

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Concentraciones de Fósforo en la Solución Nutritiva y su Efecto en la Producción  
de Frambuesa (*Rubus idaeus L.*)

Por:

**JAIRO NAIM RUIZ VARGAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Concentraciones de Fósforo en la Solución Nutritiva y su Efecto en la Producción  
de Frambuesa (*Rubus idaeus* L.)

Por:

**JAIRO NAIM RUIZ VARGAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

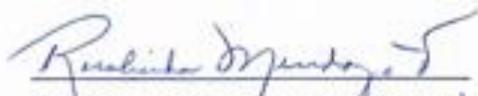
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Armando Hernández Pérez

Asesor Principal



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coasesora



Ing. Lizbeth Yuritzzi López Ramírez

Coasesora



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2024

## DECLARACION DE NO PLAJO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos; reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o el autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; al utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Jairo Naim Ruiz Vargas

## AGRADECIMIENTOS

A dios: le agradezco a dios por nunca desampararme, por acompañarme y darme el valor, fuerza, brindarme salud a lo largo de mi vida y guiarme por el camino correcto.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Mi Alma Mater) por brindarme la oportunidad de ser parte de esta hermosa institución, forjarme como un profesional competente, por todos esos buenos y malos momentos, así como las buenas amistades obtenidas durante mi carrera.

Al Dr. Armando Hernández, por ser mi asesor principal, brindarme su apoyo y conocimientos durante mi estancia como estudiante, al igual que a lo largo de este proyecto.

A mis amigos con los que compartí momentos de alegría y aprendizaje, por apoyarme y darme su apoyo emocional durante esta hermosa etapa de mi vida; Aaron Rodríguez, Samuel Vargas, Armando Solorio, Rubén Mendoza, Cristopher Vega, Jessica Camacho, Alely, Garibay Pérez, Francisco Santana, Carlos Pérez, Alberto Pérez, Mario Aguilar, Adán Montero, Manuel López, Mario Gerónimo, Rigoberto Gonzales, Víctor Gutiérrez, Enrique Rodríguez, Herminio Carpio, Fernando Becerra, Oscar Rodríguez, Alejandro Torrez, Francisco Munguía, Gerardo Arrollo, Daniel Lizcano y a todos los demás que estuvieron durante mi estancia en la universidad, espero volver a contar con ustedes.

## DEDICATORIAS

A mis padres; Manuel Ruiz Torrez y Rosa Vargas Pérez, quienes a pesar de todos los obstáculos que pasaron por el camino, supieron guiarme de la mejor manera, gracias por brindarme todo el apoyo que está a su alcance e incluso lo que no, gracias por estar presentes moralmente y económicamente, por inculcarme valores, principios y los buenos consejos. Gracias por todas las cosas.

A mi hermano; Erick Manuel Ruiz Vargas, gracias por guiarme y apoyarme, gracias por estar motivándome para salir adelante dentro y fuera de la universidad. Muchas gracias hermano.

A mis abuelos; Carmen Torrez, José Carmen Vargas, en especial a mi abuela Maricos Pérez † que en paz descansa, llevo siempre en cuenta sus buenos consejos y bellos momentos que viví a su lado y sé que también se hubiera sentido orgullosa de este gran logro.

A mis tíos, tías y primos; por los consejos brindados y su apoyo incondicional dentro y fuera de la universidad, por orientarme a lograr una meta más en mi vida profesional.

A Lupita Martínez por estar incondicionalmente a mi lado, por ayudarme emocionalmente y por hacerme ver los errores que cometo, por cambiar mi forma de pensar, gracias por ser mi compañera durante esta etapa de mi vida.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| ÍNDICE DE CUADROS .....                                  | 8  |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                     | 10 |
| 1.1 OBJETIVOS.....                                       | 11 |
| 1.2 HIPOTESIS.....                                       | 11 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA .....                         | 12 |
| 2.1 Antecedentes del cultivo .....                       | 12 |
| 2.2 Importancia del cultivo en México y el mundo .....   | 12 |
| 2.3 Clasificación Taxonómica .....                       | 13 |
| 2.4 Composición nutricional .....                        | 14 |
| 2.5 Variedades no remontables .....                      | 15 |
| 2.6 Variedades remontables .....                         | 16 |
| 2.6 Requerimientos edafoclimáticos.....                  | 17 |
| 2.6.1 Suelo.....   | 17 |
| 2.6.2 Riego.....   | 17 |
| 2.6.3 Coeficiente de cultivo (Kc).....                   | 18 |
| 2.6.4 Clima.....   | 18 |
| 2.7 Fertilización y Nutrición.....                       | 18 |
| 2.8 Efecto de la fertilización .....                     | 19 |
| 2.9 Tutoreo .....  | 20 |
| 2.10 Conductividad Ecléctica (CE) y pH.....              | 20 |
| 2.11 Salinidad y efectos de absorción de nutrientes..... | 21 |
| 2.12 Funciones del fosforo y forma de asimilación .....  | 22 |
| 2.13 Fuentes del fosforo .....                           | 24 |
| III. MATERIALES Y METODOS.....                           | 26 |
| 3.1 Localización .....                                   | 26 |
| 3.2 Material vegetal .....                               | 26 |
| 3.3 Tratamientos .....                                   | 26 |
| 3.4 Diseño experimental .....                            | 26 |
| 3.5 Labores y preparación del sustrato.....              | 27 |
| 3.6 Trasplante.....                                      | 27 |
| 3.7 Deshoje.....   | 27 |

|   |    |
|---|----|
| <b>3.8 Tutorado</b> .....                               | 27 |
| <b>3.9 Riego</b> .....                                  | 27 |
| <b>3.10 Cosecha</b> .....                               | 27 |
| <b>3.11 Manejo de plagas y enfermedades</b> .....       | 28 |
| <b>3.14 Variables evaluadas</b> .....                   | 29 |
| <b>3.14.1 Longitud de raíz (LR)</b> .....               | 29 |
| <b>3.14.2 Volumen de raíz (VR)</b> .....                | 29 |
| <b>3.12.3 Diámetro del tallo (DT)</b> .....             | 29 |
| <b>3.12.4 Altura del tallo (AT)</b> .....               | 29 |
| <b>3.12.5 Materia seca de hojas (MSH)</b> .....         | 29 |
| <b>3.12.6 Materia seca del tallo (MST)</b> .....        | 30 |
| <b>3.12.7 Materia seca raíz (MSR)</b> .....             | 30 |
| <b>3.12.8 Materia seca total (MSTo)</b> .....           | 30 |
| <b>3.12.8 Diámetro Polar del fruto (DPF)</b> .....      | 30 |
| <b>3.12.9 Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)</b> ..... | 30 |
| <b>3.12.10 Peso del fruto (PF)</b> .....                | 30 |
| <b>3.12.11 Rendimiento (Ren)</b> .....                  | 30 |
| <b>3.12.12 Grados Brix (°Brix)</b> .....                | 31 |
| <b>3.12.13 Análisis estadístico</b> .....               | 31 |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....                 | 32 |
| <b>V. CONCLUSIONES</b> .....                            | 36 |
| <b>VI. Bibliografías consultadas</b> .....              | 37 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1 Composición nutrimental .....   | 15 |
| Cuadro 2 Efecto de la fertilización .....  | 19 |
| Cuadro 3 Tratamientos Aplicados .....  | 26 |
| Cuadro 4. Efecto del crecimiento en los distintos órganos de las plantas de frambuesa cv. Adelita tratadas con diferentes concentraciones de ácido fosfórico. .... | 33 |
| Cuadro 5. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido fosfórico en la biomasa de las plantas de frambuesa cv. Adelita. ....                                  | 34 |
| Cuadro 6. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido fosfórico en la calidad y rendimiento del fruto de la planta de frambuesa cv. Adelita. ....            | 35 |

## RESUMEN

El fósforo es uno de los macronutrientes esenciales para las plantas, junto con el nitrógeno y el potasio. Contribuye al desarrollo de raíces fuertes, la floración, la fructificación y la maduración de los cultivos. Su disponibilidad en el suelo influye directamente en la salud y productividad de las plantas. El objetivo de este trabajo experimental fue evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de fruto de frambuesa. Se utilizó una solución de Steiner modificada a diferentes concentraciones de P (fósforo), las cuales fueron T1=0.5 meq L<sup>-1</sup> de P, T2=1.0 meq L<sup>-1</sup> de P, T3=1.5 meq L<sup>-1</sup> de P, T4=2.0 meq L<sup>-1</sup> de P, T5=2.5 meq L<sup>-1</sup> de P. Las plantas fueron irrigadas de forma continua según el tratamiento. Se usó un diseño de bloques completamente al azar, con 5 tratamientos y 5 repeticiones de cada tratamiento. Las variables que se midieron fueron: diámetro de tallo, altura de planta, longitud de raíz, volumen de raíz, materia seca de hoja, materia seca del tallo, materia seca de la raíz y materia seca total. Las variables de calidad y rendimiento fueron: peso de fruto por planta, Grados Brix, diámetro polar y ecuatorial. Las plantas sometidas a una dosis de 1 y 1.5 meq L<sup>-1</sup> de P obtuvieron mayor diámetro de tallo y altura de planta. Mientras que con 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P el volumen de raíz se incrementó en comparación a las demás dosis, y con 1.5 y 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P la longitud de raíz fue mayor. Se obtuvo menor materia seca de hoja en plantas con 1.5 meq L<sup>-1</sup> de P, y las plantas irrigadas con 1.0 y 2.0 meq L<sup>-1</sup> de P registraron un incremento en la materia seca total, materia seca de la raíz y materia seca total. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la aplicación de fósforo en concentraciones específicas puede mejorar el crecimiento y rendimiento de las plantas de frambuesa, así como la calidad de sus frutos.

**Palabras clave:** Nutrición, rendimiento, calidad, tolerancia.

## I. INTRODUCCIÓN

La frambuesa roja (*Rubus idaeus L.*) es una frutilla de gran importancia en algunos países. En México fue introducida en 1974 por investigadores del Colegio de Postgraduados, quienes ensayaron algunas variedades de Europa y Estados Unidos de Norteamérica en el área de Chapingo, estado de México y demostraron la buena adaptación de algunas de ellas a dicha región (Salasar y Baca, 1998). El interés en el cultivo de frambuesa en México se ha incrementado en los últimos años. La superficie plantada con este cultivo aumentó en 520% en la década pasada, incrementándose de 196 hectáreas cultivadas en el año 2000 a 1216 hectáreas cultivadas en el año 2010. Los principales estados productores de esta frutilla son Jalisco, Michoacán y Baja California (SIAP, 2011). Y en los últimos 5 años su producción ha aumentado aproximadamente en 80 mil toneladas a nivel mundial (FAO, 2014).

Es una de las berries con mayor demanda en el mercado mundial (*Rubus idaeus L.*) perteneciente a la familia Rosaceae, es un arbusto con tallo subterráneo, semileñoso, erecto y espinoso cuyo fruto se caracteriza por sus excelentes características nutraceuticas (INTAGRI, 2017).

El fósforo (P) es uno de los principales macronutrientes esenciales requeridos por todos los organismos vivos, pero también es uno de los elementos menos disponibles de la rizósfera. Después del nitrógeno (N), el P es el nutrimento más limitante para el crecimiento de las plantas (Gebrim et al., 2010). Una de las principales funciones que ofrece el fósforo es captar energía luminosa por la clorofila y distribuirla por toda la planta. Asimismo, aumenta la resistencia de la planta al frío y a las enfermedades (Fertibox, 2019). El P facilita la maduración precoz y mejora la calidad del fruto. Asimismo, la morfología y las propiedades fisiológicas de la raíz de las plantas pueden influir en la absorción de P del suelo, la geometría cilíndrica y el radio de la raíz influyen en el flujo de P del suelo a las raíces (Rubio et al., 2002).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de fruto de frambuesa.

### **Objetivos específicos**

- Comparar el efecto de las diferentes concentraciones de fósforo en las variables de crecimiento.
- Determinar la concentración adecuada de fósforo que incremente el rendimiento de frutos de frambuesa.

## **1.2 HIPOTESIS**

Al menos una de las concentraciones de fósforo promueve mayor crecimiento y rendimiento en el cultivo de frambuesa.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes del cultivo

La frambuesa pertenece al género *Rubus* de la familia rosaceae.

La frambuesa y la zarzamora son dos especies de frutillas con el mayor crecimiento en el mercado global, atribuido principalmente a sus características nutrimentales. Existen variedades de ambas especies con bajo requerimiento de frío que se ha adaptado a zonas agrícolas de México, lo que ha posicionado al país como uno de los principales productores de frutillas en el mundo (Muratalla, 2018).

Este incremento en la superficie plantada de frambuesa en México se explica se explica por el aumento en las importaciones de Estados Unidos Americanos, también es el tercer importador de esta frutilla (Alvarado et al., 2016). En 2009 México se ubicó como el primer proveedor de frambuesa a Estados Unidos Americanos, siendo producida esta frutilla en invierno (FAO, 2014).

Los tres principales estados productores de frambuesa entre enero y octubre del 2016 fueron Jalisco, con más de 38 mil toneladas; Baja California, con más de nueve mil toneladas; los cuales aportaron más de 98 por ciento del volumen nacional (SADER, 2017).

### 2.2 Importancia del cultivo en México y el mundo

En México aumenta el interés por el cultivo de frambuesa (*Rubus Idaeus L.*), y existen muchos nichos con potencial para su producción, para los cuales se deben generar paquetes tecnológicos. Uno de los sistemas más utilizados en la producción de la frambuesa son las plantaciones multianuales y es importante definir la densidad de caña adecuada para maximizar el rendimiento y la calidad del fruto. (Alvarado R. 2016). El interés de la frambuesa en México ha incrementado en los últimos años. La superficie plantada con este cultivo aumento el 520% en la década pasada, incrementándose 196 hectáreas cultivadas en el año 2000 a 1216 hectáreas cultivadas en el 2010.

El desconocimiento del proceso de comercialización por los pequeños productores permite a los intermediarios imponer el precio de compra de la cosecha (Guzmán et al., 2004). La producción de frambuesa en México creció 111% entre enero a octubre del 2016, lo que permitió a nuestro país consolidarse como el quinto productor mundial de este cultivo (SADER, 2017). Al quinto bimestre del año 2016, la producción de frambuesa en nuestro país supero las 54 mil toneladas. Esto representa alrededor del 80 por ciento del total producido en 2015. En 2015, las exportaciones de frambuesa se ubicaron en más de 508 millones de dólares, con un incremento a tasa anual de 38 por ciento; debido a que esta frutilla fue comercializada en 25 destinos distintos internacionales, entre los cuales destacan; Canadá, Estados Unidos de América, Rusia, Brasil, Japón, Países Bajos, Bélgica, España, Francia, Reino Unido e Italia (SADER, 2017).

### **2.3 Clasificación Taxonómica**

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Subfamilia: *Rosoideae*

Tribu: *Rubeae*

Género: *Rubus*

Subgénero: *R. Subg. Ideaeobatus*

Especie: *Rubus Ideaus*

Nombre común: Frambuesa

(Rosas, 2021).

Se trata de un arbusto perenne de entre 1,5 y 2,5 M de altura. Su fruto es conocido por el mismo nombre que la planta y consiste en una polidrupa de sabor fuerte y dulce. La frambuesa fructifica a finales de verano o principios de otoño. Esta fruta del bosque es parecida a la zarzamora, pero más pequeña y blanda (Lyndad, 2018).

#### **2.4 Composición nutricional**

Cada 100 gramos de Frambuesa contienen 40 Kcal

La frambuesa es una fruta que posee propiedades antioxidantes, anti obesidad e hipoglucémicas, por lo que sirve para prevenir enfermedades crónicas como la diabetes, obesidad, problemas del corazón y el cáncer. Estos beneficios se deben a que la frambuesa es rica en vitamina C y elagitaninos, los cuales evitan la formación de radicales libres y ayudando a las células a combatir y recuperar el estrés oxidativo.

La frambuesa también es rica en fibras, vitaminas, y minerales, pudiendo ser consumida en su forma natural, deshidratada o congelada. Además, con las hojas de la frambuesa también es posible preparar un té que también aporta diversas propiedades medicinales.

Cuadro 1 Composición nutricional

|                               | Por 100 g de fruto fresco |
|-------------------------------|---------------------------|
| Energía (Kcal)                | 40                        |
| Proteínas (g)                 | 1,4                       |
| Lípidos totales (g)           | 0,3                       |
| AG saturados (g)              | 0,10                      |
| AG monoinsaturados (g)        | 0,10                      |
| Hidratos de carbono (g)       | 4,6                       |
| Fibra (g)                     | 6,7                       |
| Agua (g)                      | 87                        |
| Calcio (mg)                   | 25                        |
| Hierro (mg)                   | 0,7                       |
| Yodo (µg)                     | --                        |
| Magnesio (mg)                 | 19                        |
| Zinc (mg)                     | 0,3                       |
| Sodio (mg)                    | 3                         |
| Potasio (mg)                  | 170                       |
| Fósforo (mg)                  | 31                        |
| Selenio (µg)                  | 1,3                       |
| Tiamina (mg)                  | 0,03                      |
| Riboflavina (mg)              | 0,05                      |
| Vitamina B <sub>6</sub> (mg)  | 0,06                      |
| Vitamina B <sub>12</sub> (µg) | 0                         |
| Vitamina C (µg)               | 32                        |
| Vitamina A Eq. Retinol (µg)   | 1                         |
| Vitamina D (µg)               | 0                         |
| Vitamina E (mg)               | 0,48                      |

(Moreiras et al., 2003)

## 2.5 Variedades no remontables

De acuerdo a Merlet et al., (2016) algunas de las variedades no remontables que son aquellas que solo producen frutos en los tallos del año anterior, conocidos como tallos florales primarios. Estas variedades no generan nuevos brotes en la temporada de crecimiento actual que puedan producir frutos adicionales, son las siguientes.

Chilliwack: Es una planta vigorosa con escaso número de espinas. De fruto de tamaño mediano, buen sabor, firme y buena calidad para el mercado fresco y procesado.

Meeker: Es una variedad vigorosa de crecimiento arqueado, requiere una alta acumulación de frío invernal, (1300 horas frío aproximadamente). El fruto tiene un buen calibre y alto contenido de ácidos solubles.

Tulameen: Es una variedad buena para el mercado fresco, sin embargo, posee una alta susceptibilidad al ataque de Botytis y Phytophthora.

Comox: La planta es vigorosa con escasas espinas, es una planta altamente productiva, por presentar una gran cantidad de laterales que dan muchos frutos. Resistente a bajas temperaturas es de color rojo intenso e ideal para ser procesado.

## **2.6 Variedades remontables**

De acuerdo a Morales et al., (2017) Las variedades remontables en frambuesa son aquellas que producen frutos tanto en los tallos del año anterior como en los nuevos brotes que se desarrollan durante la temporada de crecimiento actual.

Y algunas de estas variedades según la clasificación de Merlet et al., (2016) son las siguientes.

Heritage: Variedad de plantas vigorosas y un gran número de espinas. Es altamente productiva y su fruta se usa tanto para consumo en fresco como para congelados. Fruto de tamaño mediano, color rojo brillante y buena consistencia.

Amity: Se usa para la producción de la fruta en hijuelos. Tiene un adelanto de una semana antes que Heritage aproximadamente. Requiere una alta acumulación de horas frío para obtener buenos rendimientos (más de 1300 horas frío).

Ruby: Planta vigorosa de alta productividad, con cañas sin espinas y abundante producción de hijuelos. Posee maduración irregular de frutos, ya que los frutos de la punta maduran primero que los frutos de la base.

Coho: Fruta alargada, de color rojo brillante, buena firmeza y rendimiento, además de poseer una alta calidad para su venta en el mercado fresco. La primera cosecha es de maduración tardía, pudiendo ser la segunda quincena de noviembre hasta la primera quincena de diciembre el inicio de la cosecha, dependiendo de la zona en que está establecido.

## **2.6 Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.6.1 Suelo**

Los suelos más adecuados para establecer el cultivo de la frambuesa son los de textura franco arcillosa, suelos bien drenados, con poca posibilidad de encharcamientos y profundos. El pH del suelo debe ser neutro entre 6-7; que el contenido de carbonato cálcico no supere el 2 por ciento, y que los niveles de cloruro, bicarbonato y sodio sean inferiores a 150ppm ya que la frambuesa es una frutilla que es relativamente sensible a la salinidad del suelo, ya que con valores por encima de 1,2 dS/m (deciSiemens por metro), medidos en el extracto de saturación, se produce un descenso de la producción. (Ríos. 2016).

El frambueso precisa de suelos no compactos, ya que su sistema radicular no tolera los encharcamientos de agua. El suelo tiene que ser rico en materia orgánica, con elevada capacidad de retención de agua, profundo y suelto (Morales et al 2017).

Hay que evitar las plantaciones en suelos arcillosos ya que al cabo de los años pueden producirse problemas a causa de la asfixia radicular debido a la compactación del suelo. En si un suelo óptimo para el cultivo de la frambuesa deberá ser rico en humus, profundo, fresco, pero bien drenado, y con un pH neutro o ligeramente ácido (Salas et al., 2012).

### **2.6.2 Riego**

Un riego adecuado en el cultivo del arándano es fundamental para obtener elevadas producciones y buena calidad de los frutos. El arándano es un cultivo con un sistema radicular superficial muy susceptible al estrés hídrico. Esto implica que en suelos arenosos el cultivo requiere riego localizado de alta frecuencia. Por otra parte, el sobre riego afecta la funcionalidad de las raíces, incrementa el lavado de nutrientes y produce infección a raíces por hongos patógenos. Este sobre riego suele ocurrir en zonas bajas de las parcelas con una pendiente o cuando no se realiza una adecuada programación de riegos (Gavilán et al., 2019).

### **2.6.3 Coeficiente de cultivo (Kc)**

Se estima que los requerimientos aproximados de agua del frambueso para zona central de Chile son de 800mm al año, que deben ser distribuidos a lo largo del ciclo productivo, en especial durante el crecimiento de frutos, periodo donde necesita 60mm al mes (Arce 2023).

### **2.6.4 Clima**

El frambueso se adapta a climas muy variados, ya que es bastante resistente a los fríos invernales y altas temperaturas del verano (Morales et al., 2027).

Cada especie o variedad necesita de una medida especificada reposo invernal, que se conoce como las necesidades de frío. Este número de horas acumuladas durante el reposo invernal, por debajo de una temperatura umbral, se denomina horas frío (Ríos 2016).

Las condiciones climáticas óptimas son inviernos cortos con bajas temperaturas constantes, necesarias para acumular las horas-frío requeridas para esta especie que están en las 600 y 1200 h/f para la mayoría de las variedades. Las lluvias en este periodo de cosecha afectan negativamente a la calidad del fruto, por lo que puede ser desaconsejable el cultivo al aire libre de las variedades reflorecientes, que maduran a principios de otoño, cuando las precipitaciones suelen ser más frecuentes. No obstante, se adaptan muy bien al cultivo bajo plástico (Ríos 2016).

### **2.7 Fertilización y Nutrición**

Con esta práctica de fertilización se aportan macronutrientes como el nitrógeno (N) cuyo requerimiento de la frambuesa es alto, además del fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) que son imprescindibles para la producción de fruto. La cantidad de fósforo (P) absorbida por las frambuesas es pequeña y es raro que el crecimiento y rendimiento se vean afectadas por una deficiencia de fósforo. En caso de ser requerida, la fertilización con este elemento, se realiza generalmente antes de la plantación, previo al análisis del suelo, también debe asociarse a una gran cantidad de abonos orgánicos enriquecidos con fuentes fosfóricas (Merlet *et al.*, 2016).

El manejo eficiente de la nutrición en los cultivos es uno de los pilares fundamentales para alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y con resultados económicos positivos, donde participan en su rotación varios cultivares, ya que por los elevados volúmenes de rastrojos dejados por ciertos cultivares, facilitan el reciclado de nutrientes y mejoran las condiciones físicas del suelo, el uso de fertilizantes inorgánicos sigue siendo de gran importancia en los sistemas de producción sobre todo en los sistemas intensivos donde los rendimientos que se alcanzan son más altos. En muchos de los suelos se hace indispensable la aplicación de fertilizantes para obtener rendimientos más altos y mayor calidad, ya que a pesar de que el suelo contenga todos los nutrientes esenciales para las plantas, estos en la mayoría de los casos no están en las cantidades requeridas para solventar un alto rendimiento. De manera que sin la aplicación de fertilizantes los rendimientos esperados serán cada vez más bajos debido a la extracción de nutrientes por los cultivos con el transcurso de varios ciclos de producción.

## 2.8 Efecto de la fertilización

Es necesario conocer las funciones de cada nutriente en la frambuesa para entender la importancia de la fertilización y entre ellas están;

Cuadro 2. Efecto de la fertilización

| Elemento      | Función  |
|---------------|--|
| Nitrógeno (N) | Promueve un mayor crecimiento de las cañas, raíces, aumenta la floración por unidad, además de mejorar el crecimiento.                         |
| Fosforo (P)   | Potencializa la acumulación de reservas nutrimentales, mejora el crecimiento de raíces y usado por las plantas para combatir las enfermedades. |

|               |  |
|---------------|--|
| Potasio (K)   | Aumenta la resistencia a las horas frío, y ataques de enfermedades y plagas, mejora el vigor de cañas, el sabor y firmeza de frutos. |
| Calcio (Ca)   | Mejora la calidad del fruto postcosecha y de las cañas, facilita también el estiramiento de dichas paredes celulares.                |
| Magnesio (Mg) | Ayuda a la producción de clorofila, aumenta la actividad fotosintética en las hojas.   |
| Boro (B)      | Aumenta el amarre de las flores, mejora la acumulación de reservas de nutrientes y disminuye la aparición de necrosis de la medula.  |

Salazar S., et al., 1998. Fertiblox. (2019). Moreno R., (2007). Fernández M., (2007). Torres O., (2016).

## 2.9 Tutoreo

Aunque las cañas de la mayoría de las variedades del frambueso son más o menos erectas durante el crecimiento, todas necesitan una estructura de soporte para mantenerse erguidas cuando tienen que soportar el peso de los frutos. Además, con el tutoreo se facilitan las labores culturales y de recolección. Según la variedad, las cañas se atan a los alambres dispuestos a tal efecto sobre las líneas de plantación, o simplemente se mantienen erguidas entre dos líneas de alambre o hilos (rafia) para que no se tumben hacia la calle y se facilite la poda y la recolección.

(García R. et al., 2004)

## 2.10 Conductividad Ecléctica (CE) y pH.

La conductividad eléctrica (CE) del suelo es la capacidad de conducir la corriente eléctrica, la cual depende de la cantidad de iones positivos y negativos que se encuentran en la solución del suelo, por eso la CE de la solución de suelo es un

indicador del contenido de sales. La CE comúnmente se mide en el laboratorio, en el extracto de pasta de saturación (Warrick& Nielsen, 1981).

También la CE es un potencial estimador de la variabilidad espacial del contenido de arcilla y humedad del suelo. Considerando que el contenido de arcilla es estable en el tiempo, está asociada con el contenido de la humedad del suelo y afectan el desarrollo y el crecimiento de los cultivos, los mapas de CE tienen un potencial para delimitar zonas potenciales de manejo para aplicar (Simón et al., 2013).

El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. Por definición se considera que el pH es el Logaritmo negativo de la actividad de los patrones (H<sup>+</sup>) en una solución acuosa (Simón et al., 2013).

En los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan acida o alcalina es la solución del suelo, que es donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. El pH se basa en una escala de medición cuyo rango de fluctuación es de 0 a 14. Se basa en el principio de que la constante de equilibrio de la disociación del agua (Osorio, 2012).

### **2.11 Salinidad y efectos de absorción de nutrientes.**

La salinidad afecta de diversas formas y maneras a las plantas. La mayoría de los efectos son diversos, por ejemplo, el porcentaje de germinación disminuye y se prolonga el tiempo en el cual las semillas llevan a cabo este proceso. A nivel de las raíces, estas no alcanzan a desarrollarlas por completo de modo que el volumen de suelo que prospectan es menor (Goykovic et al., 2007).

Al nivel de las raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos, también actúan produciendo efectos tóxicos. La magnitud de las respuestas de las plantas se encuentra estrechamente relacionada a la concentración de las sales, a la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar de que se trate. Existe variabilidad en esta respuesta, la cual depende del cultivar o especie de la que se trate, los niveles de salinidad a que son expuestos y la duración del periodo del estrés salino (Goykovic et al., 2007).

La absorción de agua y nutrientes en las plantas se da activamente en su crecimiento, principalmente en el transcurso de las fases vegetativas, por lo que la condición de la salinidad daría como resultado plantas con bajo porte, fases vegetativas prolongadas y en muchos casos la muerte por estrés hídrico, deficiencia de nutrientes, y reducción de la biomasa. Sin embargo, se ha reportado que varias especies de la familia *Amaranthaceae* son halófitas facultativas, es decir, pueden tolerar niveles moderados de salinidad (menores a 0,3 M) (García et al., 2018).

En respuesta al desarrollo de las fases vegetativas de las plantas de *C. quinoa* mostro diferencias significativas entre las medidas de cada uno de los tratamientos, a excepción del número de días hasta la formación de seis hojas verdaderas, encontrando retraso en la manifestación de algunas fases vegetativas de las plantas que se sometieron a la aplicación de NaCl. Algo similar ocurrió en los días hasta la aparición de ocho hojas verdaderas, así como la ramificación y a la aparición de la panoja. Además, se evidencio que las plantas sometidas a (0,3M), no alcanzaron a llegar a la expresión de 8 hojas verdaderas, dado a que presentaron marchitez generalizada en los tejidos, seguida de necrosis y finalmente la muerte (García et al., 2018).

## **2.12 Funciones del fosforo y forma de asimilación**

Al igual que con el nitrógeno, tiene que ver con el crecimiento, especialmente con la formación de raíces y la maduración de semillas y fruto, Merlet *et al.*, (2016) menciona algunos beneficios y excesos de este mismo.

Beneficios: mejora el crecimiento en raíces, la floración, la defensa ante plagas y enfermedades y la acumulación de reservas para la siguiente temporada.

Excesos: los problemas asociados al exceso de fósforo radican en las deficiencias de Zinc (Zn), además puede generar una menor disponibilidad de Nitrógeno (N), ya que habrá una mayor actividad en la biomasa del suelo que fija los nutrientes.

El fósforo presenta dos formas de asimilación,  $\text{HPO}_4^{2-}$  (ion ortofosfato secundario) y  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (ion ortofosfato primario); esta última forma se asimila diez veces más rápido.

Este elemento juega un papel importante en la transferencia de energía. Es esencial para diversos procesos como la fotosíntesis, la respiración y otros procesos químico-fisiológicos. También resulta indispensable para la diferenciación de las células y el desarrollo de los tejidos que conforman los puntos de crecimientos de las plantas. Interviene en la formación de nucleoproteínas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, síntesis de azúcares y grasas, y en la regulación del pH de las células. (Moreno 2007). Los excesos de fósforo no son notorios a primera vista, pero pueden ocasionar diferencias de cobre (Cu) o de zinc (Zn).

Algunos síntomas por deficiencia también son cuando las plantas muestran desarrollo y madurez lenta, aspecto raquítico de los tallos, bajo rendimientos de frutos y semillas, en consecuencia, existe una mala germinación de estas. En las hojas más viejas, ramas y tallos aparecen tonalidades púrpura (Moreno 2007).

El (P) es demandado en mayor proporción en las etapas iniciales de desarrollo. Este nutriente tiene algunos problemas de movilidad en el suelo, por lo que se recomienda hacer una fertilización de fondo con una parte importante de P y completar a lo largo del ciclo. Los requerimientos del P, al igual que de los demás nutrientes, dependen de las condiciones de crecimiento, variedad, densidad de siembra y rendimiento esperado (Mercedes H, 2020).

El P es uno de los 16 elementos considerados como esenciales para la vida de las plantas. Constituye un componente primario de los sistemas responsables de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía y es componente básico en las estructuras de macromoléculas de interés crucial, tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, por lo que se puede decir que su papel está generalizado en todos los procesos fisiológicos. También señala que en el sistema suelo-planta, el 90% del fósforo está en el suelo y menos del 10% se encuentra repartido fuera del suelo. Sin embargo, solo una pequeña parte de ese 90% es utilizable por los vegetales. A excepción del carbono y el oxígeno que están presentes en la atmósfera de forma utilizable para las plantas, el resto de los nutrientes son tomados del suelo (Fernández 2007).

Bajo condiciones deficientes de Fósforo, las plantas aumentan el crecimiento de las raíces o de los pelos radicales o su densidad, con el objetivo de lograr la exploración de una mayor superficie y volumen de suelo. Tanto las plantas como los microorganismos pueden incrementar la solubilidad del P inorgánico probablemente a través de la liberación de protones, iones OH o CO<sub>2</sub> y aniones de ácidos orgánicos como citrato, malato y oxalato y pueden mineralizar el P orgánico por la liberación de varias enzimas fosfatadas (Restrepo G, et al., 2015).

El fosfato acelera la maduración y promueve la producción de semillas, ya dentro de las células vegetales, incluso es parte importante de numerosos compuestos fundamentales en el metabolismo vegetal. El fosfato fortalece el sistema radical fomentado la extensión de las raíces y su ramificación lateral (Torres 2016).

### **2.13 Fuentes del fósforo**

La roca fosfórica (RF) uno de las principales fuentes de fósforo, además de ser una fuente natural y económica de P tiene la ventaja de proveer también Ca a los suelos deficientes en este nutriente. El inconveniente de la RF es su baja solubilidad, por lo tanto, la lenta liberación de P disponible para la planta, dificultando su uso como fertilizante fosfatado en cultivos de ciclo corto, razón por la que la RF ha sido recomendada como fuente de P en cultivos de ciclo largo. Las rocas fosfóricas naturales aplicadas a los suelos pueden ser iguales o más eficientes que los fosfatos solubles después de varios años de permanecer en el suelo, debido a su mayor efecto residual (Sequera et al., 2013).

Alcantar (2007) menciona que el fósforo orgánico del suelo; representa entre el 20 y 80% del total presente en el suelo y se encuentra prácticamente ausente de la solución del mismo. Las formas orgánicas del P son:

- Fosfato de inositol, que son las más abundantes, representando del 12 al 30% del fósforo total del suelo.

- Ácidos nucleicos (ribonucleico y desoxirribonucleico), constituidos por mononucleótidos, los cuales a su vez están formados por una base nitrogenada (purina o pirimidina) pentosa y ortofosfatos.
- Fosfolípidos, constituidos por una molécula de glicerol a través de un ion fosfato. El fósforo orgánico requiere de mineralización para pasar a formas aprovechables por las plantas. Esta mineralización ocurre por la acción de enzimas llamadas fosfatasas y están influenciada por la temperatura, el pH, la aireación, la naturaleza del material y la relación carbono/fósforo

Fósforo inorgánico del suelo; la naturaleza de los minerales fosfatados predominantes en un suelo depende principalmente del pH del propio suelo. En los suelos neutros o alcalinos la mayor proporción de fosfato se encuentra asociado con calcio.

- $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  fosfato monocálcico
- $\text{CaHPO}_4$  fosfato dicálcico
- $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \text{H}_2\text{O}$  fosfato octacálcico
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  fosfato tricálcico
- $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 (\text{OH})_2$  hidroxiapatita
- $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6$  fluorapatita

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización

El trabajo de investigación se realizó en un invernadero del invernadero de Horticultura, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Que se encuentra ubicada entre los 25°23'42" de latitud norte y 100°50'57" de longitud oeste , a una altura de 1,742 msnm. En saltillo Coahuila, México. Con un ciclo productivo de julio a diciembre del 2021.

#### 3.2 Material vegetal

Se utilizaron plántulas de frambuesa de la variedad adelita, una variedad de frambuesa desarrollada especialmente para su producción en invierno, con un fruto dulce, ligeramente ácido, de gran tamaño, color rojo medio y brillante.

#### 3.3 Tratamientos

Se evaluaron cinco diferentes concentraciones de fósforo (P) en una solución balanceada Steiner. T1=0.5 meq L<sup>-1</sup> de P. T2=1.0 meq L<sup>-1</sup> de P, T3=1.5 meq L<sup>-1</sup> de P, T4=2.0 meq L<sup>-1</sup> de P y T5= 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P.

Cuadro 3 Balance de la solución nutritiva Steiner, de acuerdo al analisis de agua.

| meq L <sup>-1</sup><br>de P | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| 0.5                         | 5.74                         | 2.6                           | 3.9            | 2.13             | 0.82             |
| 1.0                         | 5.24                         | 2.6                           | 3.9            | 2.13             | 0.82             |
| 1.5                         | 4.74                         | 2.6                           | 3.9            | 2.13             | 0.82             |
| 2.0                         | 4.24                         | 2.6                           | 3.9            | 2.13             | 0.82             |
| 2.5                         | 3.74                         | 2.6                           | 3.9            | 2.13             | 0.82             |

#### 3.4 Diseño experimental

Se utilizo un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento, con un total de 25 unidades experimentales.

### **3.5 Labores y preparación del sustrato**

Se utilizaron bolsas de polietileno con una capacidad de 15L y una mezcla de sustratos en relación de 70% peat moss y 30%perlita (70:30) posteriormente se prepararon las 25 las bolsas y se etiquetaron.

### **3.6 Trasplante**

El 8 de julio del 2021, se hizo una selección de las plántulas con mejor aspecto y aproximadamente 15 a 20 cm de altura colocando una planta por contenedor.

### **3.7 Deshoje**

Después del trasplante, se comenzó con el deshoje de la parte baja de la planta, dejando aproximadamente 20 a 25 cm para permitir la aireación.

### **3.8 Tutorado**

Se comenzó cuando alcanzaron una altura de 30-40 cm, las cañas de la frambuesa son poco consistentes, por lo cual al tutorarlas facilita la insolación, aireación y cosecha. Los sistemas más empleados son: Formación en V o doble T (simple o doble). Se colocó rafia de extremo a extremo por encima de las macetas, acomodando varias líneas por donde se fue guiando en zigzag, además de colocar unas líneas de alambre por encima de las plantas para sostener la carga por causa de los frutos.

### **3.9 Riego**

Los riegos se realizaron de manera manual, aplicando 1 L por planta en la etapa vegetativa, posteriormente se incrementaron los riegos a 3 L buscando siempre un 30% de lixiviación. El riego se realizó a base de una solución Steiner balanceada previamente, con un pH aproximado a 6.0, los tratamientos se aplicaron aproximadamente de las 8 a las 10 am. Y por la tarde se regó dependiendo de la humedad del sustrato.

### **3.10 Cosecha**

La cosecha comenzó a principios de noviembre terminando a mediados de diciembre la cual fue de manera manual, con una recolección cada tercer día, dependiendo de la cantidad de frutos de cada planta con un indicador de cosecha

por el color rojo total de la frutilla ya que al no estar del todo madura esta tiende a deshacerse.

### **3.11 Manejo de plagas y enfermedades**

#### *Araña roja (Tetranychus urticae)*

La araña roja con el nombre científico de *Tetranychus urticae*, puede ser de color rojo, verde e incluso amarilla, es muy pequeña mide aproximadamente 0.5 mm, suele estar en el envés de la hoja, debido a la facilidad y rapidez de reproducción de este acaro en poco tiempo se puede convertir en plaga y ocasionar graves daños en las plantas. Para el control de esta plaga se eliminaron todas las hojas con mayor afecto, también se hicieron aplicaciones con jabón potásico 10 ml L<sup>-1</sup> cada 2 días de manera manual y planta por planta, posteriormente se le aplicó Bifenazate 3g L<sup>-1</sup> con modo de acción por contacto mediante la ingestión, se dejó reposar y luego se realizó una poda a los 30 cm de la planta.

#### *Trips (Frankliniella occidentalis)*

Existen diferentes especies de trips en el cultivo de la frambuesa, las principales son *Frankliniella occidentalis* y *Trips tabaco*. Son de muy pequeño tamaño en estado adulto, aunque puede variar entre 0.8 y 2 mm, presentan dos pares de alas membranosas delgadas y pilosas. Las larvas y los adultos son los estados que se alimentan de los tejidos tiernos a través de su estilete, son vectores de enfermedades ya que pueden transportar hongos, bacterias y virus. Los adultos también se alimentan de polen. Se tuvo incidencia cuando comenzó el inicio de la floración, se aplicó preventivo y para control extracto de ajo y canela 1 ml L<sup>-1</sup> y z-cipermetrina 2.5 ml L<sup>-1</sup>, el cual actúa por contacto e ingestión. Para el monitoreo, detectar presencia y determinar densidades se tomaron 10 flores por bloque, sacudiendo en una superficie negra y plana para contar el número de individuos.

#### *Pudrición gris (Botrytis cinerea)*

La enfermedad afecta a toda la parte aérea de la planta, pero suele haber mayor incidencia en flores y fruto. También afecta en la caída de las flores, al madurar el fruto y aumentar el nivel de azúcares el hongo se activa y coloniza la fruta al tener

las condiciones climáticas favorables. En la fruta se produce pudrición blanda, acompañada de ligeros cambios de color en los drupelos infectados. Se controló con aplicaciones de captan 1 ml L<sup>-1</sup>, de modo de acción por contacto.

### **3.14 Variables evaluadas**

#### **3.14.1 Longitud de raíz (LR)**

Con ayuda de unas tijeras para poda, se realizó un corte al ras del tallo, se retiró la bolsa para así poder lavar y retirar el sustrato que viene entre la raíz haciendo los lavados necesarios para su limpieza y correcta medición, y con ayuda de una cinta métrica se midió la raíz de extremo a extremo.

#### **3.14.2 Volumen de raíz (VR)**

Posteriormente del procedimiento de medir la longitud de la raíz, con ayuda de una probeta de 1000 ml, se agregaron 600 ml de agua, se sumergió totalmente la raíz y los ml que aumentaron fue el dato obtenido del volumen de la raíz.

#### **3.12.3 Diámetro del tallo (DT)**

Con ayuda de un vernier se tomó el diámetro del tallo (mm) específicamente entre unos 5 a 10 cm por encima del sustrato.

#### **3.12.4 Altura del tallo (AT)**

Con ayuda de una cinta métrica se midió la altura del tallo (cm) donde se cortó la raíz hasta la parte apical de la planta.

#### **3.12.5 Materia seca de hojas (MSH)**

Con ayuda de unas tijeras de poda, se cortaron todas las hojas exactamente del peciolo y se fueron almacenando en bolsas de papel para poder meterlas a la estufa de secado por 72 horas a una temperatura de 65°C, una vez cumplido el tiempo se pesaron una báscula digital.

### **3.12.6 Materia seca del tallo (MST)**

Posteriormente del deshoje se cortó el tallo en varios trozos y se guardaron en las bolsas de papel para poder meterlas a la estufa de secado por 72 horas a una temperatura de 65°C, una vez cumplido el tiempo se pesaron una báscula digital.

### **3.12.7 Materia seca raíz (MSR)**

Posteriormente de sacar el volumen de la raíz, se realizó un secado al aire libre y bajo el sol durante 24 horas para escurrir toda el agua que fuera posible, una vez cumplido el tiempo se colocaron las raíces en las bolsas de papel para así poder meterlas a la estufa de secado por 72 horas a una temperatura de 65°C, una vez cumplido el tiempo se pesaron una báscula digital.

### **3.12.8 Materia seca total (MSTo)**

Se hizo la suma de los datos de; materia seca de hojas, materia seca de tallo y materia seca de raíz

### **3.12.8 Diámetro Polar del fruto (DPF)**

Con la ayuda de un vernier milimétrico se midió el diámetro polar del fruto, el cual se seleccionaron dos frutos de cada cosecha así midiendo los frutos de punta a la base de este.

### **3.12.9 Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)**

Con la ayuda de un vernier milimétrico se midió el diámetro ecuatorial del fruto, el cual se seleccionaron dos frutos de cada cosecha midiendo transversalmente cada fruto.

### **3.12.10 Peso del fruto (PF)**

Este dato se calculó dividiendo el rendimiento sobre el número de frutos, este resultado se expresó en (g).

### **3.12.11 Rendimiento (Ren)**

Los frutos se cosecharon manualmente, se pesaron en una báscula digital de cada cosecha y al final se sumó para así obtener el rendimiento por planta, este resultado se expresó en (g).

### **3.12.12 Grados Brix (°Brix)**

Para esta variable se utilizó un refractómetro manual, el cual se seleccionaron dos frutos de cada cosecha, exprimiendo manualmente el fruto.

### **3.12.13 Análisis estadístico**

Los datos recolectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). utilizando el programa estadístico SAS versión 9.2.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las plantas de frambuesa tratadas con diferentes concentraciones de fósforo (P) tuvieron un efecto significativo en longitud de raíz (LR), volumen de raíz (VR), diámetro del tallo (DT), altura del tallo (AT) (Cuadro 4). Las plantas sometidas a una dosis de 1 y 1.5 meq L<sup>-1</sup> de P obtuvieron mayor DT y AT. El VR con 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P se incrementó en comparación a las demás dosis, y al aplicar 1.5 y 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P se obtuvo mejor LR (Cuadro 4).

Alvarado et al. (2009) argumenta que en la variable de altura de planta no hubo diferencia si no hasta cuando se adiciono el P por dos años consecutivos todos los tratamientos aplicados fueron superiores al testigo.

Gong et al. (2021) argumentan que, las raíces pueden representar entre el 40% y el 60% de la biomasa seca total de las raíces y pueden contribuir hasta el 80% del crecimiento de las raíces de la nueva temporada cuando las plantas crecen en suelos empobrecidos en nutrientes. La capacidad de adquisición de P dentro de la zona es mucho mayor que el de las raíces normales. También menciona que, en plantas de maíz, la deficiencia de P mejoro el crecimiento de las raíces primarias y secundarias en 14 especies de plantas probadas, el grado de mejora vario considerablemente entre las especies.

También Gong et al. (2021) Dice que, en experimentos de campo, algunos grupos de investigación informaron que el crecimiento de las raíces disminuyo a medida que disminuía la concentración del P en el suelo. También encontraron que el crecimiento de las raíces siempre se inhibía cuando los brotes mostraban síntomas de deficiencia de P. Sin embargo, otro grupo de investigadores informaron que cuando el nivel de P en el suelo disminuyo a un punto crítico, desencadeno un aumento en el crecimiento de las raíces que fue más robusto que el crecimiento de las raíces bajo la suficiencia de P.

Cuadro 4. Efecto del crecimiento en los distintos órganos de las plantas de frambuesa cv. Adelita tratadas con diferentes concentraciones de ácido fosfórico.

| <b>Fósforo<br/>(meq L<sup>-1</sup>)</b> | <b>Longitud<br/>de raíz<br/>(cm)</b> | <b>Volumen<br/>de raíz<br/>(ml)</b> | <b>Diámetro<br/>del tallo<br/>(mm)</b> | <b>Altura del<br/>tallo (cm)</b> |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| <b>0.5</b>                              | 54.00cb                              | 227.50ba                            | 9.12b                                  | 129.75ba                         |
| <b>1</b>                                | 50.75c                               | 234.25ba                            | 10.66a                                 | 139.25a                          |
| <b>1.5</b>                              | 62.50a                               | 182.75c                             | 9.20ba                                 | 133.75 a                         |
| <b>2</b>                                | 56.00b                               | 200.00bc                            | 9.05b                                  | 136.00a                          |
| <b>2.5</b>                              | 60.75a                               | 242.00a                             | 8.35b                                  | 119.00b                          |
| <b>ANVA p ≤</b>                         | <0.0001                              | 0.0012                              | 0.0045                                 | 0.01                             |
| <b>CV (%)</b>                           | 3.51                                 | 7.53                                | 7.04                                   | 4.9                              |

Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al ( $p \leq 0.05$ ) ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación.

La biomasa seca de la planta de frambuesa tratadas con diferentes concentraciones de P; como la materia seca de hojas (MSH), materia seca del tallo (MST), materia seca de raíz (MSR), materia seca total (MSTo) obtuvieron un efecto altamente significativo (Cuadro 5).

Se obtuvo menor MSH en plantas nutridas con 1.5 meq L<sup>-1</sup> de P en la solución nutritiva, pues superior o inferior a esta concentración de P la MSH fue mayor. Las plantas irrigadas con 1.0 y 2.0 meq L<sup>-1</sup> de P en las soluciones registraron un incremento en la MST, MSR y MSTo en comparación a las demás concentraciones diferentes a estas (Cuadro 5).

Por su parte Alvarado et al. (2009) reporta que, la adicción de P incremento significativamente la producción de Biomasa aérea, siendo superiores a todos los tratamientos comparados. También menciona que en la biomasa total del cultivo fue superior cuando se aplicó la mayor dosis de fertilizante, 300 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Por otra parte, Gonzales et al. (2020) menciona que se observaron diferencias para la variable de biomasa seca, el tratamiento con 1.5 meq L<sup>-1</sup> de P fue la mayor producción de materia seca es atribuida a la mayor producción de fruto que se registró en el cultivo sin suelo en plantas de chile.

Cuadro 5. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido fosfórico en la biomasa de las plantas de frambuesa cv. Adelita.

| <b>Fósforo<br/>(meq L<sup>-1</sup>)</b> | <b>Materia seca<br/>de hojas (g)</b> | <b>Materia seca<br/>del tallo (g)</b> | <b>Materia<br/>seca raíz<br/>(g)</b> | <b>Materia<br/>seca total<br/>(g)</b> |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>0.5</b>                              | 104.05a                              | 53.65ba                               | 56.45b                               | 214.00b                               |
| <b>1</b>                                | 107.20a                              | 59.30a                                | 72.27a                               | 238.75a                               |
| <b>1.5</b>                              | 86.02b                               | 43.22c                                | 52.95b                               | 182.00c                               |
| <b>2</b>                                | 113.20a                              | 59.10a                                | 60.30ba                              | 232.75a                               |
| <b>2.5</b>                              | 104.60a                              | 51.75b                                | 49.85 b                              | 206.00b                               |
| <b>ANVA p≤</b>                          | <0.0001                              | <.0001                                | 0.0013                               | <0.0001                               |
| <b>CV (%)</b>                           | 4.25                                 | 4.74                                  | 9.8                                  | 3.16                                  |

Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al (p≤ 0.05). ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación.

En la calidad del fruto las variables evaluadas fueron diámetro ecuatorial del fruto (DEF), diámetro polar del fruto (DPF), peso del fruto (PF) y grados brix (°Brix) las cuales no tuvieron alguna diferencia significativa, a excepción del (Ren) el cual fue altamente significativo (Cuadro 6).

Las diferentes concentraciones de P aplicado influyeron de diferente manera en las variables evaluadas. Las plantas sometidas con una dosis de irrigación con una dosis de 2.0 y 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P aplicada en la solución nutritiva (Cuadro 6), reaccionaron de manera positiva en respuesta a todas las variables establecidas (Cuadro 6).

Alvarado et al., (2009) afirman que, los valores de rendimiento promedio de tubérculo por tratamiento encontrados en las parcelas a las que se les aplicó P, los valores del rendimiento se consideran altos para la zona de estudio.

Además, Freiling et al, (2022) afirman que los efectos son positivos en el rendimiento a con aplicación de P, ya que mencionan que obtuvieron un mayor rendimiento de grano en trigo y maíz.

Cuadro 6. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido fosfórico en la calidad y rendimiento del fruto de la planta de frambuesa cv. Adelita.

| <b>Fósforo (meq L-1)</b> | <b>Diámetro ecuatorial del fruto (mm)</b> | <b>Diámetro Polar del fruto (mm)</b> | <b>Peso del fruto (g)</b> | <b>Rendimiento (g)</b> | <b>°Brix</b> |
|--------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|--------------|
| <b>0.5</b>               | 22.36a                                    | 23.61a                               | 4.20a                     | 260.68b                | 11.97a       |
| <b>1</b>                 | 23.75a                                    | 23.07a                               | 4.90a                     | 235.81b                | 11.70a       |
| <b>1.5</b>               | 23.04a                                    | 24.61a                               | 5.60a                     | 234.71b                | 12.11a       |
| <b>2</b>                 | 23.30a                                    | 23.25a                               | 4.49a                     | 357.52a                | 11.74a       |
| <b>2.5</b>               | 23.25a                                    | 23.10a                               | 4.82a                     | 375.75a                | 12.16a       |
| <b>ANVA p≤</b>           | 0.2559                                    | 0.1497                               | 0.0843                    | <0.0001                | 0.3255       |
| <b>CV (%)</b>            | 3.54                                      | 3.9                                  | 14.05                     | 8.35                   | 3.07         |

Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al ( $p \leq 0.05$ ). ANVA= Análisis de variancia, CV= coeficiente de variación.

## V. CONCLUSIONES

Las concentraciones de 1 y 1.5 meq L<sup>-1</sup> de P promovieron un mayor desarrollo del tallo, mientras que una concentración de 2.5 meq L<sup>-1</sup> favoreció un incremento en el volumen de raíz. Además, se encontró que concentraciones de 1.0 y 2.0 meq L<sup>-1</sup> de P contribuyeron a un aumento en la biomasa seca total de la planta. Y con 2 y 2.5 meq L<sup>-1</sup> de P el rendimiento fue mayor. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la aplicación de fósforo en concentraciones específicas puede mejorar el crecimiento y rendimiento de las plantas de frambuesa, así como la calidad de sus frutos.

## VI. Bibliografías consultadas

**Alcántar G. 2007.** Nutrición de cultivos. 122-223 p.

**Alvarado, Iturriaga, Smyth, Ureña, Portuguez. 2009.** Efecto de la fertilización con fósforo sobre el rendimiento y la absorción de nutrientes de la papa en un andisol de Juan Viñas, Costa Rica. Obtenido de [redalyc.efecto de la fertilización con fósforo sobre el rendimiento y la absorción de nutrientes de la papa en un andisol de Juan Viñas, Costa Rica](#). Consultado el 11 de septiembre del 2023.

**Alvarado-R., Avitia-G., Castillo-G. 2016.** Producción de frambuesa 'Autumn Bliss' con diferentes densidades de caña en el valle de México. Recuperado de: [Producción de frambuesa 'Autumn Bliss' con diferentes densidades de caña en el Valle de México \(scielo.org.mx\)](#) Consultado el 14 de septiembre del 2023.

**Arce E. 2023.** Medición de la Evapotranspiración para determinar los riegos en sustrato de fibra de coco en el cultivo del arándano (*Vaccinium mytilus*), zarzamora (*Rubus ulmifolius*) y frambuesa (*Rubus idaeus*) mediante dos unidades meteorológicas. Obtenido de: [jose leonardo arce escobar.pdf \(tecnm.mx\)](#) Consultado el 11 de septiembre del 2023.

**Bascope J. 2013.** Realidad Productora de la Frambuesa EE.UU. Y México. Inteligencia Competitiva Del Sector Agroalimentario. [realidad productiva de la frambuesa en EEUU y México.pdf \(chilealimentos.com\)](#) Consultado el 14 del 2023.

**Fernández M. 2007.** Fósforo amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. Consultado el 14 de septiembre del 2023.

**Fertiblox. 2019.** El fósforo y su importancia en el crecimiento vegetal. Recuperado de: <https://www.fertiblox.net/single-post/fosforo-agricultura>. Consultado el 14 de septiembre del 2023.

**Freiling., Thcher., Schmidhalter. 2022.** Factors influencing phosphorus placement and effects on yield and yield parameters: A meta-analysis. Obtenido de: [Factors influencing phosphorus placement and effects on yield and yield parameters: A meta-analysis - ScienceDirect](#)

**García P., García M., Quito M. 2018.** Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Chenopodium quinoa Willd.* Obtenido de: [Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas d...: EBSCOhost](#). Consultado el 14 de septiembre del 2023.

**García R., Gonzáles L., Ciordia A. 2014.** El Cultivo Del Frambueso. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). [El-cultivo-del-frambueso.pdf \(researchgate.net\)](#). Consultado el 20 de septiembre del 2023.

**Gavilán, P.; Ruiz, N.; Lozano, D. 2019.** Respuesta al riego de un cultivo de arándano en la provincia de Huelva. Consejería de la agricultura, ganadería, pesca y desarrollo sostenible. Obtenido de: [\(PDF\) Respuesta al riego de un cultivo de arándano en la provincia de Huelva \(researchgate.net\)](#). Consultado el 1 de octubre del 2023.

**Gebrim, F., R. Novais, I. Silva, F. Schulthais, L. Verguts, L. Procópio, G. Jesus. 2010.** Mobility of inorganic and organic phosphorus forms under different levels of phosphate and poultry litter fertilization in soils. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 34(4): 1195-1205.

**Gong Z. China Agricultural University, China. 2021.** Root developmental responses to phosphorus nutrition. Obtenido de: [Root developmental responses to phosphorus nutrition - Liu - 2021 - Journal of Integrative Plant Biology - Wiley Online Library](#).

**Gonzales F., Jimenez L., Sandoval R., Hernandez P., Meandro M., Preciado R. 2020.** Efecto de enmiendas minerales sobre el contenido mineral y antioxidantes en frutos de frambuesa. Obtenido de: [Efecto de enmiendas](#)

[minerales sobre el contenido mineral y antioxidantes en frutos de frambuesa \(scielo.org.mx\)](#). Consultado el 5 de octubre del 2023.

**Goykovic C. Saavedra R. 2007.** Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y practicas agronómicas de su manejo. Obtenido de: [algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo \(scielo.cl\)](#). Consultado el 14 de septiembre del 2023.

**Guzmán-S., García-M., Muratalla-L., García-D., Mora-F., 2004.** Análisis de Precios de la Frambuesa Roja (*Rubus idaeus L.*) Producida en el Valle de Bravo, México. Recuperado de: [preditor,+Coordinador+de+producción,2004-sep-oct-art-11.pdf](#). Consultado el 11 de septiembre del 2023.

**INTAGRI. 2017.** Cultivo De La Frambuesa. Serie Frutillas Núm. 13. Artículos técnicos de INTAGRI. México. El Cultivo de la Frambuesa | Intagri S.C. Consultado el 22 de octubre del 2023.

**Lyndad. 2018.** Taxonomía vegetal de la frambuesa. Recuperado de: [Taxonomía vegetal : Frambuesa \(danyenede.blogspot.com\)](#). Consultado el 22 de octubre del 2023.

**Manejo integral del suelo y nutrición vegetal. 2012.** pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Obtenido de: [pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf \(bioedafologia.com\)](#). Consultado el 14 de septiembre del 2023.

**Mercedes H., 2020.** Importancia del fósforo en el incremento de la producción, en cultivos de ciclo corto. Obtenido de: [E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000226.pdf](#). Consultado el 22 de octubre del 2023.

**Merlet B., Navarro V., Rosales J. 2016.** Manual Técnico Productivo y Económico Frambuesa. Zonificación de aptitud productiva de frutales y Berries en la región de la Araucanía. Obtenido de: [PC18916.pdf \(ciren.cl\)](#). Consultado el 22 de octubre del 2023.

- Morales A.C.G., Riquelme S. J., Hirzel C.J. France I.A. 2017.** Manual del manejo agronomico del frambueso. Instituto de Desarrollo Agropecuario-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA. Santiago, Chile. P 16-16.
- Moreno R. 2007.** Elementos nutritivos. Asililacion, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos. Obtenido de: [Elementos Nutritivos. Asimiliacion, Funciones, Toxicidad E Indisponibilidad ... - Alejandro Moreno Resendez - Google Libros](#). Consultado el 22 de octubre del 2023.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, C. 2013.** Tabla de composición de alimentos. Sociedad Española de Nutrición. Editorial pirámide 16°ed.
- Muratalla-Lúa. 2018.** La producción de frambuesa y zarzamora en México. Recuperado de: [Vista de La producción de frambuesa y zarzamora en México \(revista-agroproductividad.org\)](#). Consultado el 20 octubre del 2023.
- Nieves G., Alejo S., Luna E., Lemus F., Juárez L., Salcedo P. 2015.** Extracción y requerimiento de fosforo en chile habanero (*Capsicum chinense*.) “Big broder”. Obtenido de: [09-5288-\(C\) ALEJO\(7\).indd \(uan.mx\)](#). Consultado el 25 de octubre del 2023.
- Parra Q., Ramírez L., Jacobo C., Arreola A. 2007.** Fenología de la frambuesa Roja ‘Autumn Biliss’ en Guerrero State, México. Rev. Chapingo Serie Horticultura vol.14 no.1 Chapingo ene./abr. 2008. [Fenología de la frambuesa roja 'Autumn Bliss' en Guerrero, Chihuahua, México \(scielo.org.mx\)](#). Consultado el 11 de septiembre del 2023.
- Restrepo G., Marulanda M., Diaz A., Lucia V. 2015.** Bacterias solubilizadoras del fosforo y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. Consultado el 25 de octubre del 2023.
- Ríos, G. 2016.** Producción y comercialización del cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus L.*) en el municipio de Pénjamo, Guanajuato. Obtenido de: [K 64408 Ríos Gómez, María de la Luz.pdf \(uaaan.mx\)](#) Consultado el 22 de octubre del 2023.

- Rosas-Rojas, M. A. 2021.** Regeneración in vitro y descripción morfológica de genotipos de frambuesa (*Rubus idaeus L.*). Consultado el 30 de octubre del 2023.
- Rubio, R. 2002.** Conectando el fósforo del suelo con la planta. In: Simposio “Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 16: 19-24.
- Salas C., Angulo-T. 2012.** Estudio de Factibilidad para la agro industrialización rural de la frambuesa (*Rubus Idaeus*) en Villapinzon Cundinamarca. Obtenido de: [viewcontent.cgi \(lasalle.edu.co\)](http://viewcontent.cgi (lasalle.edu.co)). Consultado el 11 de septiembre del 2023.
- Salazar S., Baca C., 1998.** Comportamiento Nutrimental de Frambuesa Roja Cultivada En Un Suelo Alcalino y Con Aspersiones Foliare de Urea, Mn y Zn. Terra Latinoamericana, vol. 16, núm. 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. [Redalyc.Comportamiento nutrimental de frambuesa roja cultivada en un suelo alcalino y con aspersiones foliars de urea, Mn y Zn](http://Redalyc.Comportamiento nutrimental de frambuesa roja cultivada en un suelo alcalino y con aspersiones foliars de urea, Mn y Zn). Consultado el 22 de septiembre del 2023.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2017.** Crece La Producción De Frambuesa en México. Recuperado de: [Crece la producción de frambuesa en México | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](http://Crece la producción de frambuesa en México | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)). Consultado el 5 de noviembre del 2023.
- Sequera., Ramírez. 2013.** Roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico y tiosulfato de amonio como fuente de fósforo para frijol en dos tipos de suelo. Obtenido de: [Roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico y tiosulfato de amonio como fuente de fósforo para frijol en dos tipos de suelo \(scielo.org\)](http://Roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico y tiosulfato de amonio como fuente de fósforo para frijol en dos tipos de suelo (scielo.org)). Consultado el 5 de noviembre del 2023.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011.** Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx>
- Simón., Peralta., Costa. 2013.** Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. Obtenido de: [Relación entre la](http://Relación entre la)

conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes (scielo.org.ar). Consultado el 5 de noviembre del 2023.

**Torres O. 2016.** Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. Acta agrícola y pecuaria. Consultado el 1 de octubre del 2023.

**Warrick, A& DR Nielsen. 1981.** Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel D. Practical Applications of Soil Physics: pp. 319-344.