

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE POTASIO
Y SU INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE FRESA (*Fragaria x ananassa*)**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Stalin Fabricio Tapia Carrera

TUTOR:

Ing. Agr. Alberto Gutiérrez Albán, Mg.

CEVALLOS, 2022

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE POTASIO Y SU
INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA
(*Fragaria x ananassa*)**

REVISADO POR:

.....
Ing. Agr. Alberto Gutiérrez Albán, Mg.
TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha

16/09/2022

.....
ING. MARCO PÉREZ SALINAS
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

16/09/2022

.....
ING. WALTER VELÓZ NARANJO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN

16/09/2022

.....
ING. LUIS VILLACIS ALDÁZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **STALIN FABRICIO TAPIA CARRERA**, portador de cédula de ciudadanía número: 1804338281, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE POTASIO Y SU INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa*)**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



STALIN FABRICIO TAPIA CARRERA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE POTASIO Y SU INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa*)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



STALIN FABRICIO TAPIA CARRERA

DEDICATORIA

Primero quiero agradecer a Dios por la sabiduría, la fuerza y el valor para llegar a cumplir esta difícil meta, que día a día se puso más difícil, pero no imposible de realizar, el día de hoy tengo la satisfacción de poder lograrlo.

A mi padre Rodrigo Tapia, mis hermanos Edison, Belén e Israel Tapia, a mi esposa Victoria Puca, mis hijos Arlette y Daniel Tapia y, de manera muy especial, a quien me sigue apoyando desde el cielo, mi madre Marlene Carrera. Todos han sido pilares fundamentales de mi desarrollo estudiantil para llegar a donde estoy, ya que, con sus palabras de aliento, sus consejos y ejemplo de garra, lucha incansable, sin perder la fe me motivaban a seguir adelante en este duro pero hermoso proceso. Madre guerrera y fuerte, sé que en el lugar hermoso en el cual está, estará festejando esta meta junto a mí, meta que un día te prometí que alcanzaría y como usted siempre me recordaba, todo a su debido tiempo.

A mi familia que han sabido apoyarme e impulsarme para llegar a ser un profesional de bien, siempre teniendo en mente la humildad y la perseverancia porque el que persevera alcanza.

A mis amigos, compañeros y docentes que con su sabiduría me supieron apoyar de una u otra manera a alcanzar mis metas, que si fuera fácil todos estarían aquí.

Así también a todas las personas que creyeron en mí y confiaron que llegaría este día y que los caminos difíciles conducen a destinos hermosos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y salud para lograr una de mis metas en esta etapa, la cual no será el final del camino.

A mis padres, mis hermanos quienes siempre confiaron en que lo lograría y por toda la dedicación brindada.

A mi esposa e hijos, ellos son el motor que me impulsa cada día a dar lo mejor de mi para salir adelante.

A mis abuelitos quienes siempre estuvieron a mi lado de una u otra forma. También a mis tíos, primos, amigos que en momentos de adversidad e inmenso dolor me apoyan e incentivan a seguir adelante en mi vida profesional.

A la universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias que años atrás me permitió ingresar a su institución para formarme académicamente y llegar a ser un profesional de la Republica del Ecuador.

A todos los docentes de mi Facultad, a mi tutor, Ing. Alberto Gutiérrez, Mg., quien ha sabido compartir su sabiduría y por la paciencia que día a día ha demostrado en toda nuestra formación como colegas de alto nivel, ya que sin sus enseñanzas no hubiese podido llegar al final de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	2
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general: 4	
1.2.2. Objetivos específicos:5	
1.3. Categorías fundamentales.....	5
1.3.1. El cultivo de fresa 5	
1.3.2. Sistemas de producción 8	
1.3.3. Principales enfermedades 8	
1.3.4. La fertilización foliar 9	
1.3.5. La fertilización potásica 10	
1.3.6. Productos fertilizantes usados 11	
CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA	13
2.1. Ubicación del experimento.....	13
2.2. Material experimental	13
2.3. Materiales y equipos.....	13
2.3.1. Equipos de laboratorio y de campo 13	
2.3.2. Materiales de oficina 13	
2.4. Factores de estudio.....	14

2.5.	<i>Tratamientos</i>	14
2.5.1.	<i>Productos</i>	14
2.5.2.	<i>Dosis</i>	14
2.6.	<i>Diseño experimental</i>	15
2.8.	<i>Esquema de la disposición del ensayo</i>	16
2.9.	<i>Variables respuesta</i>	17
2.9.1.	<i>Número de frutos cosechados por planta por categorías</i>	17
2.9.2.	<i>Peso del fruto por categorías y peso total</i>	17
2.9.3.	<i>Firmeza del fruto</i>	17
2.9.4.	<i>Rendimiento</i>	17
2.9.5.	<i>Calidad de fruto</i>	17
2.10.	<i>Procesamiento de la información</i>	18
CAPÍTULO III.....		19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		19
3.1.	<i>Número de frutos</i>	19
3.3.	<i>Número de frutos de acuerdo con el diámetro ecuatorial</i>	20
3.4.	<i>Grados Brix</i>	23
3.5.	<i>Rendimiento</i>	23
CAPÍTULO IV.....		28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		28
4.1.	<i>Conclusiones</i>	28
4.2.	<i>Recomendaciones</i>	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		30
Anexo 2. Número de frutos por efecto del tipo de fertilización.....		¡Error!
Marcador no definido.		
Anexo 3. Diámetro ecuatorial del fruto.....		¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4. Grados Brix		¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5. Rendimiento		¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de fresa y participación porcentual de los principales países productores	6
Tabla 2. Conformación de los tratamientos de acuerdo con los factores en estudio considerados en la investigación.....	15
Tabla 3. Numero de frutos de fresa por efecto del tipo de fertilización	19
Tabla 4. Variación del tamaño de fruto de fresa por efecto del tipo de fertilización.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área cosechada (A) y rendimiento (B) de fresa en los principales países productores a nivel mundial.....	8
Figura 2. Variación del número de frutos de acuerdo con las categorías definidas por el diámetro ecuatorial en los diferentes tratamientos de fertilización. (Categoría 1= Diam. Ec. de 4-5 cm; categoría 2= Diam. Ec. de 3-4 cm; categoría 3= Diam. Ec. de 2-3 cm; categoría 4= frutos deformes).....	23
Figura 3. Variación de los grados Brix en las diferentes categorías de los frutos de fresa por efecto del tipo de fertilización	24
Figura 4. Rendimiento en plantas de fresa por efecto del tipo de fertilización	24

RESUMEN

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa*) ha experimentado una significativa expansión a nivel mundial debido tanto al valor de la producción como al valor nutritivo, sin embargo, los niveles de producción en Ecuador son relativamente bajos con relación al promedio mundial. Aun cuando la literatura sobre la importancia de macronutrientes como el potasio en el cultivo es escasa, se sabe que el cultivo necesita que sea provisto de cantidades suficientes de manera de satisfacer la demanda fotosintética y un adecuado crecimiento de los frutos. En este sentido, en el presente estudio se evaluó el efecto de la fertilización con potasio aplicado de manera foliar sobre el número, tamaño y calidad del fruto en el cultivo de fresa. Para ello se evaluaron tres dosis (5, 10 y 15 g/l) de dos fertilizantes foliares (Engrosan K3000 y Agromax K50) y fue comparado con la fertilización convencional usada en fresa. Se obtuvo un mayor número de frutos en plantas tratadas con Agromax K50 a la dosis de 10 g/l, lo cual resultó ser 6,74 y 18,44% mayor que con las dosis de 5 y 15 g/l del mismo producto, mientras que con respecto al producto Engrosan K-300, fue 23,38; 13,34 y 14,99% mayor a las dosis de 5, 10 y 15 g/l, respectivamente. Así mismo, el rendimiento estimado fue significativamente mayor con Agromax K50 a la dosis de 10 g/l con respecto al resto de los tratamientos. La firmeza del fruto fue afectada tanto por el tipo de producto como la dosis aplicada, siendo significativamente mayor en frutos obtenidos de plantas tratadas con Agromax K50 a las diferentes dosis, con valores de 2,83 a 3,02 kg/cm² en frutos de las categorías 2 y 3. Finalmente, los grados Brix no fue afectado por el producto de fertilización y dosis aplicada, por lo que en general varió desde 9,2 hasta 12,2 °Bx. Con base en los resultados, se recomienda el uso de Agromax K50 en la fertilización de plantas de fresa con fin de obtener mejor calidad de la cosecha y mayor rendimiento.

Palabras clave: calidad del fruto, fertilización potásica, fresa, rendimiento.

ABSTRACT

Strawberry (*Fragaria x ananassa*) crop has experienced a significant expansion worldwide due to both the value of production and the nutritional value, however, production levels in Ecuador are relatively low in relation to the world average. Although literature on the importance of macronutrients such as potassium in this crop is still scarce, it is known that the strawberry requires to be provided with quantities enough to satisfy the photosynthetic demand and an adequate growth of the fruits. In this sense, in the present study the effect of potassium fertilization applied via foliar on the number, size and quality of strawberry fruits was evaluated. For this, three doses (5, 10 and 15 g/l) of two foliar fertilizers (Engrosan K3000 and Agromax K50) were evaluated and compared with the conventional fertilization used in strawberry. A greater number of fruits was obtained in plants treated with Agromax K50 at a dose of 10 g/l, with which were obtained 6.74 and 18.44% higher than with the doses of 5 and 15 g/l of the same product, while with respect to the Engrosan K-300 product, it was 23.38, 13.34 and 14.99% higher than the doses of 5, 10 and 15 g/l, respectively. Similarly, estimated yield was significantly higher with Agromax K50 at a dose of 10 g/l compared to the rest of the treatments. The firmness of the fruit was affected by both the type of product and the dose applied, being significantly higher in fruits obtained from plants treated with Agromax K50 at the different doses, with values from 2.83 to 3.02 kg/cm² in fruits from categories 2 and 3. Finally, the Brix degrees were not affected by the fertilizer type and the applied dose, so they generally ranged from 9.2 to 12.2 °Bx. Based on the results, the use of Agromax K50 in the fertilization of strawberry plants is recommended in order to obtain better quality of the harvest and higher yield.

Keywords: fruit quality, potassium fertilization, strawberry, yield.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa*) ha experimentado una significativa expansión a nivel mundial debido tanto al valor de la producción como al valor nutritivo, siendo los principales países productores China, Estados Unidos, Egipto, México, Turquía y España, los cuales son responsables del 37,5; 11,9; 6,7; 6,3; 6,2 y 3,1 % de la producción mundial, mientras que Brasil, Federación Rusa, Polonia y Marruecos en conjunto producen en 8,7% (Banaeian et al., 2011; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

En Ecuador, la superficie sembrada y el rendimiento han mostrado un ligero incremento desde 2018 al 2022 de 98 a 100 ha y de 143878 a 144400 t/ha, respectivamente, sin embargo en ese mismo período se observó una disminución de la producción del 3,6% (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). En un estudio hecho en la India, Prakash et al. (2018) encontraron que los principales problemas enfrentados en la producción de fresa fueron altos costos de producción, ataque de plagas y enfermedades, escasez de mano de obra, susceptibilidad a las condiciones climáticas, entre otras, pero los problemas de fertilización no fueron incluidos.

Sin embargo, de acuerdo con Lantz et al. (2010), aparte de una buena selección del tipo de planta, fecha de siembra, la variedad y la densidad de siembra, el plan de fertilización también debe ser considerado para asegurar la salud de la planta y consecuentemente un buen tamaño de fruto y máximos rendimientos. De acuerdo con Saygi (2022), el principal factor a ser considerado en la producción agrícola es el rendimiento y para ello, el uso de los fertilizantes químicos son básicamente usados para asegurar buenos niveles de producción y rendimiento, pero los altos costos de producción y ambientales requieren que estos sean usados de manera racional.

En el caso de la fresa, aun cuando la literatura especializada sobre la importancia de macronutrientes en el cultivo es escasa se sabe que debido a su alta

velocidad de desarrollo el cultivo necesita que sea provisto de cantidades suficientes de los macronutrientes primarios de manera de satisfacer la demanda fotosintética y un adecuado crecimiento de los frutos (Li et al., 2010). Aparte del nitrógeno y fósforo, el potasio también es importante en el cultivo puesto que favorece la calidad de los frutos y aumenta los contenidos de sólidos solubles totales y ácido ascórbico, además de mejorar el aroma, sabor, color y firmeza de los frutos (Medeiros et al., 2015). En tal sentido, Rodas et al. (2013) demostraron que las propiedades fisicoquímicas de frutos de fresa cultivar 'Aromas' fueron mejoradas por la aplicación combinada de nitrógeno y potasio mediante fertiirrigación.

Dada la importancia de la fertilización con los macronutrientes primarios, en especial del potasio sobre el rendimiento y calidad del fruto de fresa en el presente estudio se evaluó el efecto de la fertilización con potasio aplicado de manera foliar sobre el número, tamaño y calidad del fruto en el cultivo de fresa.

1.1. Antecedentes Investigativos

El potasio es considerado un macronutriente importante en el cultivo de la fresa debido a que este cumple un papel preponderante en el mejoramiento de la calidad del fruto aroma, medida en términos de sabor, color y firmeza de los frutos, además del incremento en el contenido de sólidos solubles totales (Pettigrew, 2008). Sin embargo, las características de absorción de fertilizantes en plantas de fresa no están claras, aunque definitivamente es necesaria una fertilización adecuada para garantizar la calidad y cantidad del producto (Ikegaya et al., 2020).

Preciado-Rangel et al. (2020) estudiaron el efecto del nitrógeno (NO_3^-) y potasio (K^+) y sus interacciones sobre el rendimiento y la calidad del fruto de fresa cultivadas para lo cual se usó una solución compuesta por micronutrientes basada en una Solución Universal de Nutrientes de Steiner modificada con 4 niveles de K^+ (5, 7, 9 y 11 mol/m^3) y 3 niveles de NO_3^- (9, 12 y 15 mol/m^3). Los mejores demostraron que, aunque el mayor rendimiento fue obtenido con la solución que contenía 15 mol/m^3 de NO_3^- , los frutos tuvieron baja calidad, mientras que con la solución con 11 mol/m^3 de K^+ se obtuvo buen rendimiento y calidad de los frutos. Los autores concluyen que el aumento de la concentración de NO_3^- produjo un mayor rendimiento de fresas,

mientras que una mayor concentración de K^+ mejoró la calidad del fruto, reafirmando así la importancia de los nutrientes para eficientizar el rendimiento del cultivo.

En vista de la importancia del nitrógeno, fósforo, potasio y el riego sobre el rendimiento y la calidad del fruto de fresa, Wu et al. (2020) probaron cinco niveles de cada una de las cuatro variables (fertilizantes de N, P y K y agua) para optimizar la combinación de fertilización y agua para un alto rendimiento y calidad, esta medida en términos de la relación entre el contenido de sólidos solubles y el ácido titulable (SSC/TA). Los resultados mostraron que el potasio junto con el nitrógeno tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento, siendo clasificado el efecto sobre el rendimiento y la relación SSC/TA de la siguiente manera $N > \text{agua} > K > P$ y $N > P > \text{agua} > K$, respectivamente, con una combinación óptima de 22,28–24,61 g/planta $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 1,75–2,03 g/planta NaH_2PO_4 , 12,41–13,91 g/planta K_2SO_4 y 12,00–13,05 L de agua/planta para rendimientos de más de 110 g/planta y una relación SSC/TA de 8,5–14.

Este estudio tuvo como objetivo determinar las cantidades de macro y micronutrientes absorbidos durante el cultivo de fresas y su distribución y utilización por la planta, Ikegaya et al. (2020) determinaron las cantidades de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo absorbidas durante y en el final del cultivo de fresas japonesas 'Benihoppe' y 'Kirapika'. Los resultados revelaron que las concentraciones de nutrientes variaron de acuerdo con el órgano de la planta, pero en particular, P y B se acumularon en altos niveles en las hojas y el tallo, mientras que K, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu se acumularon en la corona, y N, Fe y Mo se acumularon en las raíces. Además, se observó que los niveles de absorción de N, P, K, Mg, Mn, Zn y Cu diferían entre Benihoppe y Kirapika, siendo mayor el contenido de C, P, K, Ca, Mg, Mn, B, Zn y Mo en hojas y tallos de Benihoppe, así como los niveles de C, P, Mn, Zn y Cu, mientras que los niveles de Ca y Mo fueron mayores en Kirapika.

Samtani et al. (2020) realizaron un estudio de campo con el objetivo de evaluar el efecto de los nutrientes suplementarios, además de las prácticas estándar de fertirrigación sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de fresas cv. Chandler en plasticultura. Los tratamientos incluyeron: una mezcla secundaria de macro y micronutrientes aplicada a la raíz (0-0-0) + aplicaciones foliares de nutrientes (6-4-3);

aplicaciones foliares de nutrientes (6-4-3) y tratamiento control. Las aplicaciones foliares fueron hechas fraccionadas, con un 30 % aplicado al momento de la floración y cada 7 a 14 días a medida que comenzaba la cosecha frecuente. Los autores no observaron diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento, tamaño de fruto, firmeza o contenido de sólidos solubles totales.

Rodas et al. (2013), en un experimento llevado a cabo en Brasil, evaluaron el efecto del nitrógeno y el potasio aplicados mediante fertirrigación sobre los parámetros de calidad del fruto de fresa (propiedades químicas y los índices de color externo), bajo condiciones de campo. En este ensayo probaron el efecto de cuatro niveles de nitrógeno (100, 200, 300 y 400 kg/ha) y de potasio (150, 300, 450 y 600 kg/ha de K₂O) medido en plantas de fresa cultivar Aromas y demostraron que las propiedades físicas y químicas, como el color externo, la acidez titulable, el pH y los sólidos solubles, fueron influenciadas por las dosis combinadas de N y K.

Por otro lado, el uso de cantidades de potasio no ajustadas al rango recomendado puede ocasionar daños, especialmente en frutos, tal como lo reporta Andriolo et al. (2010), al evaluar los efectos del Ca y K en la calidad del fruto y demostraron que el aumento de la concentración de potasio en la solución nutritiva provocó disminución en el crecimiento, la producción y la calidad organoléptica de los frutos de fresa.

Adicionalmente, de Sousa et al. (2014) corroboraron el efecto negativo de dosis inadecuadas de potasio al demostrar que el peso promedio y porcentaje de frutos de la variedad 'Oso Grande' fueron negativamente afectados por el exceso de potasio en el suelo y además observaron la reducción en el rendimiento en los cultivares 'Oso Grande' y 'Verão' por efecto del aumento de las dosis de fertilización con potasio.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

Evaluar la aplicación foliar de potasio y su incidencia en el rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*).

1.2.2. *Objetivos específicos:*

- Seleccionar el producto adecuado a base de potasio que mejore las propiedades físicas y químicas del fruto.
- Determinar la dosis y el producto apropiado que influya en una alta producción por categorías.
- Evaluar el nivel de producción del cultivo de fresa post desarrollo entre tratamientos

1.3. **Categorías fundamentales**

1.3.1. *El cultivo de fresa*

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) pertenece a la familia Rosácea que apreciada y producida en diferentes regiones del mundo gracias a su gran diversidad genética que han permitido la obtención de numerosas variedades e híbridos que le ha conferido un amplia adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, lo que la convierte en la especie del grupo de los frutos pequeños con mayor valor económico (de Sousa et al., 2014). A diferencia de otros miembros de la familia Rosaceae (manzana, ciruela, pera y otros), la fresa tiene frutos no climatéricos, ya que la maduración de la fruta es casi independiente de la biosíntesis de etileno y la mayoría de los miembros del género *Fragaria* se caracterizan por poliploides, la fresa cultivada es un híbrido octoploide (8n) que contiene 56 cromosomas desarrollado por el cruce exitoso entre la fresa chilena (*Fragaria chiloensis*) y la fresa del prado (*Fragaria virginiana*) (Azam et al., 2019).

Las fresas son populares entre los consumidores en casi todas partes del mundo y el aumento constante en la producción mundial se debe a la adaptabilidad de la especie, que se puede cultivar en cualquier clima, desde clima templado frío hasta condiciones subtropicales y a la iniciativa de productores, agrónomos en conjunto con los científicos para el desarrollo de una variedad de sistemas de producción para adaptarse a las condiciones locales (Simpson, 2018).

La fresa es comercialmente producida en 77 países y la producción mundial superó los 8,8 millones de toneladas en 2020, tras un aumento del 14,3% con respecto a la producción del 2013, siendo China y Estado Unidos los principales países productores y son responsables del 37,5 y 11,9% de la producción mundial, seguidos de Egipto, México, Turquía, España, Brasil, Federación de Rusia, Polonia y Marruecos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022) (Tabla 1).

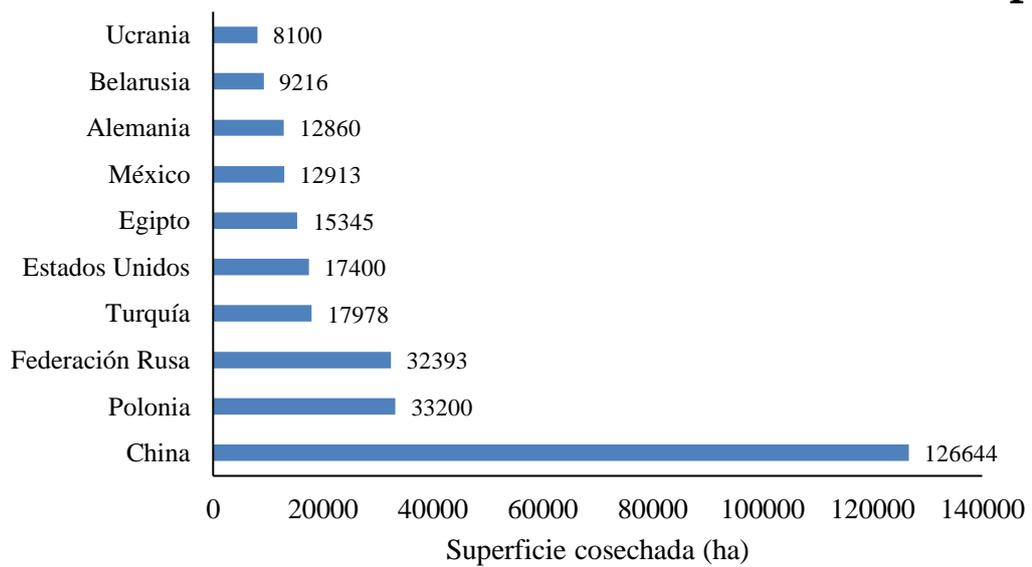
Tabla 1. Producción de fresa y participación porcentual de los principales países productores

País	Producción (t)	Porcentaje de la producción mundial
China	3326816	37,54
Estados Unidos	1055963	11,92
Egipto	597029	6,74
México	557514	6,29
Turquía	546525	6,17
España	272550	3,08
Brasil	218881	2,47
Federación de Rusia	218400	2,46
Polonia	167300	1,89
Marruecos	166955	1,88
Japón	163735	1,85
República de Corea	163646	1,85
Alemania	152180	1,72
Reino Unido	129633	1,46
Italia	121790	1,37
Grecia	84220	0,95
Países Bajos	77570	0,88
Bielorrusia	77059	0,87
Irán	64969	0,73
Australia	59006	0,67

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022)

En cuanto a la superficie sembrada, para 2020 existían 384.668 ha a nivel mundial con la mayor área en China (32,92%), Polonia (8,63%), Federación Rusa (8,42%), Turquía (4,67%), Estados Unidos (4,52%), Egipto (3,99%), México (3,36%), Alemania (3,34%) Bielorrusia (2,40%) y Ucrania (2,11%) (Fig. 1A). Así, en el 2020 los mayores rendimientos se registran Estados Unidos, Países Bajos, Marruecos, Grecia, Israel, Albania, Kuwait, México, Brasil y Egipto, con valores que van desde 606.875 a 389.071 hg/ha (Fig. 1B).

A



B

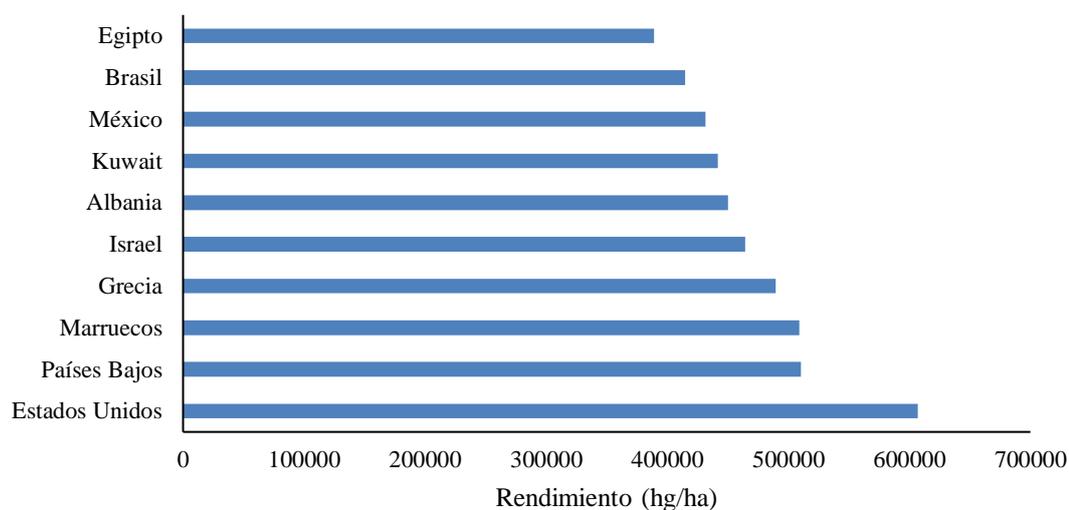


Figura 1. Área cosechada (A) y rendimiento (B) de fresa en los principales países productores a nivel mundial

1.3.2. *Sistemas de producción*

Por lo general la fresa se cultiva como cultivo anual, principalmente en pequeñas operaciones familiares, ya sea a campo abierto, en camas elevadas con acolchado, o más recientemente también bajo cultivo protegido (Agehara et al., 2020). Para evitar la acumulación excesiva de calor durante el establecimiento, los productores instalan mantillo plástico blanco sobre negro o plateado sobre negro antes de plantar o instalan mantillo plástico negro entre 30 y 40 días después de la siembra (Agehara et al., 2020).

1.3.3. *Principales enfermedades*

Al igual que otros cultivos comerciales, las plantas de fresa pueden ser afectadas por factores ambientales, genéticos y biológicos, ya sea directamente o por interacciones entre estos factores y entre los problemas sanitarios de la fresa provocan importantes pérdidas económicas que alcanzan cientos de millones de dólares/año por el ataque de artrópodos, nematodos, hongos, bacterias y virus (Garrido et al., 2016).

Más de 50 especies diferentes de hongos fitopatógenos pueden infectar cultivares de *F. × ananassa*, incluyendo *Colletotrichum acutatum*, *Botrytis cinerea* y *Phytophthora* spp., *Phytophthora fragariae*, *Verticillium dahliae*, *Verticillium albo-atrum* y *Fusarium oxysporum* (Garrido et al., 2016).

Entre los principales artrópodos plaga que afectan la producción de fresas incluyen el ácaro araña de dos manchas (*Tetranychus urticae*), trips (*Frankliniella* spp. y *Scirtothrips* spp.), gusanos cogolleros, insectos perforadores de raíces y muchos hemípteros diferentes que causan lesiones en la hoja y la fruta de la fresa, entre las cuales se incluyen *Lygus hesperus*, y la chinche de las semillas *Neopamera bilobata* (Liburd y Rhodes, 2019).

1.3.4. La fertilización foliar

La comprensión de las propiedades químicas del suelo es importante debido a su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la cual puede ser modificada mediante el uso de algún tipo de fertilizantes para satisfacer las necesidades de las plantas para lograr un crecimiento normal y completar su ciclo de vida (Savoy, 2019).

De acuerdo con Savoy (2019), los análisis de suelo sirven como base para reponer las necesidades de los cultivos con base en el tipo de enmiendas (tipos específicos de fertilizantes) y la cantidad necesaria para obtener el mayor rendimiento en función a la inversión hecha.

La aplicación de fertilizantes de forma edáfica es considerado el método más común para suministrar nutrientes esenciales a las plantas que son absorbidos por las raíces de las plantas, sin embargo, las plantas superiores también pueden absorber nutrientes minerales por vía foliar en concentraciones apropiadas (Fageria et al., 2009). Así, la aplicación foliar de nutrientes específicos es un método utilizado para mejorar la eficiencia del uso de fertilizantes y aumentar los rendimientos que ha aumentado su popularidad en las últimas décadas (Oosterhuis, 2009).

La fertilización foliar se considera una técnica de suministro de nutrientes, tanto macro como micronutrientes, mediante la aplicación líquida directamente sobre

las hojas, debido a la capacidad de las plantas a través ya sea de los estomas y/o epidermis (Patil y Chetan, 2018).

Para que la planta aproveche un nutriente aplicado por vía foliar se requiere que el fertilizante ingrese a la hoja atravesando efectivamente la cutícula externa y la pared de la célula epidérmica subyacente para así alcanzar el citoplasma de una célula en la hoja y posteriormente, la absorción de nutrientes por la célula es similar a la absorción por las raíces (Patil y Chetan, 2018). Este tipo de aplicación se hace cuando las condiciones del suelo limitan la disponibilidad de nutrientes aplicados al suelo, cuando puedan ocurrir altas tasas de pérdida de nutrientes aplicados al suelo y cuando la etapa de crecimiento de la planta, la demanda interna de la planta y las condiciones ambientales interactúan para limitar el suministro de nutrientes a los órganos críticos de la planta (Fernández y Brown, 2013).

1.3.5. La fertilización potásica

Una alternativa viable para reducir estas pérdidas y mejorar la calidad del producto es el uso de fertilización potásica, puesto que este elemento interviene en el metabolismo de los carbohidratos, influyendo directamente en el rendimiento y en el mantenimiento de la turgencia de la hoja, debido a que actúa en el transporte de los azúcares y en el equilibrio electroquímico de la planta (Andriolo et al., 2010). En la planta, el K^+ está presente en concentraciones que oscilan entre 50 y 150 mM en el citoplasma celular, mientras que en la vacuola la concentración puede variar sustancialmente.

El papel del K^+ en la actividad fotosintética y el crecimiento de las plantas es fundamental y complejo puesto que implica múltiples mecanismos directos e indirectos. Así, la fertilización con las dosis adecuadas de K^+ mejora la asimilación fotosintética, la absorción de nutrientes, mantiene la turgencia de la hoja y por otra parte, tiene un papel fundamental en el control de la apertura de los estomas, permitiendo flujos adecuados de gas y agua (Andrés et al., 2014; Sustr et al., 2019).

También, el potasio en concentraciones dentro de los cloroplastos interviene en la estructuración de la lámina del estroma lo que mantiene su integridad y mejora

la eficiencia de absorción de luz, por lo que la deficiencia de K^+ afecta drásticamente la biosíntesis y la actividad de rubisco (Zahoor et al., 2017). Además, el potasio actúa en el transporte y movimientos de los ribosomas, que influyen en las tasas de síntesis de proteínas (Jákli et al., 2017).

Además de afectar directamente el control de la presión osmótica, la concentración de K^+ está involucrada en procesos indirectos de control de la homeostasis de las células vegetales, puesto que las células epidérmicas dependen de los iones inorgánicos (principalmente K^+) para el ajuste osmótico y esta influencia es mucho mayor en las células del mesófilo (González et al., 2002). También, el K^+ contribuye en gran medida al ajuste osmótico al comienzo del déficit hídrico, pero su función es superada por los osmolitos orgánicos con las transiciones de crecimiento, puesto que las plantas tienen la capacidad de redistribuir el K^+ absorbido entre los depósitos vacuolares y citosólicos para garantizar la homeostasis citosólica (Hamamoto y Uozumi, 2014; Nio et al., 2011).

En resumen, el K^+ tiene un papel clave en el mecanismo que controla el transporte de agua, metabolitos y nutrientes a través de los tejidos y órganos de las plantas; defensa de las plantas contra el estrés oxidativo; y mantenimiento de la homeostasis osmótica (Sardans y Peñuelas, 2021). De acuerdo con Prado (2008), potasio cumple una función importante en la formación de carbohidratos en las hojas y tiene un papel fundamental en la translocación de estos asimilados a las diferentes partes de la planta, especialmente a los frutos. Por otro lado, el exceso de potasio puede inhibir la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} , lo que a menudo conduce a una deficiencia de estos dos nutrientes. Este exceso tiende a inducir cambios en el peso del fruto y, en consecuencia, efectos negativos sobre el rendimiento y la calidad del fruto (Andriolo et al., 2010). Es importante señalar que el K^+ es el nutriente que más favorece la calidad de la fresa, aumenta los niveles de sólidos solubles totales y ácido ascórbico, mejora el aroma, sabor, color y firmeza de los frutos y además, confiere mayor longevidad a la planta, haciéndola más productiva durante más tiempo (Medeiros et al., 2015).

1.3.6. Productos fertilizantes usados

1.3.6.1. Engrosan K-300:

Es un fertilizante inorgánico que contiene fósforo (P_2O_5) 5 %, nitrógeno total (N) 15 % y potasio (K_2O) 30 % y es aplicado en forma foliar en papa, tomate riñón, maíz, arroz, rosa y a fresa.

1.3.6.2. Agromax K50:

Es un fertilizante foliar recomendado para ser aplicado en algodón, cereales, hortalizas y frutales, incluyendo fresa. Este producto incluye en su composición nitrógeno (4,0), fósforo (2,0), potasio (7,0), azufre (1,0), hierro (0,6), molibdeno (0,0075), zinc (0,1), manganeso (0,4), magnesio (0,04), cobre (0,007), boro (0,004) y cobalto (0,0027).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

La investigación fue conducida utilizando un cultivo de establecido de fresa en el Caserío La Libertad, parroquia Santa Rosa, ubicada en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Esta zona se caracteriza por presentar temperaturas entre los 11°C y 20°C, con una precipitación de 640 mm al año (AccuWeather, 2022).

2.2. Material experimental

El material vegetal utilizado para la investigación fue un cultivo de fresa con dos años de establecido.

2.3. Materiales y equipos

2.3.1. Equipos de laboratorio y de campo

- Bomba de mochila de 20 litros
- Balanza analítica
- Calibrador vernier
- Penetrómetro
- Refractómetro digital de mano,
- Balde
- Tarrinas

2.3.2. Materiales de oficina

- Libreta
- Computador
- Esfero
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Lápiz
- Borrador

- Escáner
- Hojas de papel bond.

2.4. Factores de estudio

El factor de estudio estuvo conformado por:

- a. Productos de aplicación de fertilizantes foliar ricos en potasio:
Engrosan K-300 (nitrógeno 15%; fósforo 5%; potasio 30%)
Agromax K50 (potasio 50% y aminoácidos 6%)
- b. Dosis de aplicación. 5, 10, 15 g/l

2.5. Tratamientos

2.5.1. Productos

P1: Engrosan K-300

P2: Agromax K50.

2.5.2. Dosis

D1: 5 g/l

D2: 10 g/l

D3: 15 g/l

Tratamiento control: manejo finca

Los tratamientos considerados se muestran en la tabla 2

Tabla 2. Conformación de los tratamientos de acuerdo con los factores en estudio considerados en la investigación

Tratamientos	Producto	Dosis	Unidad experimental
T ₀ (manejo finca)	Fertilización convencional		5 plantas/parcela
T ₁ : P1D1	Engrosan K-300	5 g/l	5 plantas/parcela
T ₂ : P1D2	Engrosan K-300	10 g/l	5 plantas/parcela
T ₃ : P1D3	Engrosan K-300	15 g/l	5 plantas/parcela
T ₄ : P2D1	Agromax K50	5 g/l	5 plantas/parcela
T ₅ : P2D2	Agromax K50	10 g/l	5 plantas/parcela
T ₆ : P2D3	Agromax K50	15 g/l	5 plantas/parcela

2.6. Diseño experimental

El estudio fue conducido en un diseño experimental completamente al azar con 6 tratamientos más un testigo (constituido por el manejo convencional de la finca) y con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por cinco plantas por tratamiento. Los tratamientos fueron analizados de acuerdo con un diseño factorial (número de frutos, firmeza del fruto, diámetro ecuatorial) siendo los factores el tipo de producto y las dosis usadas, mientras que la calidad del fruto fue analizado a través de un diseño de parcelas sub-sub-divididas, siendo la parcela principal representada por el producto, la subparcela por la dosis y la sub-subparcela por la categoría del tamaño de fruto.

Las variables evaluadas fueron sometidas a análisis de varianza (ADEVA) y aquellas que mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) fueron comparadas mediante prueba de medias según Tukey al 5%. La variable firmeza del fruto fue transformada por $y = \sqrt{x + 0.5}$ para satisfacer el cumplimiento de los supuestos estadísticos.

2.7. Manejo del experimento

Se usaron parcelas que constituyeron las unidades experimentales y constaron de cinco plantas de fresa de las cuales se consideró la planta central como unidad de observación para la toma de datos.

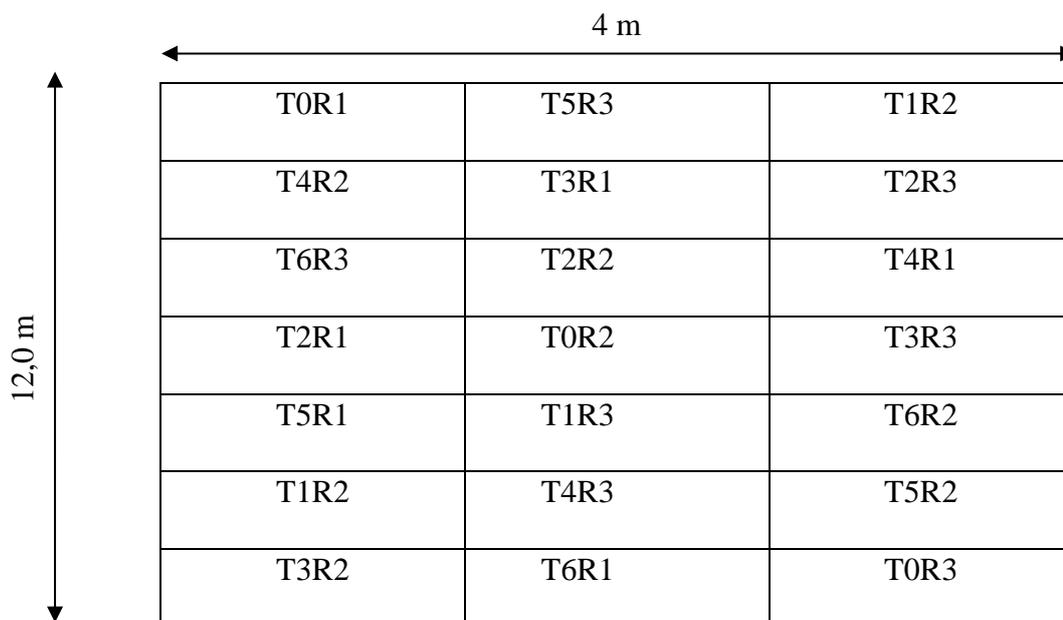
Las características del ensayo dentro del cultivo establecido se describen a continuación:

- Número de parcelas por tratamiento: 3
- Largo de la parcela: 12,0 m
- Ancho de la parcela: 1,0 m
- Área por parcela: 12,0 m²
- Número de plantas/tratamiento: 5
- Distancia entre plantas: 0,6 m
- Distancia entre hileras: 1,0 m
- Número total de parcelas: 30
- Superficie total del ensayo: 500,0 m²
- Superficie total de las parcelas: 450,0 m²
- Superficie de caminos: 50,0 m²
- Número de plantas a evaluar/parcela: 3

2.8. Esquema de la disposición del ensayo

El esquema de cada bloque se representa de la siguiente manera:

Bloque I



2.9. Variables respuesta

Para la caracterización del desempeño de variables agronómicas aplicando nutrientes foliares en estados de post floración se realizarán los parámetros físicos en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

2.9.1. Número de frutos cosechados por planta por categorías

Se determinó el número de frutos cosechados en la planta central de cada parcela y además estos fueron categorizados de acuerdo con el tamaño (de la primera a la tercera y rechazo)

2.9.2. Peso del fruto por categorías y peso total

Los frutos de cada planta central por parcela que fueron cosechados en cada una de las dos recogidas durante la semana fueron pesados usando una balanza analítica.

2.9.3. Firmeza del fruto

Se determinó la firmeza del fruto utilizando un penetrómetro, para lo cual fueron tomados tres frutos por tratamiento y por categoría de tamaño.

2.9.4. Rendimiento

El rendimiento se obtuvo por el peso de total de frutos cosechados durante las dos cosechas realizadas durante la semana.

2.9.5. Calidad de fruto

Se empleó un refractómetro para determinar los grados Brix en tres frutos por categoría en cada tratamiento.

2.10. Procesamiento de la información

Los datos tomados en campo serán procesados utilizando el sistema estadístico Statistix para Windows versión 10 y los resultados fueron presentados en términos de valores promedio y desviación estándar de la media.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Número de frutos

Durante la primera cosecha, el número de frutos por planta no fue afectado por el tipo de producto fertilizante usado, ni por la dosis ni la interacción producto por dosis (Tabla 3). En general se obtuvieron entre 4,78 y 5,00 frutos de las plantas tratadas con Engrosan K-300, mientras que con Agromax K50, el número fue ligeramente mayor variando desde 5,33 hasta 6,00 frutos, pero sin diferencias significativas entre ellos.

Por el contrario, si se observó efecto del producto sobre el número de frutos durante la segunda cosecha, obteniéndose un mayor número de frutos en plantas tratadas con Agromax K50 a la dosis de 10 g/L, lo cual resultó ser 6,74 y 18,44% mayor que con las dosis de 5 y 15 g/l del mismo producto, mientras que con respecto al producto Engrosan K-300, fue 23,38; 13,34 y 14,99% mayor a las dosis de 5, 10 y 15 g/l, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Numero de frutos de fresa por efecto del tipo de fertilización

Producto	Dosis (g/l)	Primera cosecha	Segunda cosecha
Control		4,89 ± 0,782 aB	4,89 ± 0,892 bB
Engrosan K-300	5	5,00 ± 0,707 a	5,11 ± 0,928 b
	10	4,78 ± 0,972 a	5,78 ± 0,667 ab
	15	4,89 ± 1,054 a	5,67 ± 0,707 ab
Promedio de Engrosan K-300		4,89 ± 0,892 B	5,52 ± 0,802 AB
Agromax K50	5	5,33 ± 1,225 a	5,44 ± 0,882 ab
	10	6,00 ± 0,866 a	6,67 ± 0,707 a
	15	5,89 ± 0,601 a	6,22 ± 0,833 ab
Promedio de Agromax K50		5,741 ± 0,944 A	6,11 ± 0,934 A

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra minúscula no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ($p < 0,01$).

Valores promedio en la fila seguidos de la misma letra mayúscula no mostraron diferencias entre tipos de productos de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ($p < 0,01$).

3.2. Firmeza del fruto

La firmeza del fruto fue afectada tanto por el tipo de producto como la dosis aplicada, siendo significativamente mayor en frutos obtenidos de plantas tratadas con Agromax K50 a las diferentes dosis, principalmente en frutos de las categorías 2 (diámetro ecuatorial de 3-4 cm), los cuales mostraron valores de firmeza de 2,98 a 3,02 kg/cm^2 y categoría 3 (diámetro ecuatorial de 2-3 cm) con valores de 2,83 kg/cm^2 . Así mismo, los frutos de la categoría 4 (frutos deformes) obtenidos de plantas fertilizadas con Engrosan K-300 a la menor dosis mostraron altos valores de firmeza (2,88 kg/cm^2) (Tabla 4).

En general, los frutos de la categoría 1 (diámetro ecuatorial de 4-5 cm) solo fueron obtenidos con la fertilización con Agromax K50 aplicado a dosis de 10 y 15 g/l, cuyos valores fueron 1,23 y 2,06 kg/cm^2 (Tabla 4).

3.3. Número de frutos de acuerdo con el diámetro ecuatorial

Con relación al número de frutos obtenidos por categoría de tamaño de fruto no se observó ningún efecto del tratamiento, pero si se observaron diferencias en el número de frutos por categoría, obteniéndose el mayor número de frutos dentro de la categoría 3 en cada uno de los tratamientos, seguido de frutos de la categoría 2 (Fig. 2). En los frutos obtenidos de plantas fertilizadas con Engrosan K-300 a las diferentes dosis, entre 36,96 y 57,78% correspondieron a la categoría 3, mientras que entre 15,56 y 34,0% estaban dentro de la categoría 2. Por el contrario, solo un 4,35% correspondieron a la categoría 1 mientras que el porcentaje de frutos deformes fue relativamente alto (22,00 y 39,13%).

De manera similar, el mayor número de frutos obtenidos de plantas fertilizadas con Agromax K50 se correspondieron a las categorías 2 y 3, con porcentajes desde 33,61 a 33,33% en la categoría 2 y desde 40,38 a 50,00% en la categoría 3. Es notable hacer mención que con este producto a las dosis de 10 y 15 g/l, el número de frutos

dentro de la categoría 1 fue mayor que en el resto de los tratamientos (15,38 y 4,44%, respectivamente), mientras que el número de frutos deformes fue bajo, variando desde 11,54% a la dosis 10 g/l hasta 17,78% con la dosis 15 g/l.

Tabla 4. Variación del tamaño de fruto de fresa por efecto del tipo de fertilización

Producto	Dosis	Categorías por tamaño de fruto				Promedio
		1	2	3	4	
		<i>4 – 5 cm</i>	<i>3 -4 cm</i>	<i>2 -3 cm</i>	<i>Deforme</i>	
Control		0,00 ± 0,00 e	0,54 ± 0,99 de	2,06 ± 0,62 abcd	2,71 ± 0,91 a	1,35 ± 1,32 C
Engrosan K-300	5	0,00 ± 0,00 e	0,71 ± 1,07 de	2,32 ± 0,72 ab	2,89 ± 0,40 a	1,48 ± 1,35 BC
	10	0,00 ± 0,00 e	2,29 ± 0,49 ab	2,02 ± 0,41 abcd	2,47 ± 0,97 ab	1,65 ± 1,14 BC
	15	0,00 ± 0,00 e	2,03 ± 0,52 abcd	2,24 ± 0,57 ab	2,71 ± 0,69 a	1,72 ± 1,16 ABC
Agromax K50	5	0,00 ± 0,00 e	2,20 ± 0,38 abc	2,54 ± 0,48 ab	2,98 ± 0,73 a	1,90 ± 1,25 AB
	10	1,23 ± 0,95 bcde	2,26 ± 0,49 ab	2,83 ± 0,85 a	0,76 ± 1,44 cde	1,80 ± 1,24 ABC
	15	2,06 ± 0,52 abcd	3,02 ± 0,63 a	2,33 ± 0,75 ab	1,93 ± 1,63 abcd	2,36 ± 1,03 A

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra minúscula no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ($p < 0,01$).

Valores promedio en la última columna seguidos de la misma letra mayúscula no mostraron diferencias entre tipos de productos de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ($p < 0,01$).

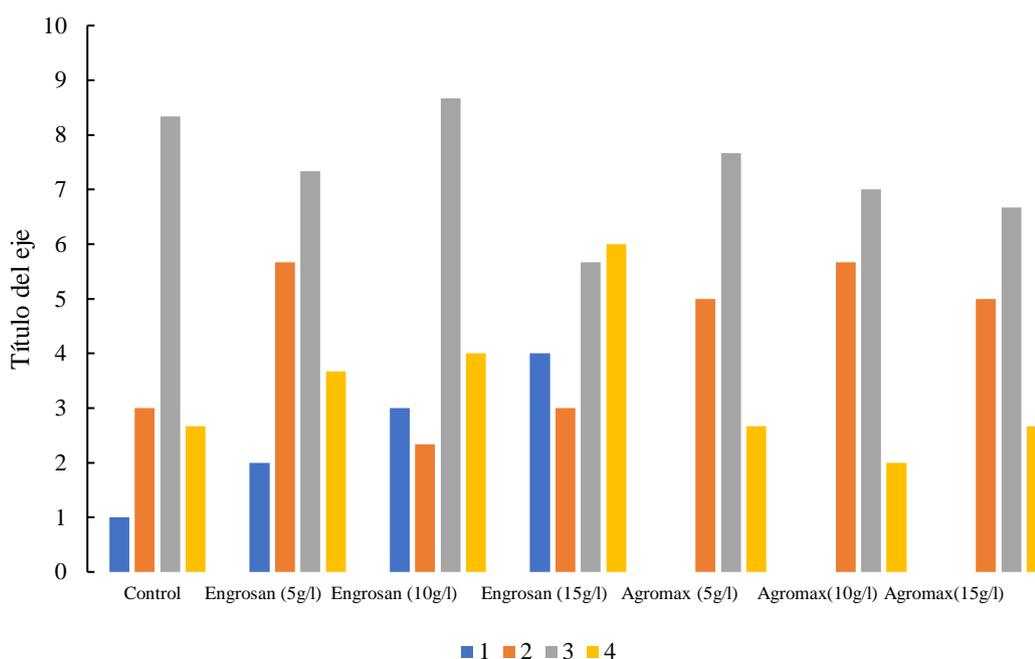


Figura 2. Variación del número de frutos de acuerdo con las categorías definidas por el diámetro ecuatorial en los diferentes tratamientos de fertilización. (Categoría 1= Diam. Ec. de 4-5 cm; categoría 2= Diam. Ec. de 3-4 cm; categoría 3= Diam. Ec. de 2-3 cm; categoría 4= frutos deformes)

3.4. Grados Brix

El cociente total de sacarosa disuelta medido en términos de grados Brix no fue afectado por el producto de fertilización y dosis aplicada, por lo que en general varió desde 9,2 hasta 12,2 °Bx (Fig. 3).

3.5. Rendimiento

Con relación al rendimiento también fue observado un efecto del tipo de fertilización (Fig. 4). Los mejores rendimientos fueron alcanzados cuando se usó Agromax K50 en dosis de 10 g/l donde se verificó un rendimiento estimado de 262.500 kg/ha, seguido de aquellas plantas tratadas con Agromax K50 y Engrosan K-300 aplicados a la mayor dosis (15 g/l) con los cuales el rendimiento fue 14,0 y 12,3% menor con respecto al Agromax K50 a 10 g/l.

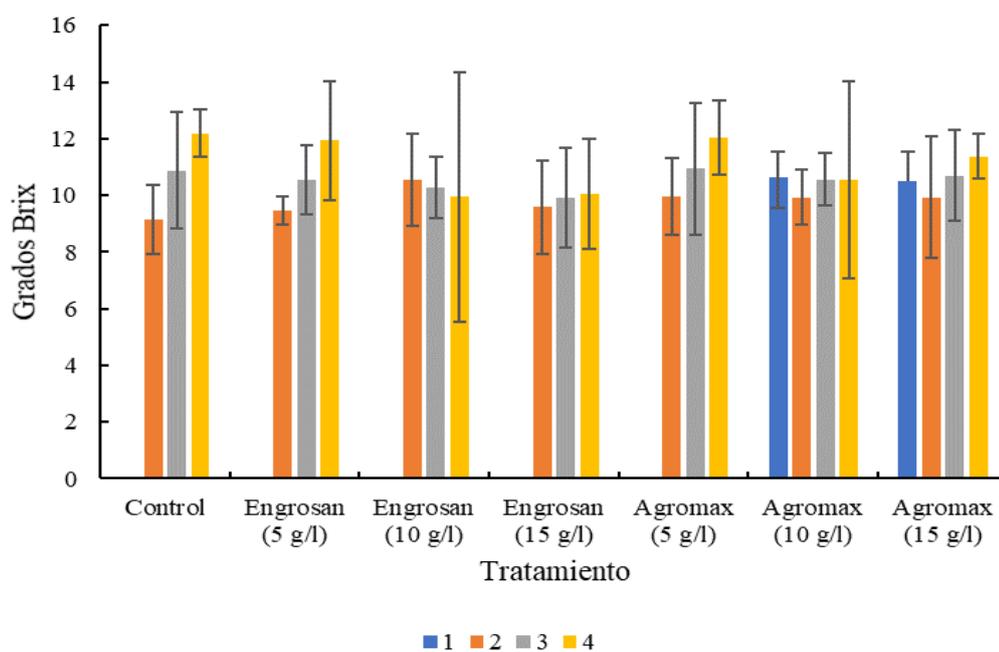


Figura 3. Variación de los grados Brix en las diferentes categorías de los frutos de fresa por efecto del tipo de fertilización

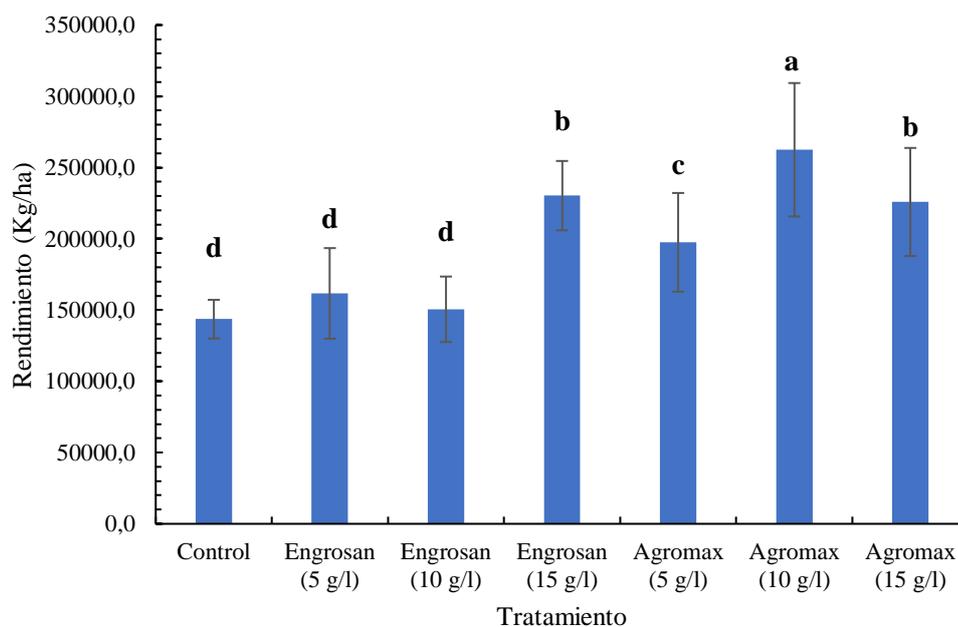


Figura 4. Rendimiento en plantas de fresa por efecto del tipo de fertilización

El uso de Agromax K50 a razón de 5 g/l produjo resultados tratamientos donde se usó Engrosan K300 a dosis de 5 y 10 g/l produjeron resultados similares al tratamiento con la fertilización convencional (tratamiento control) con intermedios con un rendimiento promedio de 197.500 kg/ha y finalmente, los rendimientos promedio desde 143.611,1 hasta 161.666,7 kg/ha, siendo estos valores entre 45,3 y 38,4 % menor en relación con el mayor rendimiento.

Investigaciones previas han demostrado el papel del potasio en la calidad del fruto de diferentes cultivos de importancia económica. Woldemariam et al. (2018) demostraron que la fertilización con potasio tuvo un efecto significativo en todos los parámetros de rendimiento y calidad de frutos de *Lycopersicon esculentum* L. referidos al diámetro del fruto, el peso del fruto por planta, el rendimiento total, los sólidos solubles totales y el contenido de materia seca, los cuales mostraron un aumento significativo con el incremento en el nivel de potasio, observándose el mayor peso de fruto (1,39 kg/planta), rendimiento de fruto (15,45 t/ha), sólidos solubles totales (3,84 °Brix) y materia seca de fruto (5,68%) con la aplicación de 150 kg K₂O/ha. Así mismo, Soliman et al. (2018) observaron que la aplicación de K₂O a una tasa de 400 g por planta seguida de una tasa de aplicación de 200 g por planta provocó el incremento en el peso, volumen, dimensiones y mayor contenido de sólidos solubles y azúcares totales en el fruto de higo (*Ficus carica* L), mientras que la mayor acidez total fue observada en frutos de plantas no fertilizadas, seguida de los frutos provenientes de plantas tratadas con 100 g de K₂O/planta. Además, se demostró que la fertilización con potasio provocó el aumento en el contenido de nitrógeno y potasio, mientras que el fósforo disminuyó.

Estas investigaciones ponen en evidencia el papel de los macronutrientes sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, cuyas funciones van desde ser unidades estructurales hasta ser agentes redox sensibles que promueven el rendimiento, el crecimiento y la calidad de los cultivos (Preciado-Rangel et al., 2020). De acuerdo con estos autores, las plantas producen mayores cantidades de metabolitos primarios (azúcares simples y complejos) y secundarios (terpenoides, compuestos fenólicos, pigmentos, vitaminas y ácidos orgánicos) cuando son fertilizados con dosis óptimas de nitrógeno y de potasio, los cuales producen interacciones que promueven el

incremento del rendimiento y calidad de las fresas, aun cuando no tuvo efecto sobre la capacidad antioxidante de las fresas.

Sin embargo el aumento del rendimiento por efecto del potasio requiere de las cantidades adecuadas de este elemento, puesto que la aplicación de dosis en exceso puede provocar la reducción de disponibilidad de calcio en el suelo, para lo cual es importante estimar la dosis adecuada de acuerdo a las variaciones estacionales y edad del cultivo, considerando que el requerimiento es mayor durante el periodo de crecimiento y maduración del fruto (Kuzin et al., 2020). De manera similar, se ha señalado el efecto de la deficiencia de Mg inducida por potasio en la producción agrícola. El efecto antagónico del K sobre el Mg se evidencia en la limitación en la absorción por las raíces y en el transporte dentro de la planta, lo que limita el crecimiento de muchas especies de plantas, mientras que ciertas combinaciones de K y Mg pueden inducir el incremento del rendimiento en los cultivos (Xie et al., 2021).

Así mismo, dado que el potasio y el nitrógeno son los nutrientes con mayor influencia en el rendimiento y la calidad del fruto, sus interacciones determinan el equilibrio entre el crecimiento vegetativo, la calidad del fruto y los procesos reproductivos, puesto que el potasio regula del crecimiento cuando la disponibilidad de N es alta, asegurando una adecuada formación de frutos de calidad (Preciado-Rangel et al., 2020).

De acuerdo con esto, esto explicaría porqué los mejores resultados fueron alcanzados con la dosis de 10 g/l de Agromax K50 y no con la mayor dosis de 15 g/l, posiblemente las altas dosis de potasio provocaron desbalance en la absorción de otros nutrientes, lo que pudo haber afectado la fisiología de la planta, su crecimiento y rendimiento, sin embargo, esto debería ser evaluado en estudios posteriores. Este efecto fue comprobado por Bibi et al. (2016) quienes evaluaron el efecto de diferentes cantidades de potasio en fresa variedad Chandler (T0 = Control, T1 = 200 g/6,75 m², T2 = 400 g/6,75 m², T3 = 600 g/6,75 m², T4 = 800 g/6,75 m²) y los mejores resultados fueron alcanzados con 600 g de potasio con el cual se obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia, altura de la planta, diámetro de copa, número y largo de hojas, largo de raíz, días al 50% de fructificación, número total de frutos, diámetro y peso del fruto.

Con los resultados obtenidos se evidencia la necesidad de realizar estudios sobre fertilización en el cultivo de fresa usando las cantidades necesarias de manera de obtener los mejores rendimientos con calidad del fruto, lo que asegura la disminución de los costos de producción, además de disminuir los efectos de contaminación del suelo, lo que va en consonancia con el desarrollo de agricultura responsable.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se comprobó que, con base en los resultados obtenidos en cuanto al incremento del número de frutos por planta, la firmeza del fruto, número de frutos dentro de las categorías 1, 2 y 3 establecidas de acuerdo con el diámetro ecuatorial del fruto de fresa se encontró que los mejores resultados fueron obtenidos de plantas que fueron tratadas con Agromax K50, siendo mejores estos resultados cuando se aplicó la dosis de 10 g/l del producto, por lo tanto este producto mostró ser superior al Engrosan K300 y la fertilización convencionalmente usada por los productores de fresa. Con el Engrosan K300 se observó un mayor número de frutos deformes, lo cual no resulta deseable desde el punto de vista de productividad.

Con relación a las propiedades químicas medida en términos de los grados Brix, no se observó ningún efecto del tipo de fertilizante ni sus dosis, sin embargo, debido a los efectos positivos observados con el uso de Agromax K50 en cuanto al resto de parámetros evaluados en el presente estudio se sugiere el uso de este producto para aumentar la productividad del cultivo de fresa en la zona.

Se encontró que los mejores rendimientos fueron observados con Agromax K50 usada a dosis de 10 g/l, lo cual demostró que, aunque se usen dosis mayores, estas no repercuten en mayores rendimientos, por lo que pueden ocurrir competencia en la absorción y transporte de otros nutrientes que están disponibles en el suelo. Esto resaltó la importancia de considerar el balance de nutrientes aplicados como fertilizante para obtener los mejores resultados en la producción agrícola.

4.2. Recomendaciones

Con base en los resultados, se sugiere el uso de Agromax K50 a razón de 10 g/l dentro de los planes de fertilización en cultivos de fresa puesto que este tratamiento mostró el mejor rendimiento y frutos con mejor calidad, sin embargo, se sugiere realizar otros estudios para evaluar las frecuencias de aplicación.

Se recomienda desarrollar investigaciones de estos productos y evaluar las interacciones con otros nutrientes de manera de establecer los efectos sinérgicos y/o antagónicos entre los principales macronutrientes primarios y secundarios, de manera de eficientizar las aplicaciones de fertilizantes de manera de aplicar las cantidades adecuadas que aseguren los máximos rendimientos, con menores costos de aplicación y menores efectos al ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agehara, S., Lin, S. Y., y Kang, L. (2020). Strawberry Production and Markets in Taiwan: Challenges, Trends, and Outlook. *International Journal of Fruit Science*, 20(S3), S2018–S2029.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1851340>
- Andrés, Z., Pérez-Hormaeche, J., Leidi, E. O., Schlücking, K., Steinhorst, L., McLachlan, D. H., Schumacher, K., Hetherington, A. M., Kudla, J., Cubero, B., y Pardo, J. M. (2014). Control of vacuolar dynamics and regulation of stomatal aperture by tonoplast potassium uptake. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), 1806–1814.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1320421111>
- Andriolo, J. L., Jänisch, D. I., Schmitt, O. J., dal Picio, M., Cardoso, F. L., y Erpen, L. (2010). Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. *Ciencia Rural*, 40(2), 267–272. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782010000200003>
- Azam, M., Ejaz, S., Rehman, R. N. U., Khan, M., y Rashad Qadri. (2019). Postharvest Quality Management of Strawberries. In T. Asao y M. Asaduzzaman (Eds.), *Strawberry - Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality Strawberry* (pp. 1–22). InTech.
<http://dx.doi.org/10.1039/C7RA00172J><https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.014>
- Banaeian, N., Omid, M., y Ahmadi, H. (2011). Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1020–1025.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.08.030>
- Bibi, S., Khan, S. M., Rehman, A., Inayat-Ur-Rahman, Ijaz, F., Sohail, Afzal, A., y Khan, R. (2016). The effect of potassium on growth and yield of strawberry (*Fragaria ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier). *Pakistan*

Journal of Botany, 48(4), 1407–1413.

de Sousa, G. G., Viana, T. V. de A., Pereira, E. D., Albuquerque, A. H. P., Marinho, A. B., y de Azevedo, B. M. (2014). Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral cearense. *Bragantia*, 73(1), 39–44.

<https://doi.org/10.15090/brag.2014.006>

Fageria, N. K., Filho, M. P. B., Moreira, A., y Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 1044–1064.

<https://doi.org/10.1080/01904160902872826>

Fernández, V., y Brown, P. H. (2013). From plant surface to plant metabolism: The uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, 4, 1–5.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>

Garrido, C., González-Rodríguez, V. E., Carbú, M., Husaini, A. M., y Cantoral, J. M. (2016). Fungal diseases of strawberry and their diagnosis. In A. M. Husaini y D. Neri (Eds.), *Strawberry: growth, development and diseases* (pp. 157–195).

<https://doi.org/10.1079/9781780646633.0157>

González, E. M., Arrese-Igor, C., Aparicio-Tejo, P. M., Royuela, M., y Koyro, H. W. (2002). Solute heterogeneity and osmotic adjustment in different leaf structures of semi-leafless pea (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Plant Biology*, 4(5), 558–566.

<https://doi.org/10.1055/s-2002-35431>

Hamamoto, S., y Uozumi, N. (2014). Organelle-localized potassium transport systems in plants. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 743–747.

<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.09.022>

Ikegaya, A., Kawata, T., Ikari, T., Emoto, Y., Sato, Y., Takeuchi, T., Ito, S., y Arai, E. (2020). Characteristics of fertilizer uptake and biodistribution in strawberry plants in two Japanese cultivars in hydroponic culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(3), 449–457.

<https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1766938>

Jákli, B., Tavakol, E., Tränkner, M., Senbayram, M., y Dittert, K. (2017).

Quantitative limitations to photosynthesis in K deficient sunflower and their

implications on water-use efficiency. *Journal of Plant Physiology*, 209, 20–30.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.11.010>

Kuzin, A. I., Kashirskaya, N. Y., Kochkina, A. M., y Kushner, A. V. (2020).
Correction of potassium fertigation rate of apple tree (*Malus domestica* Borkh.)
in central russia during the growing season. *Plants*, 9(10), 1–21.
<https://doi.org/10.3390/plants9101366>

Lantz, W., Demchak, K., Frick, S., y Newell, M. (2010). Strawberry production with
everbearers season-long for Northeastern producers. In *University of Maryland*.

Li, H., Huang, R., Li, T., y Hu, K. (2010). Ability of nitrogen and phosphorus
assimilation of seven strawberry cultivars in a northern Atlantic coastal soil.
19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 5–8.

Liburd, O., y Rhodes, E. (2019). Management of Strawberry Insect and Mite Pests in
Greenhouse and Field Crops. In A. Toshiki y M. Asaduzzaman (Eds.),
*Strawberry - Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit
Quality Monitoring* (pp. 1–21). InTech.
[https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-
detection-in-biometrics](https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics)

Medeiros, R. F., Pereira, W. E., de Rodrigues, R. M., do Nascimento, R., Suassuna,
J. F., y Dantas, T. A. G. (2015). Growth and yield of strawberry plants fertilized
with nitrogen and phosphorus. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e
Ambiental*, 19(9), 865–870. [https://doi.org/10.1590/1807-
1929/agriambi.v19n9p865-870](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n9p865-870)

Nio, S. A., Cawthray, G. R., Wade, L. J., y Colmer, T. D. (2011). Pattern of solutes
accumulated during leaf osmotic adjustment as related to duration of water
deficit for wheat at the reproductive stage. *Plant Physiology and Biochemistry*,
49(10), 1126–1137. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.05.011>

Oosterhuis, D. (2009). Foliar fertilization: mechanisms and magnitude of nutrient
uptake. *Fluid Fertilizers Foundation*, 15–17.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Datos de cultivos*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Patil, B., y Chetan, H. T. (2018). Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh Kisaan E-Patrika*, 3(1), 49–53.
- Prakash, S., Sarkar, D., Bishnoi, D. K., y Singh, R. (2018). Production and marketing challenges of strawberry cultivation in Haryana. *Indian Journal of Economics and Development*, 14(1a), 223–226. <https://doi.org/10.5958/2322-0430.2018.00062.8>
- Preciado-Rangel, P., Troyo-Diéguez, E., Valdez-Aguilar, L. A., García-Hernández, J. L., y Luna-Ortega, J. G. (2020). Interactive effects of the potassium and nitrogen relationship on yield and quality of strawberry grown under soilless conditions. *Plants*, 9(4), 2–10. <https://doi.org/10.3390/plants9040441>
- Rodas, C. L., da Silva, I. P., Coelho, V. A. T., Ferreira, D. M. G., de Souza, R. J., y de Carvalho, J. G. (2013). Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. *Idesia*, 31(1), 53–58. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292013000100007>
- Samtani, J. B., Rajevich, J., y Das, S. (2020). Evaluating supplementary nutrients to improve strawberry fruit quality and yield. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup1), 1029–1038. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1774470>
- Sardans, J., y Peñuelas, J. (2021). Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. In *Plants* (Vol. 10, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Savoy, H. (2019). Fertilizers and their use. In *Agricultural Extension Service. The University of Tennessee* (No. PB1637). <https://doi.org/10.31826/9781463236984-toc>
- Saygi, H. (2022). Effects of organic fertilizer application on strawberry (*Fragaria vesca* L.) cultivation. *Agronomy*, 12(1233), 1–15.
- Simpson, D. (2018). The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives.

- In T. Hytönen, J. Graham, y R. Harrison (Eds.), *The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives* (pp. 1–7). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9>
- Soliman, S. S., Alebidi, A. I., Al-Obeed, R. S., y Al-Saif, A. M. (2018). Effect of potassium fertilizer on fruit quality and mineral composition of fig (*Ficus carica* L. cv. Brown Turkey). *Pakistan Journal of Botany*, 50(5), 1753–1758.
- Sustr, M., Soukup, A., y Tylova, E. (2019). Potassium in root growth and development. *Plants*, 8(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants8100435>
- Woldemariam, S. H., Lal, S., Zelelew, D. Z., y Solomon, M. T. (2018). Effect of Potassium Levels on Productivity and Fruit Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agricultural Studies*, 6(1), 104–117.
<https://doi.org/10.5296/jas.v6i1.12262>
- Wu, Y., Li, L., Li, M., Zhang, M., Sun, H., y Sigrimis, N. (2020). Optimal fertigation for high yield and fruit quality of greenhouse strawberry. *PLoS ONE*, 15(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224588>
- Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F., y Guo, S. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *Crop Journal*, 9(2), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>
- Zahoor, R., Zhao, W., Dong, H., Snider, J. L., Abid, M., Iqbal, B., y Zhou, Z. (2017). Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 119, 21–32.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.08.011>

ANEXOS

Análisis de varianza

Statistix 10,0
3/7/2022; 8:23:31

Factorial AOV Table for NF1

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	2	13,0617	6,53086	8,40	0,0005
Dosis	2	0,3951	0,19753	0,25	0,7764
Producto*Dosis	4	2,1235	0,53086	0,68	0,6063
Error	72	56,0000	0,77778		
Total	80	71,5802			

Grand Mean 5,1728
CV 17,05

Factorial AOV Table for NF2

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	2	20,1728	10,0864	14,27	0,0000
Dosis	2	5,6543	2,8272	4,00	0,0225
Producto*Dosis	4	3,5309	0,8827	1,25	0,2981
Error	72	50,8889	0,7068		
Total	80	80,2469			

Grand Mean 5,5062
CV 15,27

Prueba de medias

Statistix 10,0
3/7/2022; 8:22:39

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NF1 for Producto

Producto	Mean	Homogeneous Groups
2	5,7407	A
0	4,8889	B
1	4,8889	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2400
Critical Q Value 4,263 Critical Value for Comparison 0,7235
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NF1 for Dosis

Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2	5,2222	A
3	5,2222	A
1	5,0741	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2400
Critical Q Value 4,263 Critical Value for Comparison 0,7235
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NF1 for Producto*Dosis

Producto	Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2	2	6,0000	A
2	3	5,8889	A
2	1	5,3333	A
1	1	5,0000	A
0	1	4,8889	A
0	2	4,8889	A
0	3	4,8889	A
1	3	4,8889	A
1	2	4,7778	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,4157
 Critical Q Value 5,310 Critical Value for Comparison 1,5610
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NF2 for Producto

Producto	Mean	Homogeneous Groups
2	6,1111	A
1	5,5185	AB
0	4,8889	B

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NF2 for Dosis

Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2	5,7778	A
3	5,5926	A
1	5,1481	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NF2 for Producto*Dosis

Producto	Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2	2	6,6667	A
2	3	6,2222	AB
1	2	5,7778	AB
1	3	5,6667	AB
2	1	5,4444	AB
1	1	5,1111	B
0	1	4,8889	B
0	2	4,8889	B
0	3	4,8889	B

Resumen de estadísticos para la variable número de frutos

Statistix 10,0
 3/7/2022; 8:25:04

Breakdown for NF1

Variable	Level	Mean	SD	Minimum	Maximum
Dosis	1	4,8889	0,7817	4,0000	6,0000
Dosis	2	4,8889	0,7817	4,0000	6,0000
Dosis	3	4,8889	0,7817	4,0000	6,0000
Producto	0	4,8889	0,7511	4,0000	6,0000
Dosis	1	5,0000	0,7071	4,0000	6,0000

Dosis	2	4,7778	0,9718	3,0000	6,0000
Dosis	3	4,8889	1,0541	4,0000	7,0000
Producto	1	4,8889	0,8916	3,0000	7,0000
Dosis	1	5,3333	1,2247	4,0000	8,0000
Dosis	2	6,0000	0,8660	5,0000	7,0000
Dosis	3	5,8889	0,6009	5,0000	7,0000
Producto	2	5,7407	0,9443	4,0000	8,0000
Overall		5,1728	0,9459	3,0000	8,0000

Cases Included 81 Missing Cases 0

Breakdown for NF2

Variable	Level	Mean	SD	Minimum	Maximum
Dosis	1	4,8889	0,9280	3,0000	6,0000
Dosis	2	4,8889	0,9280	3,0000	6,0000
Dosis	3	4,8889	0,9280	3,0000	6,0000
Producto	0	4,8889	0,8916	3,0000	6,0000
Dosis	1	5,1111	0,9280	4,0000	6,0000
Dosis	2	5,7778	0,6667	5,0000	7,0000
Dosis	3	5,6667	0,7071	5,0000	7,0000
Producto	1	5,5185	0,8024	4,0000	7,0000
Dosis	1	5,4444	0,8819	4,0000	7,0000
Dosis	2	6,6667	0,7071	6,0000	8,0000
Dosis	3	6,2222	0,8333	5,0000	7,0000
Producto	2	6,1111	0,9337	4,0000	8,0000
Overall		5,5062	1,0015	3,0000	8,0000

Cases Included 81 Missing Cases 0

Análisis de Varianza para la variable firmeza del fruto

Statistix 10,0
10/6/2022; 13:53:47

Factorial AOV Table for Firmeza

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	21,283	3,5472	6,80	0,0000
Categoría	3	141,993	47,3312	90,76	0,0000
Tratamien*Categoría	18	89,479	4,9711	9,53	0,0000
Error	215	112,119	0,5215		
Total	242				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1,7550
CV 41,15

Factorial AOV Table for Firmseq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	1,9145	0,31908	7,77	0,0000
Categoría	3	13,0077	4,33588	105,59	0,0000
Tratamien*Categoría	18	8,4653	0,47029	11,45	0,0000
Error	215	8,8288	0,04106		

Total 242

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1,7661

CV 11,47

Prueba de medias para Firmeza del fruto

Statistix 10,0

10/6/2022; 13:51:25

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Firmeza for Tratamien*Catgoría

Tratamien	Catgoría	Mean	Homogeneous Groups
6	2	3,0222	A
4	4	2,9750	A
1	4	2,8889	A
5	3	2,8333	A
3	4	2,7125	A
0	4	2,7111	A
4	3	2,5444	AB
2	4	2,4714	AB
6	3	2,3333	AB
1	3	2,3222	AB
2	2	2,2889	AB
5	2	2,2556	AB
3	3	2,2444	AB
4	2	2,2000	ABC
6	1	2,0571	ABCD
0	3	2,0556	ABCD
3	2	2,0333	ABCD
2	3	2,0222	ABCD
6	4	1,9250	ABCD
5	1	1,2333	BCDE
5	4	0,7625	CDE
1	2	0,7111	DE
0	2	0,5375	DE
0	1	1,95E-15	E
2	1	2,78E-16	E
1	1	-8,33E-17	E
4	1	-1,22E-15	E
3	1	-1,44E-15	E

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Firmeza for Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
6	2,3344	A
4	1,9299	AB
5	1,7712	ABC
3	1,7476	ABC
2	1,6956	BC
1	1,4806	BC
0	1,3260	C

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Firmeza for Catgoría

Categoría	Mean	Homogeneous Groups
4	2,3495	A
3	2,3365	A
2	1,8641	B
1	0,4701	C

Resumen de estadísticos para la variable Firmeza del fruto

Statistix 10,0

Analisis Firmeza.sx;

3/7/2022; 9:13:57

Breakdown for Firmeza

Variable	Level	Mean	SD
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	0,5375	0,9985
Categoría	3	2,0556	0,6167
Categoría	4	2,7111	0,9103
Tratamien	0	1,3486	1,3227
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	0,7111	1,0694
Categoría	3	2,3222	0,7225
Categoría	4	2,8889	0,4014
Tratamien	1	1,4806	1,3512
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	2,2889	0,4910
Categoría	3	2,0222	0,4055
Categoría	4	2,4714	0,9656
Tratamien	2	1,6500	1,1413
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	2,0333	0,5196
Categoría	3	2,2444	0,5725
Categoría	4	2,7125	0,6875
Tratamien	3	1,7200	1,1626
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	2,2000	0,3808
Categoría	3	2,5444	0,4746
Categoría	4	2,9750	0,7305
Tratamien	4	1,9000	1,2483
Categoría	1	1,2333	0,9500
Categoría	2	2,2556	0,4876
Categoría	3	2,8333	0,8471
Categoría	4	0,7625	1,4422
Tratamien	5	1,8000	1,2414
Categoría	1	2,0571	0,5255
Categoría	2	3,0222	0,6320
Categoría	3	2,3333	0,7450
Categoría	4	1,9250	1,6263
Tratamien	6	2,3636	1,0295
Overall		1,7461	1,2424

Cases Included 243

Missing Cases 9

Análisis para Diámetro ecuatorial del fruto

Statistix 10,0

10/6/2022; 13:56:33

Factorial AOV Table for DiamEc

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	3,619	0,603	0,10	0,9961
Categoría	3	456,036	152,012	25,24	0,0000
Tratamien*Categoría	18	101,714	5,651	0,94	0,5393
Error	56	337,333	6,024		
Total	83	898,702			

Grand Mean 3,9405
CV 62,29

Factorial AOV Table for DiamEcsq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	0,2122	0,03536	0,12	0,9940
Categoría	3	23,6942	7,89807	26,20	0,0000
Tratamien*Categoría	18	5,3094	0,29497	0,98	0,4961
Error	56	16,8809	0,30144		
Total	83	46,0967			

Grand Mean 2,2117
CV 24,82

Prueba de medias para Diámetro Ecuatorial

Statistix 10,0 Análisis Diametro ec...;
3/7/2022; 11:35:24

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamEc for
Tratamien*Categoría**

Tratamien	Categoría	Mean	Homogeneous Groups
2	3	8,6667	A
0	3	8,3333	A
4	3	7,6667	A
1	3	7,3333	A
5	3	7,0000	A
6	3	6,6667	A
3	4	6,0000	A
1	2	5,6667	A
3	3	5,6667	A
5	2	5,6667	A
4	2	5,0000	A
6	2	5,0000	A
2	4	4,0000	A
1	4	3,6667	A
0	2	3,0000	A
3	2	3,0000	A
0	4	2,6667	A
4	4	2,6667	A
5	1	2,6667	A
6	4	2,6667	A
2	2	2,3333	A
5	4	2,0000	A
0	1	1,6667	A
3	1	0,6667	A
6	1	0,6667	A

1	1	0,0000	A
2	1	0,0000	A
4	1	0,0000	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,0040
 Critical Q Value 6,307 Critical Value for Comparison 8,9370
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamEc for Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
5	4,3333	A
1	4,1667	A
0	3,9167	A
3	3,8333	A
4	3,8333	A
6	3,7500	A
2	3,7500	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,0020
 Critical Q Value 5,148 Critical Value for Comparison 3,6472
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamEc for Categoría

Categoría	Mean	Homogeneous Groups
3	7,3333	A
2	4,2381	B
4	3,3810	B
1	0,8095	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,7574
 Critical Q Value 4,614 Critical Value for Comparison 2,4709
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamEcsq for Tratamien*Categoría

Tratamien	Categoría	Mean	Homogeneous Groups
2	3	3,1852	A
0	3	3,0906	A
4	3	3,0076	A
1	3	2,9677	A
5	3	2,8931	A
6	3	2,8491	A
3	4	2,6873	A
1	2	2,6474	A
3	3	2,6474	A
4	2	2,5444	A
6	2	2,5353	A
5	2	2,5158	A
2	4	2,2898	A
1	4	2,2552	A
3	2	2,0971	A
4	4	2,0005	A
0	4	1,9717	A
5	1	1,9717	A
6	4	1,9717	A

2	2	1,8971	A
0	2	1,8966	A
5	4	1,7851	A
0	1	1,6663	A
3	1	1,4401	A
6	1	1,4401	A
1	1	1,2247	A
2	1	1,2247	A
4	1	1,2247	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,4483
Critical Q Value 6,307 Critical Value for Comparison 1,9992
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamEcsq for Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
5	2,2914	A
1	2,2737	A
3	2,2180	A
6	2,1990	A
4	2,1943	A
0	2,1563	A
2	2,1492	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2241
Critical Q Value 5,148 Critical Value for Comparison 0,8159
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamEcsq for Categoria

Categoría	Mean	Homogeneous Groups
3	2,9487	A
2	2,3048	B
4	2,1373	B
1	1,4561	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1694
Critical Q Value 4,614 Critical Value for Comparison 0,5528
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Análisis para la variable Grados Brix

Statistix 10,0
3/7/2022; 11:56:35

Split-split-plot AOV Table for Brix

Source	DF	SS	MS	F	P
Observaci (A)	2	169,74	84,87		
Producto (B)	2	223,34	111,67	10,81	0,0244
Error A*B	4	41,33	10,33		
Dosis (C)	2	10,49	5,25	1,01	0,3933
B*C	4	36,11	9,03	1,74	0,2064
Error A*B*C	12	62,35	5,20		
Categoría (D)	3	3933,96	1311,32	247,76	0,0000
B*D	6	1232,85	205,48	38,82	0,0000
C*D	6	466,74	77,79	14,70	0,0000

B*C*D	12	545,41	45,45	8,59	0,0000
Error A*B*C*D	54	285,80	5,29		
Error	216	2137,09	9,89		
Total	323	9145,20			

Grand Mean					6,9287
CV(Observaci*Producto)					46,39
CV(Observaci*Producto*Dosis)					32,90
CV(Observaci*Producto*Dosis*Categoría)					33,20
CV(Error)	45,40				

Prueba de medias para la variable Grados Brix

Statistix 10,0
3/7/2022; 11:57:48

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Categoría

Categoría	Mean	Homogeneous Groups
3	10,616	A
4	9,085	B
2	6,580	C
1	1,433	D

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3615
Critical Q Value 4,621 Critical Value for Comparison 1,1812
All 4 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Producto*Dosis

Producto	Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2	3	8,4833	A
2	1	8,2306	A
2	2	7,1833	A
1	2	7,1417	A
1	3	7,1111	A
1	1	6,4083	A
0	1	5,9333	A
0	2	5,9333	A
0	3	5,9333	A

Comparisons of means for the same level of Producto

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,5373
Critical Q Value 6,670 Critical Value for Comparison 2,5337
Error term used: Observaci*Producto*Dosis, 12 DF

Comparisons of means for different levels of Producto

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6195
Critical Q Value 9,297 Critical Value for Comparison 4,0724

Error terms used: Observaci*Producto and Observaci*Producto*Dosis
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Producto*Categoría

Producto	Categoría	Mean	Homogeneous Groups
0	3	10,878	A
0	4	10,822	A
2	3	10,726	A
1	3	10,244	A

2	2	9,9407	A
1	4	9,5370	A
1	2	7,7667	AB
2	4	6,8963	AB
2	1	4,3000	BC
0	2	2,0333	CD
0	1	0,0000	D
1	1	0,0000	D

Comparisons of means for the same level of Producto

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6261
Critical Q Value 5,626 Critical Value for Comparison 2,4908
Error term used: Observaci*Producto*Dosis*Categoria, 54 DF

Comparisons of means for different levels of Producto

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6967
Critical Q Value 8,510 Critical Value for Comparison 4,1925
Error terms used: Observaci*Producto and

Observaci*Producto*Dosis*Categoria

There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Dosis*Categoria

Dosis	Categoria	Mean	Homogeneous Groups
1	4	11,593	A
1	3	10,785	AB
2	3	10,567	AB
3	3	10,496	AB
3	4	8,6963	BC
2	2	7,5074	CD
3	2	7,1815	CD
2	4	6,9667	CD
1	2	5,0519	D
3	1	2,3296	E
2	1	1,9704	E
1	1	0,0000	E

Comparisons of means for the same level of Dosis

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6261
Critical Q Value 5,626 Critical Value for Comparison 2,4908
Error term used: Observaci*Producto*Dosis*Categoria, 54 DF

Comparisons of means for different levels of Dosis

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6247
Critical Q Value 5,979 Critical Value for Comparison 2,6409
Error terms used: Observaci*Producto*Dosis and

Observaci*Producto*Dosis*Categoria

There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Producto*Dosis*Categoria

Producto	Dosis	Categoria	Mean	Homogeneous Groups
2	1	4	12,022	A
1	1	4	11,933	AB
2	1	3	10,933	AB
0	1	3	10,878	AB
0	2	3	10,878	AB
0	3	3	10,878	AB

0	1	4	10,822	AB
0	2	4	10,822	AB
0	3	4	10,822	AB
2	3	3	10,689	AB
1	2	2	10,567	AB
2	2	3	10,556	AB
1	1	3	10,544	AB
1	2	3	10,267	AB
2	1	2	9,9667	AB
2	3	2	9,9333	AB
1	3	3	9,9222	AB
2	2	2	9,9222	AB
1	3	2	9,5778	AB
1	3	4	8,9444	AB
1	2	4	7,7333	ABC
2	3	1	6,9889	ABC
2	3	4	6,3222	BCD
2	2	1	5,9111	BCD
1	1	2	3,1556	CDE
2	2	4	2,3444	CDE
0	1	2	2,0333	CDE
0	2	2	2,0333	CDE
0	3	2	2,0333	CDE
0	1	1	0,0000	DE
0	2	1	0,0000	DE
0	3	1	0,0000	DE
1	1	1	0,0000	DE
1	2	1	0,0000	DE
1	3	1	0,0000	DE
2	1	1	0,0000	E

Comparisons of means for the same levels of Producto and Dosis

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,0845
Critical Q Value 6,521 Critical Value for Comparison 5,0006
Error term used: Observaci*Producto*Dosis*Categoría, 54 DF

Comparisons of means for the same levels of Producto

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,0820
Critical Q Value 6,996 Critical Value for Comparison 5,3525
Error terms used: Observaci*Producto*Dosis and

Observaci*Producto*Dosis*Categoría

Comparisons of means for different levels of Producto

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,1251
Critical Q Value 8,261 Critical Value for Comparison 6,5722
Error terms used: Observaci*Producto and Observaci*Producto*Dosis

and Observaci*Producto*Dosis*Categoría

There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Resumen de los estadísticos para la variable Grados Brix

Statistix 10,0
3/7/2022; 12:03:07

Breakdown for Brix

Variable	Level	Mean	SD
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	2,0333	4,0571

Categoría	3	10,878	2,0572
Categoría	4	10,822	4,1330
Dosis	1	5,9333	5,8335
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	2,0333	4,0571
Categoría	3	10,878	2,0572
Categoría	4	10,822	4,1330
Dosis	2	5,9333	5,8335
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	2,0333	4,0571
Categoría	3	10,878	2,0572
Categoría	4	10,822	4,1330
Dosis	3	5,9333	5,8335
Producto	0	5,9333	5,7788
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	3,1556	4,7400
Categoría	3	10,544	1,2022
Categoría	4	11,933	2,1089
Dosis	1	6,4083	5,6579
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	10,567	1,6240
Categoría	3	10,267	1,0828
Categoría	4	7,7333	5,8088
Dosis	2	7,1417	5,2265
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	9,5778	1,6400
Categoría	3	9,9222	1,7655
Categoría	4	8,9444	3,8135
Dosis	3	7,1111	4,7027
Producto	1	6,8870	5,1726
Categoría	1	0,0000	0,0000
Categoría	2	9,9667	1,3565
Categoría	3	10,933	2,3189
Categoría	4	12,022	1,3036
Dosis	1	8,2306	5,0801
Categoría	1	5,9111	5,6437
Categoría	2	9,9222	0,9744
Categoría	3	10,556	0,9194
Categoría	4	2,3444	4,8107
Dosis	2	7,1833	4,9265
Categoría	1	6,9889	5,3105
Categoría	2	9,9333	2,1616
Categoría	3	10,689	1,6050
Categoría	4	6,3222	6,0249
Dosis	3	8,4833	4,4684
Producto	2	7,9657	4,8199
Overall		6,9287	5,3210

Cases Included 324 Missing Cases 0

Anexo 2. Resumen de las variables evaluadas en el estudio

Tratamiento	Descripción	N° FRUTOS 1	N° FRUTOS 2	Diámetro ecuatorial del fruto				Grados Brix				Rendimiento	
				Categoría/tamaño de fruto				Categoría/tamaño de fruto				Peso/planta	Kg/ha
				1	2	3	4	1	2	3	4		
T0	Control	5,0	4,9	0	0,54	2,06	2,71	0	9,2	10,9	12,2	172,33	143611,11
T1	Engrosan (5 g/l)	5,0	5,1	0	0,71	2,32	2,89	0,0	9,5	10,5	11,9	194,00	161666,67
T2	Engrosan (10 g/l)	4,8	5,8	0	2,29	2,02	2,47	0,0	10,6	10,3	9,9	180,67	150555,56
T3	Engrosan (15 g/l)	4,9	5,7	0	2,03	2,24	2,71	0,0	9,6	9,9	10,1	276,33	230277,78
T4	Agromax (5 g/l)	5,3	5,4	0	2,2	2,54	2,98	0,0	10,0	10,9	12,0	237,00	197500,00
T5	Agromax (10 g/l)	6,0	6,7	1,23	2,26	2,83	0,76	10,6	9,9	10,6	10,6	315,00	262500,00
T6	Agromax (15 g/l)	5,9	6,2	2,06	3,02	2,33	1,93	10,5	9,9	10,7	11,4	271,00	225833,33