tlng=es.
- Jarrell W.M. and Beverly R.B. 1981. The Dilution Effect in Plant Nutrition Studies. *Advances in Agronomy* Volume 34: 197-224. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60887-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60887-1)
- Lagunes-Fortiz, E.R., E. Lagunes-Fortiz, A.A. Gomez-Gomez, J.A. Leos-Rodríguez y J.M.Omaña-Silvestre. (2020) Competitividad y rentabilidad de la producción de frutillas en Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(8):1815-1826. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2595>.
- López-Astilleros, O., J.C. Vinay-Vadillo., Villegas-Aparicio, I. López-Guerrero y S. Lozano-Trejo. (2020). Dinámica de crecimiento y curvas de extracción de nutrientes de *Penisetum sp.* (Maralfalfa). *Revista mexicana de Ciencias Pecuarias* 2020.11(1): 255-256. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4674>.

- Meza-Moller, A. D., Romo-Figueroa, M. G., Duarte-Ochoa, V. R., y Navarro-Aguilar, R. 2013. La zarzamora (*Rubus sp.*), cultivo alternativo para el estado de Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33. 600-607.
- Molina, E., Salas, R, Castro, A. (1993) Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa Duch.* cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense* 17: 67-73.
- Oseguera- Alvarez, M.C. (2016) Dinámica y extracción nutrimental en el cultivo de zarzamora (*Rubus Ulmifolius*) variedad Tupy en los Reyes Michoacán. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Texcoco. México. pp. 9-45.
- Ramírez-Mandujano, C. A., G. Esquivel-Paz. E. Gudiño-César y J. P. Rojas-Murillo. (2017) Evaluación de fertilizantes foliares orgánicos e inorgánicos en Zarzamora (*Rubus sp.*) cv. 'Tupi'. *Ciencia Nicolaita*, (67), 25–36. <https://doi.org/10.35830/cn.vi67.309>.
- Robson A. D. & M. G. Pitman. 1983 Interactions between nutrients in higher plants. En: Läuchli A., & Bielecki R. L. (Eds.), *Inorganic plant nutrition. encyclopedia of plant physiology*. pp. 147-180. Alemania: Springer.
- Sánchez-Luna, D. (2020) Evaluación de relaciones k/ca en el crecimiento de zarzamora (*Rubus sp.*) cv tupy. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Texcoco. México. pp. 20-28.
- Sancho, VH. (1999) Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y usos en los programas de fertilización. Instituto de la Potasa y el Fósforo. *Informaciones Agronómicas* 36: 11-13.
- Santos-Hernández, J.E. (2021) Producción forzada con defoliantes y podas en el cultivo orgánico de zarzamora (*Rubus fruticosus L.*) en Coaxtlahuacán municipio de Mochitlán, Guerrero. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala de la Independencia Guerrero, México. pp. 36-72.

- Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017) Planeación Agrícola Nacional.2017-2030. 1^{ra} ed. México. pp. 1-22.
- SIAP, (2024). Anuario Estadístico de la producción Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Vargas-Madriz H., J. A. Acuña-Soto, A. Talavera-Villarreal, P. F. Grifaldo-Alcántara, M. O. Lázaro-Dzul, A. Azuara-Domínguez, G. Rodríguez-Bautista, C. Jiménez-Camberos, R. Martínez-Martínez y E. A. Flores-Contreras. (2019) Algunos ácaros fitófagos asociados al cultivo de la zarzamora en Zapotitlán de Vadillo, Jalisco. Boletín Sociedad Mexicana de Entomología (n.s) 5(3): 67-72.
- Villanueva-Couoh, E., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Soria-Fregoso, M., y Larque-Saavedra, A. (2010). nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium ramat.* con sustratos regionales en Yucatán, México. Terra Latinoamericana, 28(1), 43-52.
- Volke-Haller, V., J. D. E.A. Sanjuan-Ramírez, y T. Silva-Palomino. (1998). Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos." Terra Latinoamericana, Vol. 16, núm.1, pp.79-91.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. Determinación de nitratos



ANEXO 2. Determinación de fósforo



ANEXO 3. Determinación de potasio



ANEXO 4. Determinación de Calcio

