

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TEMA:

**APLICACIÓN FOLIAR DE CALCIO EN EL CULTIVO DE
FRESA (*Fragaria sp.*) OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE
HUEVO DE GALLINA (*Gallus gallus*)**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA
AGRÓNOMA**

JENNY MAGALY VACA TUBÓN

ING. AGR. JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

AMBATO - ECUADOR

2019

La suscrita, JENNY MAGALY VACA TUBÓN, portadora de cédula de ciudadanía número: 1804799326, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “APLICACIÓN FOLIAR DE CALCIO EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria sp.*) OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE HUEVO DE GALLINA (*Gallus gallus*)” 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.

Jenny Magaly Vaca Tubón

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: “APLICACIÓN FOLIAR DE CALCIO EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria sp.*) OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE HUEVO DE GALLINA (*Gallus gallus*)”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, 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.

Jenny Magaly Vaca Tubón

Fecha:

**APLICACIÓN FOLIAR DE CALCIO EN EL CULTIVO DE FRESA
(*Fragaria sp.*) OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE HUEVO DE
GALLINA (*Gallus gallus*)**

REVISADO POR:

Ing. Agr. Mg. Hernán Zurita V.
TUTOR

Ing. Agr. Mg. Giovanni Velástegui E.
ASESOR DE BIOMETRÍA

Ing. Agr. Mg. Eduardo Cruz T.
ASESOR DE REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

Primeramente, esta investigación lo dedico a Dios por regalarme esta maravillosa vida, por darme fuerzas día tras día para superar los obstáculos y dificultades que se presentan en mi vida. Gracias por las bendiciones recibidas en todo este trayecto universitario que con a sus bendiciones me permite alcanzar mi objetivo.

A mis Padres, que con su esfuerzo y sacrificio me supieron brindar su apoyo incondicional y depositaron su entera confianza en mí todo este tiempo; pues ellos son mi razón de seguir adelante y mi hermano Alejandro gracias por estar junto a mí.

A mí querido esposo Christian Fabián Jiménez, por ser un pilar fundamental y formar parte de mi vida.

A mi pequeño retoño Edrick Damián que ha sido mi inspiración para seguir adelante, a mi hermana de corazón Alicia Freire que ha estado junto a mí en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica y en ella a sus distinguidos docentes quienes con paciencia y sabiduría impartieron sus conocimientos y experiencias enriquecedoras para mi conocimiento profesional, especialmente al tutor de tesis, Ing. Mg. José Hernán Zurita V., a quien con sus acertados consejos, tiempo y voluntad ha permitido culminar con éxito la presente investigación.

Agradezco al Ing. Agr. Mg. Giovanni Velástegui E., Biometrista, por el tiempo dedicado y su aporte para que este trabajo investigación sea terminado.

Agradezco al Ing. Agr. Mg. Eduardo Cruz T., Asesor de Redacción Técnica, por su valiosa colaboración durante el desarrollo de la tesis y sobre todo por su paciencia para que este trabajo pudiera llegar a culminarse.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
CAPÍTULO I	01
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO II	03
REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	03
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	05
2.2.1. Función del calcio en las plantas	05
2.2.2. Síntomas de deficiencia	06
2.2.3. La cáscara de huevo	08
2.2.3.1. Acetato de calcio	08
2.2.4. Quelatos	09
2.2.4.1. Leonardita	09
2.2.4.2. Lombricompuesto	09
2.2.5. Wuxal calcio	10
2.2.6. La fresa	10
2.2.6.1. Sistema radicular	11
2.2.6.2. Tallo	11
2.2.6.3. Hojas.....	11
2.2.6.4. Flor e inflorescencia.....	11
2.2.6.5. Fruto y semilla	11
2.2.6.6. Requerimientos del cultivo	12
2.2.6.7. Manejo agronómico	13
CAPÍTULO III	18
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	18
3.1. HIPÓTESIS	18
3.2. OBJETIVOS	18
CAPÍTULO IV	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO	19
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	19
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES	20
4.4. FACTOR EN ESTUDIO	21

	Pág.
4.5. TRATAMIENTOS	21
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	21
4.7. VARIABLES RESPUESTA	24
4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	24
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	27
CAPÍTULO V	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN	28
5.1.1. Concentración de calcio en la hoja	28
5.1.2. Número de centros florales por planta	38
5.1.3. Firmeza de la hoja	40
5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	41
CAPÍTULO VI	42
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	42
6.1. CONCLUSIONES	42
6.2. RECOMENDACIONES	43
6.3. BIBLIOGRAFÍA	44
6.4. ANEXOS	49
CAPÍTULO VII	61
PROPUESTA	61
7.1. DATOS INFORMATIVOS	61
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	61
7.3. JUSTIFICACIÓN	61
7.4. OBJETIVO	62
7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	62
7.6. FUNDAMENTACIÓN	62
7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO	63
7.8. ADMINISTRACIÓN	64
7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. ELEMENTOS ESENCIALES	14
TABLA 2. ELEMENTOS NO ESENCIALES	14
TABLA 3. TRATAMIENTOS	22
TABLA 4. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO Y QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA	31
TABLA 5. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO EN EL CULTIVO DE FRESA	32
TABLA 6. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA	33
TABLA 7. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE DOSIS DE QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA	34
TABLA 8. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO POR DOSIS DE QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA	35
TABLA 9. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE QUELATIZANTES POR DOSIS EN EL CULTIVO DE FRESA	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Quemadura de la punta de hoja en fresa por carencia de calcio Fuente: (Bolda, 2009).....	07
FIGURA 2. Esquema del ensayo en el campo	23
FIGURA 3. Curva de crecimiento para el factor concentraciones de calcio, con respecto a concentración de calcio en las hojas	37
FIGURA 4. Curva de crecimiento para el factor quelatizantes, con respecto a concentración de calcio en las hojas	37
FIGURA 5. Curva de crecimiento para el factor dosis de quelatizantes con respecto a concentración de calcio en las hojas.....	38

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Docente Querochada, de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, situada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, a una distancia 20 km al sur de Ambato, con una altitud de 2850 msnm, con el propósito de: evaluar dos dosis de calcio obtenido a partir de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*)(20% y 30%), más dos quelatizantes (lombricompuesto y leonardita) en dos dosis 0,5 ml y 1,0 ml, en el cultivo de fresa (*Fragaria sp*).

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), y se realizó el análisis de variancia (ADEVA). Pruebas de Tukey al 5% y pruebas de diferencia mínima significativa para diferenciar entre los factores en estudio.

Los tratamientos que recibieron aplicación calcio a partir de cáscaras de huevo, en la concentración del 30% (C2), reportaron mayor porcentaje de calcio en las hojas, con 1,32% a las 2 horas, 1,41% a las 4 horas, 1,67% a las 6 horas y 1,78% a las 8 horas. Igualmente reportaron mayor número de centros florales por planta (6,42 centros) y hojas con mayor firmeza (1,43 kg/cm²).

En relación a quelatizantes, los mejores resultados se alcanzaron en los tratamientos que se aplicó leonardita (Q2), con mayor porcentaje de calcio en las hojas, tanto a las 2 horas (1,27%), a las 4 horas (1,37%) como a las 6 horas (1,57%) y a las 8 horas (1,77%). Así mismo, los tratamientos de leonardita incrementó el número de centros florales por planta (6,28 centros).

Con respecto a dosis de quelatizante, con la aplicación de la dosis de 1,0 ml (D2), se obtuvieron los mejores resultados, al reportar mayor porcentaje de calcio en las hojas a las 2 horas (1,28%), a las 4 horas(1,38%) como también a las 6 horas (1,57%) y a las 8 horas (1,80%).

Cáscara de huevo. Calcio. Quelatizantes. Aplicación foliar.

SUMMARY

The research was carried out in Querochada Experimental Farm, of Agronomic Engineering School of Ambato Technical University, located in Cevallos canton, Tungurahua province, at 20 km south of Ambato distance, an altitude of 2850 msnm, with the purpose of: evaluating two doses of calcium obtained from chicken eggshells (*Gallus gallus*) (20% and 30%), plus two chelating agents (vermicompost and leonardite) in two doses 0, 5 ml and 1, 0 ml, in the strawberry crop (*Fragaria* sp).

The completely randomized block experimental design (DBCA) was used, and the analysis of variance (ANOVA) was performed. Tukey tests at 5% and tests of minimum significant difference to differentiate between the factors under study.

The treatments that received calcium application from eggshells, in the concentration of 30% (C2), reported higher percentage of calcium in the leaves, with 1,32% at 2 hours, 1,41% at 4 hours, 1,67% at 6 hours and 1,78% at 8 hours. They also reported a greater number of floral centers per plant (6, 42 centers) and leaves with greater firmness (1, 43 kg/cm²).

In relation to chelators, the best results were achieved in the treatments applied with leonardite (Q2), with a higher percentage of calcium in the leaves, both at 2 hours (1, 27%) at 4 hours (1, 37%) and at 6 hours (1, 57%) and at 8 hours (1, 77%). Likewise, leonardite treatments increased the number of floral centers per plant (6, 28 centers).

With respect to the chelating dose, with the application of the 1,0 ml dose (D2), the best results were obtained, reporting a higher percentage of calcium in the leaves at 2 hours (1,28%) at 4 hours (1, 1,38%) as well as at 6 hours (1,57%) and at 8 hours (1,80%).

Eggshell. Calcium, chelating. Foliar application

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La fresa es uno de los frutos altamente apreciados en el mundo por su sabor y por su contenido en vitaminas y minerales; de manera que es cultivada en casi todo el planeta, en América se encontraron especies nativas de mayor tamaño conocidas como fresones, estos fueron llevados a Europa y por medio de hibridaciones se obtuvieron fresas de buen tamaño y excelente calidad (Vivas, 2012).

La fresa es un producto de relevancia en la provincia de Tungurahua, el área cultivada se aproxima a una extensión de 40 hectáreas que se distribuyen en todos los cantones, alcanzando una producción estimada de 10 toneladas mensuales (Ortega,2013).

Verdugo (2011), citado por Llumiquinga (2017), señala que el bajo rendimiento de fresa en el Ecuador es un problema por el ataque de plagas y enfermedades que limitan el rendimiento y afectan a la calidad de la fruta. Este problema se debe especialmente a que en la actualidad no se proporciona un manejo adecuado del riego y fertilización, en nitrógeno seguido de fósforo y el potasio, sabiendo que existen macros elementos secundarios.

En el cultivo fresa la deficiencia de calcio es causada por una baja disponibilidad del mismo o debido a un estrés hídrico, donde las bajas tasas de transpiración hacen difícil la asimilación (Bolda, 2009). El calcio es en componente estructural de las paredes y tejidos de células y una deficiencia genera un colapso de la estructura del tejido y la pared de la célula, y la fuga resultante de polifenoles concluye con necrosis en las áreas afectadas, una de las manifestaciones más obvias de deficiencia de calcio en la fresa es la quemadura de la punta, especialmente de las hojas nuevas y jóvenes, la infección de microbios resulta por haber tejidos rotos y muertos en estos áreas, pero es un efecto secundario (Díaz, Cayón y Mira, 2007).

El calcio es un nutriente esencial para las plantas, se encuentra involucrado en procesos de desarrollo y de respuesta a factores bióticos y abióticos. Numerosas señales modifican la concentración de calcio en el citoplasma, núcleo, retículo endoplásmico o plastídios. El incremento del calcio en el citosol es rápidamente disminuido, pero en

el lapso de incremento, se forman innumerables y complejas cascadas de señalización que conllevan a la respuesta celular. Esta nota expone los mecanismos implicaciones de la entrada del calcio en las células vegetales (Geydan y Spinel, 2007).

La cáscara de huevo de gallina es una excelente fuente de calcio, está constituida por un 96% de carbonato de calcio, y en menor porcentaje por otros minerales como fósforo y magnesio, que facilitan la absorción del mismo de manera que se puede utilizar como una alternativa (Gómez, 2011).

Lo descrito permite considerar al cultivo de fresa como una alternativa de producción sostenible, pero a un costo elevado por la utilización de plaguicidas y de fertilización. La fresa al ser un cultivo demandante de calcio, requiere de forma continua en todas las etapas fenológicas del cultivo por esta razón se planteó investigar el efecto de calcio en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) con el objeto de reducir la incidencia de plagas y enfermedades, puesto que el calcio constituye un componente fundamental de la lámina media de la pared celular donde cumple una función cementante y le da firmeza al tejido vegetal que potencialmente puede impedir el ingreso de agentes patógenos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Chango (2009), en su investigación titulado “evaluación de tres productos a base de calcio con aplicaciones foliares, en tres dosis en el cultivo de rosas” obtuvo como resultado 0% de *Botrytis cinérea* en tallos donde contenían calcio ya que este mejora la resistencia a enfermedades, impidiendo así el ingreso de fitopatógenos, por lo que el calcio al ser componente de la lámina media de la pared celular cumple una función cementante como pectato cálcico.

Avitia *et al.* (2014) en el artículo titulado “extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)” mencionan que los estolones son las estructuras que mayor materia seca acumulan. Los patrones de acumulación de materia seca y extracción nutrimental indican que la fresa demanda mayor nutrición que se presenta en las etapas de desarrollo de estolones y fructificación; el Ca y el K son los elementos más extraídos por la planta; por lo que la fertilización debe hacerse antes de los 184 días después del trasplante, para evitar limitaciones nutrimentales en el cultivo y se presenten deficiencias de los mismos.

Acosta (2013), en la investigación titulada “aplicación foliar de tres dosis de calcio y tres dosis de boro en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*. Duch)” cultivar oso grande, bajo cubierta” reportó que en la variable número de frutos deformes consiguió observar la influencia de aplicación de dosis altas de boro, esto es de 3 cc/l conjuntamente con el Ca, aplicaciones que contribuyeron a reducir la aparición de frutos deformes, así dicha aplicación contribuye a satisfacer la demanda nutritiva por parte de la planta.

Reyes, Álvares y Fernandez (2013), en su artículo titulado “papel del calcio en la apertura y el cierre estomático y sus interacciones con solutos compatibles”, registraron que los iones de calcio son importantes mensajeros secundarios de las acciones de las hormonas y de factores ambientales, de la misma manera el Ca^{2+} regula los procesos como las respuestas al estrés, todo esto llevado a cabo por el ingreso de calcio y el aumento de este en el citoplasma para la transducción de señales de ABA en las células guarda. La señalización que regulan la respuesta estomática del ABA, los eventos relacionados con Ca^{2+} y los recientes descubrimientos de su

interacción con la membrana, los cuales darán una mayor visión de las funciones de la $[Ca^{2+}]_i$ como segundo mensajero.

Geydan y Spinel (2007), en el artículo titulado “la onda de calcio en células vegetales” señala que el calcio es un nutriente esencial para las plantas, se encuentra involucrado en procesos de desarrollo de la planta y de la respuesta a los factores bióticos y abióticos. Se han observado numerosas señales que modifican la concentración de Ca^{2+} ($[Ca^{2+}]_i$) en el interior de la célula. Dicho incremento es rápidamente retornado a niveles basales, mientras que, en el lapso del incremento, se forman innumerables y complejas cascadas de señalización que implican una gran diversidad proteica, así como mensajeros celulares tanto secundarios como terciarios. Estas redes y cascadas de señalización llevan a cambios en la actividad génica, bioquímica y en la dinámica molecular de la célula.

En el artículo titulado “influencia de la fertilización foliar con Ca sobre la pudrición apical en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)” Cardona, Arjona y Araméndiz (2005), registraron que el desorden fisiológico no se presenta en ninguna de las plantas sometidas a los tratamientos con Ca, obedeció a la presencia de condiciones ambientales favorables para el cultivo, como humedad relativa alta y brillo solar bajo que, asociados con niveles altos de Ca intercambiable (11, 4 meq· 100 g⁻¹ de suelo), conductividad eléctrica de 0,49 dS·m⁻¹ y riego adecuados, favorecieron la toma de Ca y su translocación hacia los frutos.

Los mismos autores mencionan que la mejor relación de cationes en el suelo relacionó la interacción de Ca: 60%, Mg: 30% y K: 10%, para las siguientes variables evaluadas: tallos, planta, longitud de tallos, incidencia de *Botrytis* y contenido de magnesio foliar ya que este factor presentó respuestas altamente significativas.

Castañeda y Stechina (2002), indican que con el propósito de hallar una alternativa ecoeficiente para el uso de cáscara de huevo, obtenida como descarte durante la producción de ovoproductos, se diseñó un proceso para aislar $CO_3 Ca$ por medio de la separación física de la corteza con la membrana proteica adherida a ésta. El producto obtenido a partir de la molienda de la corteza aislada, fue caracterizado de acuerdo al protocolo de JECFA para aditivos alimenticios. Mediante el equipo diseñado, se pudo

obtener un rendimiento de proceso del 64,5%, con una eficiencia de separación global del 94,8% y eficiencias individuales de corteza y membrana del 96,2% y 57,9%, respectivamente. En cuanto a la caracterización del CO_3Ca obtenido, se obtuvo un título del 96%, 0,27% de sustancias insolubles en ácidos y 2,1% de magnesio y sales alcalinas.

Benítez, Sarno y Delfino (2000), producto de procesos investigativos a partir de cáscaras de huevos blancos adquiridos en supermercados de la ciudad de Corrientes. A una porción de éstas se les quitó las membranas reportan que la composición de estos materiales es la siguiente: (91,7% CaCO_3), magnesio (0,91% MgCO_3), fósforo (0,76% P_2O_5), correspondiendo el resto a materia orgánica. Los ensayos de disolución en ácidos sulfúrico y nítrico resultaron en la aparición de precipitados de sulfato de calcio y en la oxidación de las proteínas, respectivamente.

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.2.1. Función del calcio en las plantas

La nutrición de las plantas es muy importante para su estado de salud, productividad y calidad de frutos, sin embargo, en determinadas condiciones pueden interrumpir la captura de nutrientes, incluso en suelos ricos. Los fertilizantes de aplicación foliar usualmente compensan o suplementan esta carencia. La nutrición foliar con fertilizantes con calcio juega un papel importante en el aumento de los contenidos de nutrientes en vegetales durante la fructificación. (Bouzo, 2012).

El calcio se considera un nutriente secundario de las plantas; cada planta necesita calcio para crecer; una vez fijo el calcio no es móvil en la planta, es un constituyente importante de las paredes celulares y solo puede ser suministrado por la savia del xilema; así, si la planta se agota el abastecimiento de calcio, no podría removilizar el calcio de los tejidos más viejos. Si por cualquier motivo se reduce la transpiración, el suministro de calcio a los tejidos que están creciendo rápidamente llegaría a ser inadecuado (Tetra, 2004).

El calcio es un elemento estructural en la planta ya que forma parte de la lámina media, las paredes y membranas de las células y además, participa en la división y extensión celulares, influye en la acción de hormonas y señales, estabiliza la pared y membrana, y contribuye al equilibrio iónico de la célula. Para la compartimentalización de la célula, la distribución del calcio se da según la cantidad de iones Ca^{2+} absorbidos. Cuando hay una buena absorción, la mayor proporción de calcio total está en la lámina media, seguido por las membranas, los organelos y por último el citosol. Las concentraciones en el citosol son de 0,1 a 0,2 μM , mientras que en los vacuolos se encuentra 105 veces más, en el cloroplasto presenta un rango de 6,5 a 15 μM y el estroma 2,4 a 6,3 μM (Díaz, Cayón y Mira, 2007).

El calcio es un elemento con poca movilidad, su absorción y translocación es más lenta que la del fósforo. La absorción de calcio depende de la disponibilidad de fósforo, al contrario de lo indicado para el potasio. El transporte del calcio en la planta se efectúa desde las raíces hasta las partes aéreas a través del xilema, pero una vez depositado en un órgano (hoja, tallo, vaina) no es posible su translocación en el interior de la planta. Por ello, el suministro de calcio del suelo a la planta debe ser continuo, para lo cual resulta imprescindible que el suelo tenga un pH comprendido entre 6 y 7 (Fueyo, 1998).

Los nutrientes se absorben por el follaje con una velocidad notablemente diferente. El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50% de lo aplicado penetre en la planta. Los demás elementos requieren tiempos diferentes y se destaca el fósforo por su lenta absorción, requiriendo hasta 10 días para que el 50% sea absorbido (Barquero *et al.*, 2002).

2.2.2. Síntomas de deficiencia

Se ven más en tejidos nuevos, zonas meristemáticas de raíces, tallos y hojas donde ocurre la división celular. Si hay una deficiencia de calcio presente, resultará en tejidos

torcidos y deformados, y las zonas meristemáticas mueren prematuramente como en el caso de la pudrición apical del tomate. Deficiencia de calcio se manifiesta como la muerte de los puntos de crecimiento tales como brotes nuevos, inflorescencias, y puntos de las raíces. Ejemplos son sandías deformadas, “bitterpit” en manzanas, pudrición apical en tomates y chiles (ajíes), muerte terminal en las hojas de lechugas, pudrición interna de papas y frutas más blandas y de mala calidad que no tienen mercado (Arabuko, 2018)

Un desequilibrio de calcio, genera fuertes malformaciones como, necrosis de hojas de fresa como se presenta en la Figura 1, aborto de flores, muerte de puntos meristemáticos; en apio (*Apium graveolens* L.) el corazón negro, en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), chile (*Capsicum annum* L.) y sandía (*Citrillus vulgaris* L.) la pudrición apical del fruto; en manzano (*Malus domestica* Borkh) el picado amargo (*bitter pit*), en lechuga (*Lactuca sativa* L.), así mismo, los lunares corchosos (*corkspots*) en pera (*Pyrus communis* L.), el manchado de la cavidad y el agrietado en la zanahoria (*Daucus carota var. sativa*), y la vitescencia en melón (*Cucumis melo* L.) (Bolda, 2009).



FIGURA 1. Quemadura de la punta de hoja en fresa por carencia de calcio

Fuente: (Bolda, 2009)

Si hay mucha evapotranspiración, tal como en un día caloroso y seco, calcio se arrastra desde las raíces a puntos de toda la planta. Episodios de tiempos frescos, húmedos, por ejemplo niebla, no facilitarán evapotranspiración y subsecuentemente el movimiento de calcio es restringido. Órganos de planta tales como fruta y hojas en desarrollo no transpiran tanto como una hoja madura y completamente expandida, y entonces tenderían a ser las primeras en mostrar deficiencia de calcio (Bolda, 2009).

2.2.3. La cáscara de huevo

La cáscara de huevo de gallina químicamente está compuesta de 1,6% de agua, 95,1% de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico, y finalmente 3,3% de materia orgánica(FAO, 2000).

Acotando a lo anterior, Castañeda y Stechina (2002), indican que la cáscara de huevo está compuesta de un 94% de carbonato de calcio, 1% de fosfato de calcio, 1% de carbonato de magnesio y 4% de sustancias orgánicas.

Comúnmente la cáscara de huevo de gallina es considerada como un desecho, no obstante es de consumo popular para personas de escasos recursos, quienes en algunos casos preparan la cáscara pulverizada en diferentes soluciones caseras como leche, jugo de naranja o limón, así como en vinagre (ácido acético al 5%), o en la sopa, por lo que un estudio que respalde la utilización de la cáscara de huevo de gallina común como fuente de calcio y como el aprovechamiento de un desecho sería de mucha utilidad y aplicación (Gómez, 2011).

2.2.3.1. Acetato de calcio

El vinagre contiene ácido acético que reacciona con las sales de calcio, con el carbonato de calcio presente en la cascara de huevo origina dióxido de carbono gaseoso y acetato de calcio (soluble en agua). El ácido acético en vinagre reacciona desprendiendo CO₂ en forma de burbujas y acetato cálcico que queda disuelto en el vinagre (inSlide , 2013).

El compuesto químico acetato de calcio, es la sal de calcio del ácido acético. Su nombre estándar es etanato de calcio. No muestra ningún peligro para la salud, se ha demostrado que el calcio proveniente del acetato de calcio es altamente asimilable y presenta una movilidad excepcional dentro del tejido vegetal en comparación con un fertilizante convencional a base de otras sales de calcio (Corrochano, 2013).

2.2.4. Quelatos

En nutrición vegetal, la quelatación, se lleva a cabo para que los elementos que se desean incorporar a la planta no precipiten en el suelo ni en el medio extracelular, de manera que sean más asimilables por las plantas y se puedan agregar dosis más elevadas sin que estas sean fitotóxicas (Infoagro, 2016).

El calcio (Ca) es un elemento habitualmente absorbido por las plantas en forma de Ca^{2+} . No es tóxico aún a concentraciones muy altas. Las sales solubles de calcio en general, los quelatos de calcio por vía foliar, a pesar de estar recomendados con éxito el nitrato y el cloruro de calcio, estos pueden causar quemaduras, en algunos tejidos muy sensibles a las sales, siendo, en estos casos, preferible el uso de quelatos o sales orgánicas de calcio (acetato, lactato de calcio, etc.) (Corrochano, 2013).

2.2.4.1. Leonardita

La leonardita es una forma de ácidos húmicos encontrada exclusivamente en Dakota del Norte. Es llamada así en homenaje al Dr. A.G. Leonard, el primer director del servicio geológico del estado de Dakota. Las partículas del complejo arcillo-húmico tienen carga eléctrica negativa, por lo que tienen la propiedad de atraer y retener sobre su superficie a los nutrientes que en su inmensa mayoría son de carga positiva. Todos los compuestos húmicos, y especialmente los de la fracción fúlvica, son excelentes quelatantes e intercambiadores catiónico. (Jurado, 2010)

2.2.4.2. Lombricomposto

El lombricompost es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de los mismos. El vermicompost contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino (Infoagro, 2018).

El lombricompost es un abono orgánico que se obtiene a partir de la acción de la lombriz californiana. Es posible producirlo tanto a nivel familiar como a escala comercial. Es un abono natural muy rico en nutrientes. Es obtenido con la ayuda de la lombriz roja californiana, a partir de restos bien húmedos y en descomposición. El producto del proceso de digestión de la lombriz californiana se denomina lombricompost. El uso del abono nos ayuda a mantener el suelo fértil. Aumenta la cantidad de nutrientes, ayuda a captar, mantener y disponer de más agua para las plantas. Beneficia al suelo con millones de microorganismos. Logra una mejor aireación al modificar la estructura del suelo. Mejora y recupera los suelos para nuestras huertas y jardines (Todoagro, 2018).

2.2.5. Wuxal calcio

Eficaz en la prevención de enfermedades fisiológicas causadas por desbalance nutricional de calcio en flores, frutales y hortalizas. Estimula la fotosíntesis y brinda un adecuado balance nutricional, aportando los nutrientes necesarios especialmente calcio para mejorar la calidad de los frutos y órganos a cosechar (Bayer, 2018).

2.2.6. La fresa

La fresa tiene gran cantidad de especies. Antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria vesca*, *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño pero de excelente calidad organoléptica. Con el descubrimiento de América se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño, una en Chile, *Fragaria chiloensis* y otra en Estados Unidos, *Fragaria virginiana*, que por su tamaño se les llamó fresones; fueron llevadas a Europa e hibridizadas. Actualmente estas fresas grandes o fresones dominan el mercado y son producto de una serie de cruces (Angulo, 2009).

2.2.6.1. Sistema radicular

Es fasciculado, se compone de raíces y raicillas, las primeras presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de este, las raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico. La profundidad del sistema radicular es en promedio de 40 cm, encontrándose el 90% en los primeros 25 cm (Patiño et al., 2014).

2.2.6.2. Tallo

Está constituido por un eje corto de forma cónica llamado corona, en el que se observan numerosas escamas foliares (Angulo, 2009).

2.2.6.3. Hojas

Las hojas aparecen en roseta y se insertan en la corona. Son largamente pecioladas y provistas de dos estípulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos pediculados, de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas (300-400/mm²), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración (Angulo, 2009).

2.2.6.4. Flor e inflorescencia

Las inflorescencias son de tipo “cima bípara”, que puede tener un raquis con ramificación alta o presentar ramificación basal. Estas últimas siempre frutas de gran tamaño (Angulo, 2009).

2.2.6.5. Fruto y semilla

Dinamarca (2005), manifiesta que la fresa es un fruto múltiple (poliaquenio) dominado botánicamente “eterio”, cuyo receptáculo hipertrofiado constituye la parte comestible. El receptáculo maduro tiene hasta 5cm de diámetro. Su forma puede ser achatada, globosa, globosa-cónica, crónica alargada con cuello, en cuña alargada y cuña corta. Su color puede ser rosado, carmín, rojo o purpúreo.

Los “aquenios”, llamados vulgarmente semillas, son frutos secos indehiscentes, uniseminados, de aproximadamente de 1mm de largo que se encuentran insertados en la superficie del receptáculo en pequeñas direcciones más o menos profundas denominadas criptas. Un fruto mediano suele tener 150 a 200 aquenios, pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de gran tamaño (Dinamarca, 2005).

2.2.6.6. Requerimientos del cultivo

2.2.6.6.1 Suelo

La planta de fresa tiene un sistema radicular que en un 80% o más se ubica en los primeros 15 cm del suelo, los suelos para el cultivo de fresa no tienen que ser muy profundos; deben ser livianos, preferiblemente arenosos y con muy buen drenaje. Los suelos volcánicos con buen contenido de materia orgánica, se comportan en buena forma para este cultivo (Acosta, 2013).

2.2.6.6.2. Clima

La fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos climas. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta -20°C , aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a 0°C . Los valores óptimos para una fructificación adecuado se sitúan en torno a los $15-20^{\circ}\text{C}$ de media anual. El mismo autor menciona que las temperaturas por debajo de 12°C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por frío, en tanto que un tiempo muy caluroso puede originar una maduración y coloración del fruto muy rápida. (Acosta, 2013).

2.2.6.6.3. pH

Bolda (2009), afirma que el pH debe estar entre 5,7 a 7,0, situándose lo óptimo en torno a 6,5.

2.2.6.6.4. Relación C/N

Considerando 10 como un valor adecuado para la relación carbono/nitrógeno, con ello se asegura una buena evolución de materia orgánica aplicada en el suelo (Bolda, 2009).

2.2.6.7. Manejo agronómico

2.2.6.7.1. Preparación del suelo

Es fundamental la nivelación de campo para aprovechar todas las ventajas del riego por goteo y especialmente si se va a fumigar o desinfectar el suelo. (Solís, 2011)

2.2.6.7.2. Construcción de camas y desinfección del suelo

La finalidad de esta labor es lograr una cama de plantación alta, mullida pero firme, aireada, fértil, libre de malezas, plagas y patógenos y buen drenaje, que permita el desarrollo adecuado del sistema radicular, la distribución uniforme del riego y los

fertilizantes. Una vez que el suelo está adecuadamente preparado. Se procede al levantamiento de los bordos, sobre los cuales serán colocadas las plantas. (Solís, 2011)

2.2.6.7.3. Trasplante

Folquer (1986), menciona que es muy importante trabajar con plántulas de fresa libre de virus ya que se alcanzan rendimientos de hasta 40 t/ha, mientras que con el material convencional los rendimientos son de solo 20 t/ha. El distanciamiento entre plantas es de 0,25 m a doble hilera en tres bolillos, si la instalación es bajo riego tecnificado la cinta tendrá que ir en medio de la cama y las plantas a un distanciamiento de 0,30 m de la cinta.

2.2.6.7.4. Fertilización

Es recomendable realizar un previo análisis para dar una fertilización más cercana a las necesidades de cultivo, el nivel de fertilización que se recomienda es de 300-150-150 NPK. Es importante fraccionar los fertilizantes nitrogenados para lograr un mejor aprovechamiento por parte de la planta. Los fertilizantes foliares son recomendables para un mejor desarrollo y producción de la planta. Debiéndose aplicar foliares ricos en: nitrógeno en la etapa de desarrollo vegetativo, fósforo en la etapa de prefloración y floración y potasio para la fructificación, además productos ricos en micronutrientes sobre todo en zinc, hierro y manganeso (MAGAP, 2015).

2.2.6.7.5. Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales esenciales y no esenciales se presentan en la tabla 1 y 2.

TABLA 1. ELEMENTOS ESENCIALES

Macronutrientes%			Micronutrientes ppm	
Nitrógeno	N	2,50-4,00	Fe	50-250
Fósforo	P	0,25-1,00	Mn	30-350
Potasio	K	1,25-3,00	B	20-75
Calcio	Ca	1,00-2,50	Cu	6-100
Magnesio	Mg	0,25-1,00	Zn	20-250
Azufre	S	0,13-0,48	Mo	0,25-0,50
			Cl (%)	0,10-0,50

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

Fuente: MAGAP (2015)

TABLA 2. ELEMENTOS NO ESENCIALES

Elemento		Ppm
Sodio	Na	00-2000
Aluminio	Al	00-250

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

Fuente: MAGAP (2015)

2.2.6.7.5. Riegos

Los riegos se dan de acuerdo al tipo de suelo pudiendo ser ligeros y frecuentes, tratando de que el suelo no esté demasiado húmedo para evitar daños por Botrytis (Acosta, 2013).

2.2.6.7.6. Plagas y enfermedades

Plagas

Gallina ciega (*Phyllophaga sp.*). Las larvas de gallina ciega se alimentan de las raíces de las plantas, debilitándolas y causando un pobre desarrollo, las plantas pueden presentar síntomas de deficiencia de agua y nutrientes, son susceptibles al acame, no rinden bien y pueden morir. Por lo general estos ataques son realizados en manchones y pueden eliminar una siembra o parte de ella. Los adultos son por lo general atraídos hacia los árboles de yuca, madreño y piñón sobre los cuales se alimentan (Bayer, 2008).

Cortadores (*Prodenia sp.* y *Spodoptera sp.*). Los cortadores son una plaga que casi siempre aparece en la primera etapa de crecimiento, cuando las plantas están formando las primeras hojas. No se puede prevenir, pero se debe revisar constantemente el cultivo para detectar si hay hojas cortadas e inmediatamente, hacer aplicaciones de insecticidas. Si el ataque ocurre en cosecha, hay que guardar las restricciones en el tiempo de espera y usar productos como cebos con algún insecticida como profenofos 0,5cc/l(Pedroza, 2008).

Arañita roja (*Tetranychus urticae*). Es un ácaro muy cosmopolita y polífago que afecta prácticamente a todos los cultivos, estén protegidos, al aire libre y sean ornamentales o plantas espontáneas. Los adultos tienen un tamaño de 0,5 a 0,6 mm de longitud y poseen una coloración variable en función de la planta que se estén alimentando, clima y edad; pudiendo adoptar coloraciones verdosas, amarillentas o rojas. Los síntomas característicos son la presencia de punteaduras o pequeñas manchas de color amarillento en el haz. Como medidas culturales se recomiendan la eliminación de cultivos anteriores y malas hierbas, así como el empleo de dosis de abonos equilibrados (Yagüe y Bolívar, 2005).

Ácaro de la fresa (*Steneotarsonemus pallidus*). Este ácaro aparece más frecuentemente en plantas viejas (un año o más) y/o en plantas nuevas que se han obtenido de plantaciones afectadas. El síntoma característico es un encrespado de las hojas jóvenes, en los brotes de la planta. Puede destruir una plantación o atacar los frutos, lo que afecta su calidad. El control se debe hacer muy cuidadosamente, ya que

por la posición en que se encuentra en la planta es difícil que los productos penetren, los acaricidas corrientes no tienen buena acción contra esta plaga. Los mejores resultados en su combate se obtienen con el insecticida como difocol + tetradifon 1,5 cc/l (Pedroza, 2008).

Enfermedades

Estela roja (*Phytophthora fragaria*). Produce enanismo de la planta los casos severos. En las hojas jóvenes aparece una coloración verde azulada y en las hojas viejas roja, naranja o amarilla. En el ápice de las raíces jóvenes aparece una pudrición que avanza hasta alcanzar las raíces laterales y al cortar la raíz se observa la estela de color rojo, se puede controlar sumergiendo las plantas antes del trasplante en una solución de clorotalonil a razón de 2g/l (Pedroza, 2008).

Oídio (*Oidium fragariae*). El oídio se manifiesta como una pelusa blanquecina sobre las dos caras de la hoja, prefiere las temperaturas elevadas, de 20 a 25°C y el tiempo soleado, deteniendo su ataque en condiciones de lluvia prolongada. Persiste durante el invierno en estructuras resistentes como peritecas, se puede controlar con azufre a razón de 2g/l (Infojardín, 2011).

Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*). La *Botrytis* se desarrolla favorablemente en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre los 15 y 20° C. La diseminación se realiza por medio de esporas, ayudándose de la lluvia o el viento, esto ataca principalmente a los frutos por lo que se debe controlar con productos de baja residualidad como captan en dosis de 2-4 g/l dependiendo la incidencia de la enfermedad (Orellán, 2010).

CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

Ha = Las dosis de calcio obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*), influyen en la absorción de este nutriente en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*).

3.2. OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

Aportar al mejoramiento tecnológico del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), a través de la aplicación foliar de calcio, obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*).

3.2.2. Objetivos específicos

Evaluar dos dosis de calcio obtenido a partir de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*).

Conocer la respuesta del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) a cada uno de los tratamientos en base a los niveles de absorción.

CAPÍTULO IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Docente Querochada, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, situada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, a una distancia 20 km al sur de Ambato, con una altitud de 2850 msnm, cuyas coordenadas geográficas son: 01° 22' 0.2" de latitud Sur y 78° 36' 22" de longitud Oeste (sistema de posicionamiento global, GPS).

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1. Clima

La zona se caracteriza por la presencia de climas fríos de las cordilleras de estructuras volcánicas, especialmente en partes más altas del cantón sobre los 3 600 msnm., (GAD Quero, 2011).

La temperatura mínima y máxima promedio de la zona es de 7,6 °C y 18,7 °C, respectivamente; la humedad relativa alcanza el 75% y la precipitación anual llega a 549,5 mm. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, 2015)

4.2.2. Descripción del recurso suelo

Los suelos de la zona fueron formados por erupciones volcánicas, las cenizas constituyen un material de origen predominante dentro del suelo del área de estudio; estas proveen ciertas características a los suelos en relación a la gama de condiciones climáticas. El uso que se le da es en cultivos de ciclo corto, pastos plantados, eucaliptos, pajonales, plantas herbáceas (GAD Quero, 2011).

4.2.3. Descripción del recurso agua

La propiedad cuenta con agua de riego del Sistema Ambato-Huachi-Pelileo, con caudal de 28 litros por segundo y un pH de 7,4.

4.2.4. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge (1982), el sector donde se desarrolló el ensayo se encuentra en la clasificación estepa-espinosa Montano Bajo (ee-MB), en transición, bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

4.3. EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Material experimental

Cultivo establecido de fresa (*Fragaria sp.*), variedad Albión. Concentraciones de calcio al 20% y al 30%. Quelatizantes: lombricompuesto y leonardita.

4.3.2. Equipos, materiales y herramientas

Espectrómetro de absorción atómica, penetrómetro, tijeras de podar, equipo de riego por goteo.

4.3.3. Productos químicos

Ácido acético, hidróxido de potasio. Vertimec 8.4 sc.

4.3.4. Materiales de oficina

Libreta, computadora, impresora, cámara fotográfica, papel bond, esferográficos, lápiz, borrador.

4.3.5. Materiales varios

Contenedor de secado, molino de cuchillas, balanza de precisión, agitador magnético, matraz de 500 ml, matraz de 250 ml, papel filtro, tamiz, molino de tierra, baño de maría. Estructura de madera, rótulos de identificación, atomizador, bomba de mochila manual.

4.4. FACTORES EN ESTUDIO

4.4.1. Concentración de calcio

20% C1

30% C2

4.4.2. Quelatizantes

Lombricompuesto Q1

Leonardita Q2

4.4.3. Dosis de quelatizantes

0,5 ml D1

1,0 ml D2

4.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron ocho, producto de la combinación de los factores de estudio, más tres testigos, como se detalla en la tabla 3.

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), en arreglo factorial $2^3 + 3$, con 3 repeticiones.

TABLA 3. TRATAMIENTOS

No.	Símbolo	Concentración %	Quelatizantes	Dosis de quelatizantes ml
1	C1Q1D1	20	Lombricompuesto	0,5
2	C1Q1D2	20	Lombricompuesto	1,0
3	C1Q2D1	20	Leonardita	0,5
4	C1Q2D2	20	Leonardita	1,0
5	C2Q1D1	30	Lombricompuesto	0,5
6	C2Q1D2	30	Lombricompuesto	1,0
7	C2Q2D1	30	Leonardita	0,5
8	C2Q2D2	30	Leonardita	1,0
9	T1		Calcio al 20%	
10	T2		Calcio al 30%	
11	T3		Wuxal Ca	

Elaborado por Jenny Vaca (2018)

Se realizó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado. Pruebas de significación de Tukey al 5% para diferenciar entre tratamientos e interacciones y pruebas de diferencia mínima significativa para diferenciar entre los factores en estudio.

4.6.1. Características del ensayo

Cada unidad experimental constó de cinco plantas de fresa variedad Albión, plantadas en fundas de polietileno, siendo las tres plantas del centro la parcela neta. Las características del ensayo fueron las siguientes:

Número de parcelas por tratamiento:	3
Número de plantas/tratamiento:	5
Número total de parcelas:	33
Número de plantas a evaluar/parc.:	3

4.6.2. Esquema de la disposición del ensayo

El esquema de la investigación se presenta en la figura 2

4.7.1. Concentración de calcio en las hojas

Mediante análisis con espectrometría de absorción atómica, efectuados en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se determinó la concentración de calcio de una muestra de hojas tomadas al azar de cada parcela neta. Las lecturas se efectuaron a las 2, 4, 6 y 8 horas de haber realizado la aplicación de los tratamientos.

4.7.2. Número de centros florales

Se registró el número de centros florales por planta, midiendo a tres plantas tomadas al azar por parcela neta, efectuando la lectura a los 10 días de la aplicación de los tratamientos.

4.7.3. Firmeza de la hoja

Para determinar la firmeza de la hoja, se empleó un penetrómetro, efectuando la lectura en tres hojas tomadas al azar de cada parcela neta, a los 15 días de la aplicación de los tratamientos. Los valores se expresaron en kg/cm^2 .

4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

4.8.1. En el laboratorio

4.8.1.1. Obtención de concentraciones de calcio

Se tomaron 1000 g de cáscaras de huevos criollos con pigmentación verde azulada. En un contenedor de secado se dejó secar por el lapso de cinco días. Seguidamente se pulverizó utilizando un molino de cuchillas de 0,5 milímetros de la malla. Se pesaron 10 g de polvo de la cáscara de huevo, colocando en un matraz de 500 ml, al cual se agregó ácido acético (vinagre) al 5% hasta aforar a 300 ml. La solución se agitó con

agitador magnético durante 24 horas para liberar el dióxido de carbono gaseoso (inSlide , 2013). Transcurrido este tiempo se filtró y se aforó hasta llegar a 500ml. La cuantificación de la concentración de calcio se realizó utilizando espectrofotometría de absorción atómica del Laboratorio de Suelos, Aguas y Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

4.8.1.2. Obtención de solución de lombricompuesto

El lombricompuesto obtenido de la compostera , se tamizó y se secó al ambiente para luego molerlo en un molino, obteniendo así un componente más fino. Se pesaron 5 g de lombricompuesto, depositándolo en un matraz de 250 ml y se adicionaron 100 ml de hidróxido de potasio (KOH), 1N. Se colocó en “baño María” a 60°C durante dos horas y se dejó enfriar (López, *et al.*, 2014).

4.8.1.3. Obtención de solución de leonardita

Se pesaron 5 g de leonardita, colocando en un matraz de 250 ml, al cual se adicionaron 100 ml de hidróxido de potasio (KOH), 1N. El matraz con la solución se coloca en “baño María” a 60°C durante dos horas, para luego dejar enfriar (López, *et al.*,2014).

4.8.2. En el campo

4.8.2.1. Características del cultivo establecido

Se trabajó en un cultivo establecido de fresa variedad Albión, de ocho meses de edad, el mismo que estuvo plantado en fundas de polietileno de 0,20 m de ancho, con una distancia entre plantas de 0,20 m y entre hileras de 0,50 m, colocadas una a continuación de otra. El cultivo se desarrolló sobre una estructura de madera, a una altura de 0,40 m del suelo.

4.8.2.2. Poda de mantenimiento

Se realizó una poda de mantenimiento al cultivo, eliminando hojas viejas, racimos ya cosechados; dos días antes de la aplicación de las concentraciones de calcio.

4.8.2.3. Rotulación de tratamientos

Se identificó cada parcela experimental, colocando rótulos de acuerdo a cada tratamiento y repetición.

4.8.2.4. Aplicación de concentraciones de calcio

La aplicación de las concentraciones de calcio, más la materia orgánica quelazante, de acuerdo a las dosis de aplicación de cada tratamiento, se efectuó rociando con atomizador todo el follaje de las plantas, midiendo 15ml de solución respectivamente a todas las plantas. El atomizador se lavó con agua destilada después de cada aplicación.

4.8.2.5. Aplicación de wuxal

La aplicación de wuxal (testigo 3), en dosis de 2 ml/l, se efectuó rociando con atomizador el follaje de la plantas el día de la aplicación de los tratamientos al cultivo.

4.8.2.6. Riegos

El riego del cultivo fue por goteo, con un caudal 1,5 litros/hora/gotero. Con la frecuencia de dos riegos por semana, de acuerdo a las condiciones climáticas presentes, manteniendo el criterio de capacidad de campo.

4.8.2.7. Controles fitosanitarios

Siete días antes de la aplicación de las concentraciones de calcio a las plantas, se realizó una aplicación fitosanitaria para controlar la presencia de ácaros, con Vertimec 8.4 sc (Abamectina) en dosis de 4 cc/20 l.

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos recopilados en el campo, se procesaron utilizando el programa estadístico Infostat (versión libre, 2018), con el cual se obtuvo los análisis de variancia y las pruebas de rangos. Para el cálculo del análisis económico se utilizó el software estadístico Excel 2016.



articulo-de-la-tesis-
fabian.docx

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

5.1.1. Concentración de calcio en la hoja

En los tratamientos con aplicación de solución proveniente de cáscara de huevo, el mayor porcentaje de calcio en las hojas se observó en aquellos que recibieron aplicación de 30% de concentración de calcio, quelatizado con lombricompuesto en dosis de 1,0 ml (C2Q1D2) (tabla 4), con promedios de 1,44% a las 2 horas, 1,56% a las 4 horas y 1,79% a las 6 horas; mientras que, a las 8 horas, el mayor porcentaje de calcio en las hojas se detectó en el tratamiento de 30% de concentración de calcio, más leonardita en dosis de 1,0 ml (C2Q2D2), con promedio de 1,90%. El menor porcentaje de calcio en las hojas, por su parte, se detectó en el testigo (T1) (aplicación de calcio al 20%), con promedios de 1,07% a las 2 horas, 1,16% a las 4 horas, 1,24% a las 6 horas y 1,39% a las 8 horas, todos ellos ubicados en el último rango y lugar en la prueba de Tukey, elaborados tomando en base al análisis de variancia (anexos 7, 8, 9 y 10, respectivamente).

Evaluando el factor concentraciones de calcio (tabla 5), se estableció que, los tratamientos que recibieron aplicación de 30% de concentración (C2), reportaron mayor porcentaje de calcio en sus hojas, con promedios de 1,32% a los 2 horas, 1,41% a las 4 horas, 1,67% a las 6 horas y 1,78% a las 8 horas, al ubicarse todos ellos en el primer rango en la prueba; mientras que, los tratamientos que recibieron aplicación de 20% de concentración de calcio (C1), experimentaron menor porcentaje de calcio en sus hojas, con promedios de 1,18% a los 2 horas, 1,29% a las 4 horas, 1,38% a las 6 horas y 1,67% a las 8 horas. Igualmente, en el factor quelatizantes, (tabla 6) los tratamientos que recibieron aplicación de leonardita (Q2), reportaron mayor porcentaje de calcio en las hojas, promedios de 1,27% a los 2 horas, 1,37% a las 4 horas, 1,57% a las 6 horas y 1,77% a las 8 horas, ubicados en el primer rango (tabla 6), en tanto que, los tratamientos de lombricompuesto (Q1), reportaron menor concentración de calcio en las hojas, promedios de 1,23% a las 2 horas, 1,33% a las a las 4 horas, 1,49% a las 6 horas y 1,67% a las 8 horas. Con respecto a dosis de quelatizantes, el mayor porcentaje de calcio en las hojas reportaron las plantas que recibieron los quelatizantes en la dosis

de 1,0 ml (D2), con promedios de 1,28% a las 2 horas, a las 4 horas, 1,38% 1,57% a las 6 horas y 1,80% a las 8 horas, ubicadas en el primer rango (tabla 7); y, menor porcentaje de calcio en las hojas establecieron los tratamientos de la dosis de 0,5 ml (D1), con los menores promedios de 1,22% a las 2 horas, a las 4 horas, 1,32% a las 6 horas 1,49% y 1,65% a las 8 horas.

En relación a la interacción concentraciones de calcio por dosis de quelatizante (tabla 8), se observó que, la mayor concentración de calcio en las hojas, se registró en la interacción C2D2 (concentración de calcio del 30% por 1,0 ml de quelatizante), con promedios de 1,40% a las 2 horas, 1,49% a las 4 horas, 1,79% a las 6 horas y 1,86% a las 8 horas, ubicados en el primer rango; en tanto que, la interacción C1D2 (concentración de calcio del 20% por 1,0 ml de quelatizante), reportó la menor concentración de calcio en las hojas, promedios de 1,17% a las 2 horas, 1,27% a las 4 horas, 1,35% a las 6 horas y 1,75% a las 8 horas, ubicadas en el segundo rango. Así mismo, la interacción lombricompuesto en dosis de 1,0 ml (Q1D2) (tabla 9), provocó la mayor presencia de calcio en las hojas, con promedios de 1,32% a las 2 horas, 1,42% a las 4 horas y 1,59% a las 6 horas y 1,76% a las 8 horas, ubicados en el primer rango; y, la interacción lombricompuesto en dosis de 0,5 ml, reportó la menor concentración de calcio en las hojas, con promedio de 1,13% a las 2 horas, 1,24% a las 4 horas y 1,39% a las 6 horas y 1,59% a las 8 horas ubicadas en el segundo rango en la prueba.

Mediante la figura 3, se observa gráficamente el comportamiento de los porcentajes de calcio en las hojas en las cuatro lecturas, con respecto al factor concentraciones de calcio, en donde se aprecia que, los tratamientos que recibieron concentración de calcio del 30% (C2), experimentaron hojas con mayores porcentajes de calcio, siendo esta diferencia significativa, por lo que es el tratamiento que mejores resultados reportó, al comparar entre aquellos que recibieron solución proveniente de cáscara de huevo.

Igualmente, la figura 4, reporta el comportamiento de los porcentajes de calcio en las hojas en las cuatro lecturas, con respecto al factor quelatizantes, donde los tratamientos que recibieron aplicación de leonardita (Q2), incrementaron significativamente los porcentajes de calcio en las hojas, por lo que es el quelatizante apropiado para alcanzar los mejores resultados, al comparar entre aquellos que recibieron solución proveniente de cáscara de huevo.

Gráficamente, mediante la figura 5, se ilustra el comportamiento de los porcentajes de calcio en las hojas en las cuatro lecturas, con respecto al factor dosis de quelatizantes, indicando la misma que, los tratamientos que recibieron aplicación de quelatizantes en dosis de 1,0 ml (D2), provocaron incremento significativo de los porcentajes de calcio en las hojas, por lo que es la dosis adecuada para alcanzar los mejores resultados, comparando entre los tratamientos que recibieron solución proveniente de cáscara de huevo.

Con respecto a los testigos, se observó que, los porcentajes de calcio en las hojas, fueron significativamente menor, especialmente en los tratamientos del testigo (T1) (concentración de calcio del 20%) y del testigo (T2) (concentración de calcio del 30%), causado básicamente por la ausencia de aportación de quelatizantes, lo que justifica la aplicación de los mismos, para que la penetración del calcio en las hojas sea más eficaz.

En relación al testigo (T3), aplicación de Wuxal en dosis de 2 ml/l, se estableció que, al ser directamente asimilable por las hojas, reportaron los más altos porcentajes de calcio, los mismos que se ubicaron en el primer rango, en prácticamente todas las variables analizadas, con promedios de 1,56% a las 2 horas, 1,80% a las 4 horas, 1,86% a las 6 horas y 1,94% a las 8 horas (tabla 4).

Estos resultados permiten inferir que, la utilización de cáscaras de huevo como fuente de calcio en aplicaciones de nutrientes foliares, es una alternativa para provocar mayores porcentajes de calcio en las hojas, lo que es justificable para dotar a las plantas de mejores condiciones de desarrollo, provocando consecuentemente mejorar los rendimientos de los cultivos. Este comportamiento puede deberse a lo citado por Arabuko (2018), que el calcio es un nutriente esencial para las plantas. Promueve el alargamiento celular, toma parte en la regulación estomática, participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes, fortalece la estructura de la pared celular; el calcio es una parte esencial de la pared celular de las plantas. Este forma compuestos de pectato de calcio que dan estabilidad a las paredes celulares de las células. Participa en los procesos enzimáticos y hormonales. Ayuda a proteger la planta contra el estrés de temperatura alta – el calcio participa en la inducción de proteínas de choque térmico.

Ayuda a proteger la planta contra las enfermedades – numerosos hongos y bacterias secretan enzimas que deterioran la pared celular de los vegetales; características que influyen favorablemente al cultivo, especialmente con la utilización de la concentración de 30% de calcio.

TABLA 4. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO Y QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA

Variables	Tratamientos											C.V.	E.E	P-Valor
	C1Q1D1	C1Q1D2	C1Q2D1	C1Q2D2	C2Q1D1	C2Q1D2	C2Q2D1	C2Q2D2	T1	T2	T3			
Concentración de calcio en hojas a las 2 horas (%)	d 1,13	d 1,20	cd 1,24	D 1,14	D 1,13	ab 1,44	bc 1,36	bc 1,36	d 1,07	d 1,11	a 1,56	3,58	0,03	0,0001
Concentración de calcio en hojas a las 4 horas (%)	def 1,24	cdef 1,28	bcde 1,38	Cdef 1,25	def 1,24	b 1,56	bc 1,43	bcd 1,41	f 1,16	ef 1,22	a 1,80	4,63	0,04	0,0001
Concentración de calcio en hojas a las 6 horas (%)	b 1,37	b 1,38	b 1,43	B 1,33	B 1,40	a 1,79	a 1,72	a 1,78	b 1,24	b 1,28	a 1,86	4,93	0,04	0,0001
Concentración de calcio en hojas a las 8 horas (%)	bcd 1,59	abc 1,71	bcd 1,60	ab 1,78	bcd 1,58	ab 1,81	ab 1,82	a 1,90	d 1,39	cd 1,49	a 1,94	5,56	0,05	0,0001
Número de centros florales	cde 5,00	bcde 5,11	abc 6,33	Bcde 5,44	abcd 5,89	ab 6,44	a 7,00	abc 6,33	E 4,22	de 4,78	a 7,22	8,31	0,28	0,0001
Firmeza de la hoja (kg/cm ²)	ab 1,15	ab 1,08	ab 1,09	Ab 1,24	ab 1,28	ab 1,24	ab 1,23	a 1,43	B 1,00	b 1,05	a 1,44	10,52	0,07	0,0041

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

a – b Medias en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

E.E Error Estándar

TABLA 5. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO EN EL CULTIVO DE FRESA

Variables	Concentraciones de calcio		C.V.	E.E	P-Valor
	20% (C1)	30% (C2)			
Concentración de calcio en hojas a las 2 horas (%)	b 1,18	a 1,32	3,58	0,01	0,0001
Concentración de calcio en hojas a las 4 horas (%)	b 1,29	a 1,41	4,63	0,02	0,0010
Concentración de calcio en hojas a las 6 horas (%)	b 1,38	a 1,67	4,93	0,02	0,0001
Concentración de calcio en hojas a las 8 horas (%)	b 1,67	a 1,78	5,56	0,03	0,0296
Número de centros florales	b 5,47	a 6,42	8,31	0,16	0,0011
Firmeza de la hoja (kg/cm ²)	b 1,14	a 1,29	10,52	0,25	0,0206

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

a – b Promedios en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

E.E Error Estándar

TABLA 6. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA

Variables	Quelativantes		C.V.	E.E	P-Valor
	Lombricompueto (Q1)	Leonardita (Q2)			
Concentración de calcio en hojas a las 2 horas (%)	b 1,23	a 1,27	3,58	0,01	0,0172
Concentración de calcio en hojas a las 4 horas (%)	b 1,33	a 1,37	4,63	0,04	0,0161
Concentración de calcio en hojas a las 6 horas (%)	b 1,49	a 1,57	4,93	0,02	0,0230
Concentración de calcio en hojas a las 8 horas (%)	b 1,67	a 1,77	5,56	0,03	0,0318
Número de centros florales	b 5,61	a 6,28	8,31	0,16	0,0119

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

a – b Promedios en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

E.E Error Estándar

TABLA 7. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE DOSIS DE QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA

Variables	Dosis de quelatizantes		C.V.	E.E	P-Valor
	0,5 ml (D1)	1,0 ml (D2)			
Concentración de calcio en hojas a las 2 horas (%)	b 1,22	a 1,28	3,58	0,01	0,0019
Concentración de calcio en hojas a las 4 horas (%)	b 1,32	a 1,38	4,63	0,04	0,0431
Concentración de calcio en hojas a las 6 horas (%)	b 1,49	a 1,57	4,93	0,02	0,0278
Concentración de calcio en hojas a las 8 horas (%)	b 1,65	a 1,80	5,56	0,03	0,0033

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

a – b Promedios en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

E.E Error Estándar

TABLA 8. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO POR DOSIS DE QUELATIZANTES EN EL CULTIVO DE FRESA

Variables	Concentraciones de calcio x dosis de quelatizantes				C.V.	E.E	P-Valor
	C1D1	C1D2	C2D1	C2D2			
Concentración de calcio en hojas a las 2 horas (%)	bc 1,19	c 1,17	b 1,25	a 1,40	3,58	0,02	0,0003
Concentración de calcio en hojas a las 4 horas (%)	b 1,31	b 1,27	b 1,34	a 1,49	4,63	0,03	0,0045
Concentración de calcio en hojas a las 6 horas (%)	c 1,42	c 1,35	b 1,56	a 1,79	4,93	0,03	0,0008
Concentración de calcio en hojas a las 8 horas (%)	1,60	1,75	1,70	1,86	5,56	0,05	0,001

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

a – b Promedios en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

E.E Error Estándar

TABLA 9. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE QUELATIZANTES POR DOSIS EN EL CULTIVO DE FRESA

Variables	Quelativantes por dosis				C.V.	E.E	P-Valor
	Q1D1	Q1D2	Q2D1	Q2D2			
Concentración de calcio en hojas a las 2 horas (%)	b 1,13	a 1,32	a 1,30	a 1,25	3,58	0,02	0,0001
Concentración de calcio en hojas a las 4 horas (%)	b 1,24	a 1,42	a 1,41	ab 1,33	4,63	0,03	0,0006
Concentración de calcio en hojas a las 6 horas (%)	b 1,39	a 1,59	a 1,59	a 1,56	4,93	0,03	0,0039
Concentración de calcio en hojas a las 8 horas (%)	b 1,59	a 1,76	a 1,71	ab 1,84	5,56	0,05	0,0001

Elaborado por: Jenny Vaca, 2018

a – b Promedios en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

E.E Error Estándar

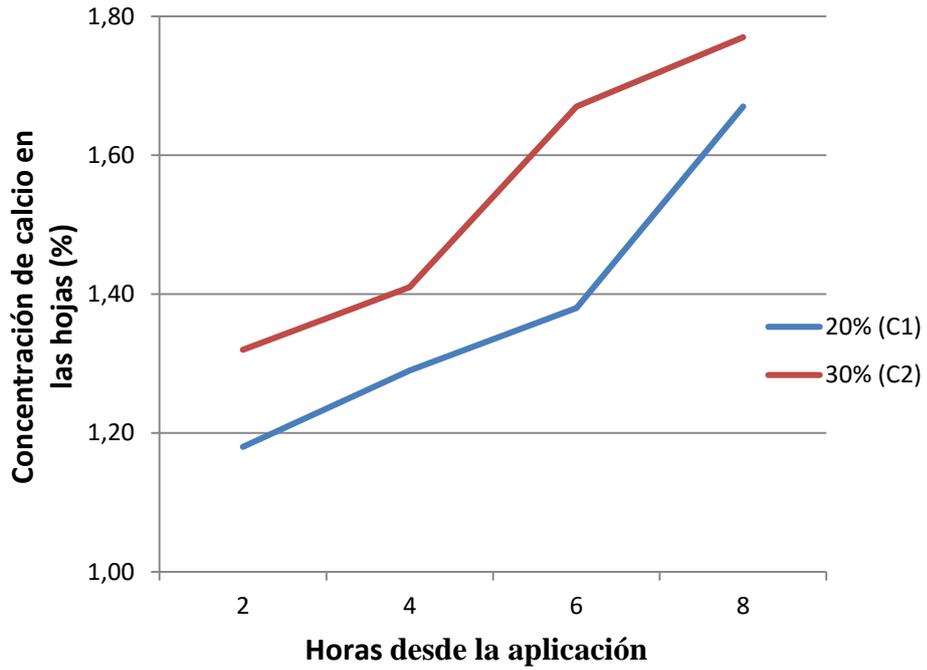


FIGURA 3. Curva de crecimiento para el factor concentraciones de calcio, con respecto a concentración de calcio en las hojas

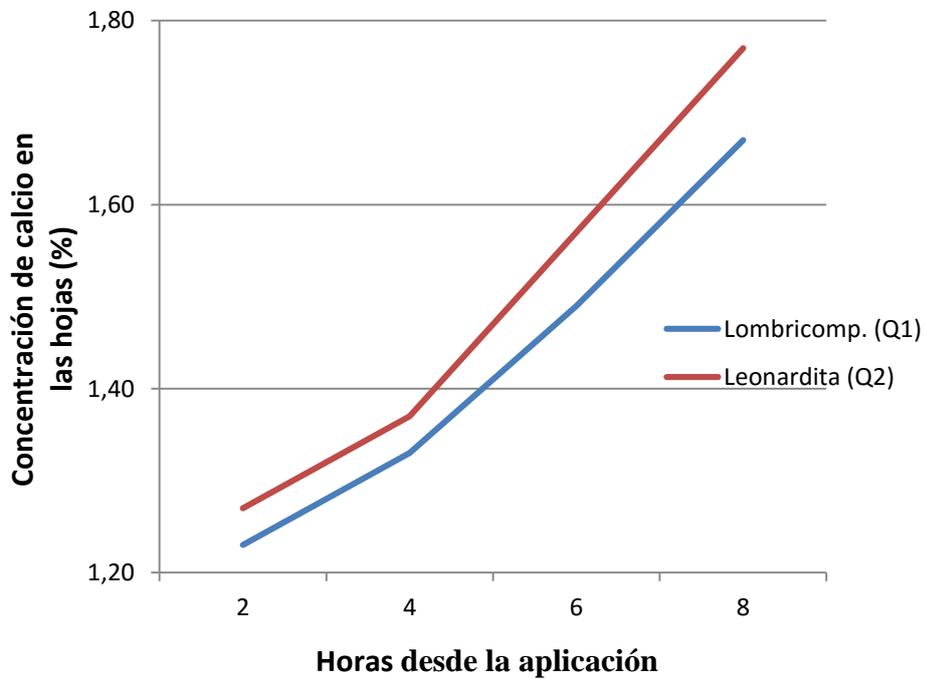


FIGURA 4. Curva de crecimiento para el factor quelatizantes, con respecto a concentración de calcio en las hojas

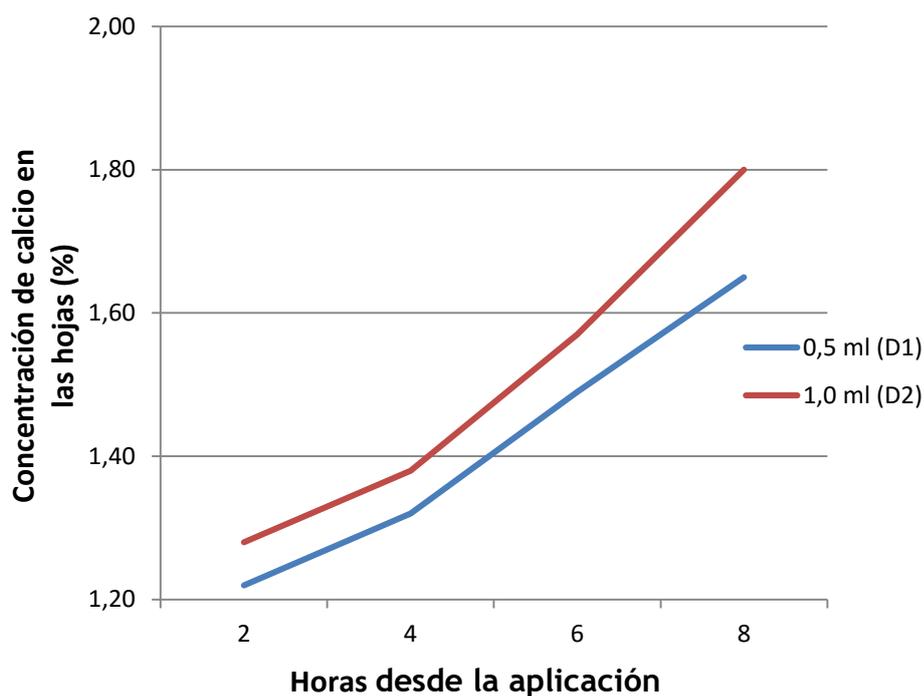


FIGURA 5. Curva de crecimiento para el factor dosis de quelatizantes con respecto a concentración de calcio en las hojas

5.1.2. Número de centros florales por planta

En los tratamientos con aplicación de cáscara de huevo, el mayor número de centros florales por planta se registró en aquellos que recibieron aplicación de 30% de concentración de calcio, más leonardita en dosis de 0,5 ml (C2Q2D1) (tabla 4), con promedio de 7,00 centros florales, que compartió el primero y segundo rango. El menor número de centros florales por planta, por su parte, se detectó en el testigo (T1) (aplicación de calcio al 20%), con promedio de 4,22 centros florales, ubicado en el último rango y lugar en la prueba de Tukey, elaborados tomando en cuenta el análisis de variancia (anexo 11).

Evaluando el factor concentraciones de calcio (tabla 5), se estableció que, los tratamientos que recibieron aplicación de 30% de concentración (C2), reportaron mayor número de centros florales por planta, con promedio de 6,42 centros florales, al ubicarse en el primer rango en la prueba; mientras que, los tratamientos que recibieron aplicación de 20% de concentración de calcio (C1), experimentaron menor número de

centros florales por planta, con promedio de 5,47% centros florales, ubicado en el segundo rango. Igualmente, en el factor quelatizantes, los tratamientos que recibieron aplicación de leonardita (Q2), reportaron mayor número de centros florales por planta, promedio de 6,28 centros, ubicado en el primer rango (tabla 6), en tanto que, los tratamientos de lombricomposteo (Q1), reportaron menor número de centros florales por planta, promedio de 5,61 centros, ubicado en el segundo rango.

Con respecto a los testigos, se estableció que, el número de centros florales por planta, fue significativamente menor, especialmente en los tratamientos del testigo (T1) (concentración de calcio del 20%) y del testigo (T2) (concentración de calcio del 30%), causado esencialmente por la ausencia de aportación de quelatizantes, por lo que la penetración del calcio en las hojas fue menor, cuyo crecimiento y desarrollo al ser menos relevante, ocasionaron menor número de centros florales.

En relación al testigo (T3), aplicación de Wuxal en dosis de 2 ml/l, se detectó que, al ser directamente asimilable por las hojas, reportaron los más altos porcentajes de calcio en las hojas, por lo que las plantas encontraron mejores condiciones de desarrollo, alcanzando los mayores números de centros florales por planta, con promedio de 7,22 centros florales (tabla 4).

Los resultados obtenidos permiten deducir que, aplicación de cáscaras de huevo como fuente de calcio en aplicaciones foliares a las plantas de fresa, es una alternativa para provocar mayores porcentajes de calcio en las hojas, lo que es justificable para dotar a las plantas de mejores condiciones de desarrollo, provocando consecuentemente incrementar el número de centros florales por planta, lo que se traduce en la obtención de mayores rendimientos. Este comportamiento puede deberse a lo manifestado por Diatomeasiberia (2018), que la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos que tiene la leonardita, otorga a las plantas de varias funciones físicas, biológicas y químicas, en las que pueden mejorar mucho su desarrollo y el de los cultivos, además de todo esto, así mismos asevera Rodríguez *et al* (2010) al proceder de grandes concentraciones con materia orgánica fósil humificada de una forma totalmente natural y preservándose durante millones de años, garantiza a nuestros cultivos de todos los nutrientes necesarios. Los ácidos húmicos ayudan a que se produzca un buen intercambio entre todos los elementos nutrientes como el calcio y la propia planta. Gracias a sus moléculas orgánicas veremos potenciadas las acciones del resto de productos que utilizamos. Ayudan a regular el pH del suelo. Mantienen alejados los diferentes

elementos tóxicos como pueden ser el aluminio o el estaño, características que influenciaron notablemente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, con la obtención de mayor número de centros florales por planta.

5.1.3. Firmeza de la hoja

Los tratamientos con aplicación de cáscara de huevo, con mayor firmeza de la hoja se registró en aquellos que recibieron aplicación de 30% de concentración de calcio, más leonardita en dosis de 1,0 ml (C2Q2D2) (tabla 4), con promedio de 1,43 kg/cm², que compartió el primero. La menor firmeza de la hoja, por su parte, se detectó en el testigo (T1) (aplicación de calcio al 20%), con promedio de 1,0 kg/cm², ubicado en el último rango

En relación al factor concentraciones de calcio (tabla 5), se detectó que, los tratamientos que recibieron aplicación de 30% de concentración (C2), reportaron hojas con mayor firmeza, con promedio de 1,29 kg/cm², al ubicarse en el primer rango en la prueba; mientras que, los tratamientos que recibieron aplicación de 20% de concentración de calcio (C1), experimentaron menor firmeza de la hoja, con promedio de 1,14 kg/cm², ubicado en el segundo rango.

Con respecto a los testigos, la firmeza de la hoja fue significativamente menor, especialmente en los tratamientos del testigo (T1) (concentración de calcio del 20%) y del testigo (T2) (concentración de calcio del 30%), causado esencialmente por la ausencia de aportación de quelatizantes, por lo que la penetración del calcio en las hojas fue menor, cuyo porcentaje al ser menor, disminuyó la firmeza de las hojas.

En relación al testigo (T3), aplicación de Wuxal en dosis de 2 ml/l, se detectó que, al ser directamente asimilable por las hojas, reportaron los más altos porcentajes de calcio en las hojas, por lo que las plantas encontraron mejores condiciones de desarrollo, reportaron hojas con mayor firmeza, con promedio de 1,44 kg/cm² (tabla 4).

Los resultados obtenidos permiten deducir que, aplicación de cáscaras de huevo como fuente de calcio en aplicaciones foliares a las plantas de fresa, es una alternativa para provocar mayores porcentajes de calcio en las hojas, lo que es justificable para dotar a las plantas de mejores condiciones de desarrollo, provocando consecuentemente hojas con mayor firmeza. Este comportamiento puede deberse a lo citado por Pthorticulture (2018), que el calcio es uno de los tres nutrientes secundarios, junto con el magnesio

(Mg) y el azufre (S), que requieren las plantas para crecer vigorosamente. Los nutrientes secundarios son esenciales para el crecimiento óptimo de la planta, pero se necesitan en menor cantidad que los nutrientes primarios. El calcio es responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas. Cuando el calcio es deficiente, los tejidos nuevos tales como: las puntas de las raíces, las hojas jóvenes y las puntas de los brotes a menudo presentan un crecimiento distorsionado debido a la formación incorrecta de la pared celular. El calcio también se utiliza para activar ciertas enzimas y enviar señales que coordinan ciertas actividades celulares, características que influenciaron favorablemente en las plantas, cuya presencia incrementó la firmeza de las hojas.

5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos en la aplicación de dos concentraciones de calcio a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*), con dos dosis de quelatizantes, en cultivo de fresa (*Fragaria* sp) variedad Albión, permiten aceptar la hipótesis alternativa (Ha), por cuanto, se observaron mayores contenidos de calcio en las hojas, las que presentaron mayor firmeza, como también las plantas mayor número de centros florales, lo que consecuentemente influenciará favorablemente en la obtención de mayores rendimientos, especialmente al aplicar 30% de concentración de calcio, con 1 ml de leonardita.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

Finalizada la investigación “Aplicación foliar de calcio en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*)”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

En los tratamientos que recibieron aplicación foliar de calcio a partir de cáscaras de huevo, el mayor porcentaje de calcio en las hojas registraron los tratamientos que recibieron aplicación del 30% de concentración de calcio (C2), al reportar 1,32% de calcio en las hojas a las 2 horas de la aplicación, 1,41% a las 4 horas, 1,67% a las 6 horas y 1,78% a las 8 horas, por lo que es el mejor tratamiento, con el cual se incrementa la presencia de calcio en las hojas, lo que mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas. Así mismo, estos tratamientos reportaron mayor número de centros florales por planta (6,42 centros) y hojas con mayor firmeza (1,43 kg/cm²), lo que beneficia la obtención de mejores rendimientos, por lo que es una alternativa para mejorar los porcentajes de calcio en las hojas, con prácticas que no afectan al medio ambiente y reduciendo los costos de producción.

En relación a quelatizantes, los mejores resultados se alcanzaron en los tratamientos que se aplicó leonardita (Q2), el cual facilitó y mejoró la absorción de calcio a través de las hojas de las plantas, al observarse los más altos porcentajes de calcio en las hojas, tanto a las 2 horas (1,27%), a las 4 horas (1,37%) como a las 6 horas (1,57%) y a las 8 horas (1,77%), por lo que es el mejor quelatizante para mejorar las condiciones de desarrollo de las plantas. Así mismo, los tratamientos de leonardita incrementó el número de centros florales por planta (6,28 centros), por lo que es la mejor alternativa para la aplicación de las concentraciones de calcio al cultivo.

Con respecto a dosis de quelatizante, con la aplicación de la dosis de 1,0 ml (D2), se obtuvieron los mejores resultados, al reportar estos tratamientos el mayor porcentaje de calcio en las hojas a las 2 horas (1,28%), a las 4 horas (1,38%) como también a las 6 horas (1,57%) y a las 8 horas (1,80%), por lo que es la dosis apropiada para la aplicación de los quelatizantes y mejorar el efecto de las concentraciones de calcio obtenido a partir de cáscaras de huevo.

La interacción de calcio en concentración del 30% más quelatizante en dosis de 1,0 ml (C2D2), presentó buenos resultados, especialmente en el porcentaje de calcio en las hojas, con los mejores resultados en el porcentaje de calcio en las hojas a las 2 horas (1,40%), como a las 4 horas (1,49%) a las 6 horas (1,79%) y (1,86%) a las 8 horas. La interacción quelatizantes aplicados en dosis de 1,0 ml (Q1D2), reportó los mejores resultados en el porcentaje de calcio en las hojas a las 2 horas (1,32%), como a las 4 horas (1,42%), a las 6 horas (1,59%) y a las 8 horas (1,76%).

Al referirse a los testigos, al no recibir aplicación de quelatizantes, reportaron el menor porcentaje de calcio en las hojas, especialmente el testigo de 20% de concentración (T1), tanto a las 2 horas (1,07%), como a las 4 horas (1,16%), a las 6 horas (1,24%) y a las 8 horas (1,39%). Así mismo reportó el menor número de centros florales por planta (4,22 centros) y hojas con mayor la menor firmeza (1,00 kg/cm²). En relación al testigo Wuxal (T3), al proporcionar a las plantas calcio directamente asimilables para las plantas, estimular la fotosíntesis y brindar un adecuado balance nutricional, para mejorar la calidad de los frutos y órganos a cosechar, reportaron los mayores porcentajes de calcio en las hojas, a las 2 horas (1,56%), a las 4 horas (1,80%), a las 6 horas (1,86%) y a las 8 horas (1,94%), el mayor número de centros florales por planta (7,22 centros) y hojas con mayor firmeza (1,44 kg/cm²).

2. RECOMENDACIONES

Para incrementar los porcentajes de calcio en las hojas, en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*), aplicar la solución de 30% de concentración de calcio más leonardita en dosis de 1,0 ml, por cuanto fue el tratamiento que mejores resultados reportó, en la mayoría de variables analizadas, en las condiciones de manejo que se desarrolló el ensayo, con este propósito se proporcionó la propuesta adjunta.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A. 2013. Aplicación foliar de tres dosis de calcio y tres dosis de boro en el cultivo de fresa (*Fragaria xananassa*. Duch) cultivar oso grande, bajo cubierta. (Tesis

de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato, Ecuador. 109 p.

Angulo, R. (2009). Cultivo de fresa. Bayer crop Science. María Luz Editorial. 43 pp.

Arabuko. (2018). Importancia del calcio en la nutrición de las plantas. En línea. Consultado el 12 de septiembre del 2018. Disponible en <http://arabuko.mx/importancia-del-calcio-en-la-nutricion-de-las-plantas/>.

Avitia E, García, J Pineda,P. , Castillo M y TrejoL., (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)*Revista Mexicana de Ciencias Agríc*5, 519-520.

Barquero, G., Bertsch, F., Gutiérrez, M., Jiménez, A., Molina, E., Saborío, F., Víquez, R. (2002). Fertilización foliar: principios y aplicaciones. *Centro de Investigaciones Agronomicas*,.Recuperado a partir de [http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria Curso Fertilización Foliar.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf).

Bayer. (2008). Gallina Ciega. Perú. Consultado: 10/11/2017. Disponible en: <http://www.bayercropscience.com.pe/web/index.aspx?articulo=695>. Recuperado de: [https://www.cropscience.bayer.ec/~media/Bayer%20CropScience/Peruvian/Country ECUADOR/PRODUCTOS/Fichas%20Tecnicas-/WUXAL %20CALCIO.ashx](https://www.cropscience.bayer.ec/~media/Bayer%20CropScience/Peruvian/Country%20ECUADOR/PRODUCTOS/Fichas%20Tecnicas-/WUXAL%20CALCIO.ashx).

Benitez, G;Sarno, M; y Delfino, M. (2000). *Disolución de la cáscara de huevo de gallina en HCl. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Argentina. Recuperado a partir de http://www.unne.edu.ar/ja/Web/cyt/cyt/2000/8_exactas/e_pdf/e_0-53.pdf.

Bolda, M. (2009). Deficiencia de calcio en la fresa - fresas y moras - ANR Blogs. Recuperado 25 de julio de 2017, a partir de <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/post-detail.cfm?postnum=1875>.

Bouzo, C. (2012). Efecto de la aplicación foliar de calcio. *scielo* , 257-262.

Cardona, C; Arjona, H; Araméndiz, T. (2005). Influencia de la fertilización foliar con Ca sobre la pudrición apical en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Influence of the foliar fertilization Ca on the blossom-end rot (BER) in tomato. *Agronomía Colombiana ISSN:*, 23, 223-229.

Castañeda, M y Stechina, D. (2002). Alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de cáscara de huevo, residuo derivado de la industria de ovoproductos. En Monseñor Tavella 1450 - (3200) Concordia & (Argentina). (Eds.), *La Plata* (Vol. 47, p. 6). Argentina. Recuperado a partir de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49186/Documento_completo.pdf?sequence=3.

Chango E. (2009). Evaluación de tres productos a base de calcio con aplicaciones foliares, en tres dosis en el cultivo de Rosas Var. Forever young, bajo Invernadero (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Corrochano, A. (2013). *Agrobeta*. Recuperado el 21 de 09 de 2018, de Agrobeta: <https://www.agrobeta.com/agrobetablog/2013/02/agrobeta-calcio-eco-solucion-de-problemas-de-calcio-en-cultivos-ecologicos/#.W6EaxyRKi1u>

Diatomeasiberia. (2018). Leonardita, aplicaciones. En línea. Consultado el 13 de septiembre del 2018. Disponible en <https://diatomeasiberia.com/leonardita-aplicaciones/>.

Díaz, A., Cayón, G., Mira, J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la «mancha de madurez» del fruto de banano. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 280-287. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18-0320296010>.

Dinamarca P. 2005. Cultivo de Fresa. Recuperado de: http://www.indap.gob.cl/Docs/Documentos/Estrategias%20Regionales%20Competitividad%20por%20Rubro/Estrategias%20Regionales%202005/REGION_05/11Frutillas-ExposicionEspecialista.pdf.

FAO. 2000. La fresa. En línea. Consultado 31 diciembre del 201. Disponible en <http://www.fao.org/faostat>.

FAO. (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos, 234.

Folquer, F. 1986. La frutilla o fresa. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 150 p.

Fueyo, M. (1998). Tecnología Agroalimentaria. Recuperado 26 de julio de 2017, a partir de <http://www.serida.org/pdfs/268.pdf>.

Geydan, T. D., & Spinel, C. (2007). La onda de calcio en células vegetales. Acta Biológica Colombiana, 12, 115-119.

Gobierno Autónomo Descentralizado Quero. (2011). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santiago de Quero - Provincia de Tungurahua (p. 167). Quero.

Gómez, L. (2011). *Cuantificación de Calcio en soluciones caseras que contienen cáscara pulverizada de huevo de gallina (Gallus gallus)*. Universidad De San Carlos De Guatemala.

Holdridge, L. (1982). Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez. San José de Costa Rica, CR., IICA. 216 p.

Infoagro. (2018). Lombricompost, vermicompost o humus de lombriz . En línea. Consultado el 12 de Agosto del 2018. Disponible en <https://infoagro.com/mexico/lombricompost-vermicompost-o-humus-de-lombriz/>.

Infojardín. (2011). Cultivo de fresa. (en línea). Consultado el 13/09/2017. Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-fresa-freson-fresasfresones.htm>.

inSlide . (2013). *Slide Share*. Recuperado el 12 de 09 de 2018, de Slide Share: <https://es.slideshare.net/abdi8/experimento-de-el-huevo-sumergido-en-vinagre>.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, I. (2015). Anuario meteorológico Nro 52-2012.

Jurado, A. (2010) *Lombricor*. Madrid-España. Recuperado de: http://www.lomricor.com/documentacion/Que_es_la_leonardita.pdf.

Lanauskas, J.; Uselis, N.; Valiuskaite, A.; Viskelis, P.(2006). Effect of foliar and soil applied fertilizers on strawberry healthiness, yields and berry quality. *Agronomy Research* 4, 247-250.

Lester, G. y Grusak, M (2010), "Postharvest Application of Calcium and Magnesium to Honeydew and Netted Muskmelons: Effects on Tissue Ion Concentrations, Quality, and Senescence," *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(5):545-552

Llumiquinga, P. (2017). *universidad central del ecuador*. Universidad Central del Ecuador.

López, R., Gonzáles, G., Vásques, R., Olivares, E., Vidales, J., & Carranza, R. (2014). Metodología para obtener ácidos húmicos y fulvicos y su caracterización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* , 1397-1407.

MAGAP. (2015). El cultivo de Fresa en la provincia de Tungurahua. Recuperado de: <http://www.agricultura.gob.ec/tungurahua-magap-produccion-decultivos-asociados/>.

Orellán G. (2010). El Cultivo de la Fresa. Consultado: 10 de nov. 2013. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos91/cultivo-fresa/cultivo.fresa>.

Ortega, J. (2013). Manual de Cultivo de Fresa. Estrategia Agropecuaria Tungurahua, 2-30.

Patiño, D.; Garcia, F.; Barrera, E.; Quejada, O.; Rodriguez, H. y Arroyo, I. (2014). Manual técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas. Gobernación de Antioquia. Medellín, Colombia.

Pedroza, D. (2008). Plagas de la Fresa. Consultado: 10 de nov. 2013. Disponible en: <http://tododelafresa.blogspot.com/2008/09/plagas-de-la-fresa.html>.

Pthorticulture. (2018). Rol del calcio en los cultivos. En línea. Consultado el 10 de Julio del 2018. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-calcio-en-el-cultivo-de-plantas/>.

Rodríguez, M., Venegas, J., Angoa, P., y Montañez, J. (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 133-147.

Reyes, J; Álvarez, J.; y Fernandez, G. (2013). Papel del calcio en la apertura y el cierre estomático y sus interacciones con solutos compatibles. *scielo*, 7, 11.

Solís, M. (2011). Evaluación de tres láminas y dos frecuencias de fertirriego, aplicadas por el método de goteo localizado en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) en la de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato.

Tetra, (2004). La Importancia del calcio. Texas. En línea. Consultado el 21 de Septiembre del 2017. Disponible en: www.tetrachemicals.com

Todoagro. (2018). Lombricompost. En línea. Consultado el 21 de Septiembre del 2018. Disponible en <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=24195>.

Vivas, L. (2012). *La fresa: investigación de mercado*: Universidad Privada San Juan Bautista. Recuperado a partir de http://corpfrasvivas.blogspot.com/2012-11/investigacion-de-mercado_11.html.

Yagüe J y Bolívar, C. (2005). Guía Práctica de Productos Fitosanitarios. Ed. Mundi Prensa 2a ed. 442 p.

6.4. ANEXOS

ANEXO 1. CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LAS HOJAS A LAS 2 HORAS (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	C1Q1D1	1,15	1,11	1,14	3,40	1,13
2	C1Q1D2	1,12	1,20	1,28	3,60	1,20
3	C1Q2D1	1,25	1,23	1,24	3,72	1,24
4	C1Q2D2	1,09	1,17	1,15	3,41	1,14
5	C2Q1D1	1,05	1,13	1,21	3,39	1,13
6	C2Q1D2	1,44	1,41	1,47	4,32	1,44
7	C2Q2D1	1,37	1,35	1,36	4,08	1,36
8	C2Q2D2	1,40	1,32	1,36	4,08	1,36
9	T1	1,03	1,09	1,10	3,22	1,07
10	T2	1,11	1,10	1,12	3,33	1,11
11	T3	1,49	1,64	1,54	4,67	1,56

ANEXO 2. CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LAS HOJAS A LAS 4 HORAS (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	C1Q1D1	1,39	1,15	1,19	3,73	1,24
2	C1Q1D2	1,29	1,25	1,31	3,85	1,28
3	C1Q2D1	1,33	1,42	1,40	4,15	1,38
4	C1Q2D2	1,27	1,24	1,24	3,75	1,25
5	C2Q1D1	1,12	1,24	1,36	3,72	1,24
6	C2Q1D2	1,56	1,58	1,54	4,68	1,56
7	C2Q2D1	1,43	1,40	1,46	4,29	1,43
8	C2Q2D2	1,41	1,35	1,47	4,23	1,41
9	T1	1,19	1,11	1,17	3,47	1,16
10	T2	1,23	1,22	1,22	3,67	1,22
11	T3	1,79	1,84	1,77	5,40	1,80

ANEXO 3. CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LAS HOJAS A LAS 6 HORAS (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	C1Q1D1	1,52	1,33	1,27	4,12	1,37

2	C1Q1D2	1,37	1,27	1,49	4,13	1,38
3	C1Q2D1	1,38	1,44	1,55	4,37	1,46
4	C1Q2D2	1,28	1,41	1,30	3,99	1,33
5	C2Q1D1	1,37	1,40	1,43	4,20	1,40
6	C2Q1D2	1,80	1,73	1,85	5,38	1,79
7	C2Q2D1	1,63	1,72	1,81	5,16	1,72
8	C2Q2D2	1,78	1,75	1,81	5,34	1,78
9	T1	1,30	1,21	1,22	3,73	1,24
10	T2	1,32	1,25	1,28	3,85	1,28
11	T3	1,80	1,84	1,94	5,58	1,86

ANEXO 4. CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LAS HOJAS A LAS 8 HORAS (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	C1Q1D1	1,53	1,60	1,63	4,76	1,59
2	C1Q1D2	1,57	1,85	1,71	5,13	1,71
3	C1Q2D1	1,74	1,50	1,56	4,80	1,60
4	C1Q2D2	1,78	1,91	1,65	5,34	1,78
5	C2Q1D1	1,69	1,51	1,53	4,73	1,58
6	C2Q1D2	1,80	1,75	1,87	5,42	1,81
7	C2Q2D1	1,89	1,74	1,82	5,45	1,82
8	C2Q2D2	1,90	1,81	1,99	5,70	1,90
9	T1	1,40	1,36	1,40	4,16	1,39
10	T2	1,48	1,41	1,58	4,47	1,49
11	T3	1,91	1,97	1,95	5,83	1,94

ANEXO 5. NÚMERO DE CENTROS FLORALES POR PLANTA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	C1Q1D1	4,67	5,00	5,33	15,00	4,67
2	C1Q1D2	5,67	4,67	5,00	15,34	5,67

3	C1Q2D1	5,33	7,33	6,33	18,99	5,33
4	C1Q2D2	5,67	5,33	5,33	16,33	5,67
5	C2Q1D1	6,33	5,33	6,00	17,66	6,33
6	C2Q1D2	6,33	6,33	6,67	19,33	6,33
7	C2Q2D1	7,00	7,67	6,33	21,00	7,00
8	C2Q2D2	6,67	6,33	6,00	19,00	6,67
9	T1	4,00	4,33	4,33	12,66	4,00
10	T2	4,67	5,00	4,67	14,34	4,67
11	T3	7,00	7,33	7,33	21,66	7,00

ANEXO 6. FIRMEZA DE LA HOJA (kg/cm²)

No.	Símbolo	Repeticiones			Total	Promedio
		I	II	III		
1	C1Q1D1	0,92	1,19	1,33	3,44	1,15
2	C1Q1D2	1,26	1,09	0,91	3,25	1,08
3	C1Q2D1	1,25	0,87	1,15	3,28	1,09
4	C1Q2D2	1,35	1,12	1,24	3,72	1,24
5	C2Q1D1	1,27	1,23	1,34	3,84	1,28
6	C2Q1D2	1,40	1,25	1,08	3,73	1,24
7	C2Q2D1	1,30	1,22	1,18	3,70	1,23
8	C2Q2D2	1,36	1,49	1,44	4,29	1,43
9	T1	0,94	1,04	1,01	2,99	1,00
10	T2	1,05	1,07	1,02	3,14	1,05
11	T3	1,44	1,42	1,45	4,31	1,44

ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LA HOJA A LAS 2 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,01	0,01	2,51ns
Tratamientos	10	0,75	0,07	37,28**
Concentrac. de calcio (C)	1	0,13	0,13	65,00**
Quelantizantes (Q)	1	0,01	0,01	5,00*
Dosis de quelatizan. (D)	1	0,03	0,03	15,00**
C x Q	1	0,0043	0,0043	2,15ns
C x D	1	0,05	0,05	25,00**
Q x D	1	0,09	0,09	45,00 **
C x Q X D	1	0,01	0,01	5,00ns
T1 vs. T2	1	0,002	0,002	1,01ns
T1+T2 vs. T3	1	0,43	0,43	216,16**
T1+T2+T3 vs. resto	1	0,00073	0,000073	0,04ns
Error experimental	20	0,04,	0,002	
Total	32	0,80,		

Promedio: 1,25%

Coefficiente de variación = 3,58%

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LA HOJA A LAS 4 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,01	0,0025	0,64ns
Tratamientos	10	1,04	0,10	26,17**
Concentrac. de calcio (C)	1	0,09	0,09	22,50**
Quelantizantes (Q)	1	0,01	0,01	2,50ns
Dosis de quelatizan. (D)	1	0,02	0,02	5,00ns
C x Q	1	0,0017	0,0017	0,43ns
C x D	1	0,06	0,06	15,00**
Q x D	1	0,10	0,10	25,00**
C x Q X D	1	0,01	0,01	2,50ns
T1 vs. T2	1	0,01	0,01	1,67ns
T1+T2 vs. T3	1	0,74	0,74	186,84**
T1+T2+T3 vs. resto	1	0,01	0,01	3,09ns
Error experimental	20	0,08	0,004	
Total	32	1,13		

Promedio: 1,36%

Coefficiente de variación = 4,63%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 9. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LA HOJA A LAS 6 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,02	0,01	1,53ns
Tratamientos	10	1,58	0,16	28,48**
Concentrac. de calcio (C)	1	0,50	0,50	50,00**
Quelatizantes (Q)	1	0,04	0,04	4,00*
Dosis de quelatizan. (D)	1	0,04	0,04	4,00*
C x Q	1	0,03	0,03	3,00ns
C x D	1	0,12	0,12	12,00**
Q x D	1	0,08	0,08	8,00**
C x Q X D	1	0,02	0,02	2,00ns
T1 vs. T2	1	0,0024	0,0024	0,43ns
T1+T2 vs. T3	1	0,71	0,71	128,49**
T1+T2+T3 vs. resto	1	0,03	0,03	5,23*
Error experimental	20	0,11	0,01	
Total	32	1,71		

Promedio: 1,51%

Coefficiente de variación = 4,93%

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 10. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN LA HOJA A LAS 8 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,0048	0,0024	0,27ns
Tratamientos	10	0,93	0,09	10,54**
Concentración. de calcio (C)	1	0,07	0,07	7,00*
Quelatizantes (Q)	1	0,07	0,07	7,00*
Dosis de quelatizante (D)	1	0,14	0,14	14,00**
C x Q	1	0,02	0,02	2,00ns
C x D	1	0,000037	0,000037	0,0033ns
Q x D	1	0,003	0,003	0,30ns
C x Q X D	1	0,02	0,02	2,00ns
T1 vs. T2	1	0,02	0,02	1,82ns
T1+T2 vs. T3	1	0,51	0,51	57,81**
T1+T2+T3 vs. resto	1	0,09	0,09	9,88**
Error experimental	20	0,18	0,01	
Total	32	1,11		

Promedio: 1,69%

Coefficiente de variación = 5,56%

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 11. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE CENTROS FLORALES POR PLANTA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,11	0,05	0,23ns
Tratamientos	10	27,66	2,77	11,91**
Concentración de calcio (C)	1	5,35	5,35	23,26**
Quelatizantes (Q)	1	2,66	2,66	11,57**
Dosis de quelatizante (D)	1	0,29	0,29	1,26ns
C x Q	1	0,16	0,16	0,70ns
C x D	1	0,17	0,17	0,74ns
Q x D	1	1,85	1,85	8,04*
C x Q X D	1	0,02	0,02	0,09ns
T1 vs. T2	1	0,47	0,47	2,03ns
T1+T2 vs. T3	1	14,80	14,80	63,71**
T1+T2+T3 vs. Resto	1	1,89	1,89	8,13**
Error experimental	20	4,64	0,23	
Total	32	32,41		

Promedio: 5,80 centros florales por planta

Coefficiente de variación = 8,31%

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 12. SECADO DE CÁSCARAS DE HUEVO



ANEXO 13. CENTRO DE PRODUCCIÓN



ANEXO 14. PREPARACIÓN DE LOMBRICOMPUESTO Y LEONARDITA



ANEXO 15. APLICACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO



CAPÍTULO VII PROPUESTA

7.1. DATOS INFORMATIVOS

Tema: Aplicación foliar de calcio en concentración del 30%, más leonardita en dosis 1,0 ml, en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*).

La propuesta será administrada por la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, dirección de vinculación con la sociedad.

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Esta propuesta se planteó en relación a los mejores resultados encontrados en la investigación, de los tratamientos que recibieron aplicación de concentraciones de calcio proveniente de cáscaras de huevo, en donde se observaron los mejores resultados en las plantas que recibieron aplicación de concentración de 30% de calcio.

7.3. JUSTIFICACIÓN

La nutrición de la planta es muy importante para su estado de salud, productividad y calidad de frutos pero sin embargo, en determinadas condiciones pueden interrumpir la captura de nutrientes, incluso en suelos ricos (Lanauskas et al., 2006). Los fertilizantes de aplicación foliar usualmente compensan o suplementan esta carencia. La nutrición foliar con fertilizantes con calcio juega un papel importante en el aumento de los contenidos de nutrientes en vegetales durante la fructificación. (Bouzo, 2012).

El calcio es un elemento estructural en la planta ya forma parte de la lámina media, las paredes y membranas de las células y además, participa en la división y extensión celulares, influye en la acción de hormonas y señales, estabiliza la pared y membrana, y contribuye al equilibrio iónico de la célula. Para la compartimentalización de la célula, la distribución del calcio se da según la cantidad de iones Ca^{2+} absorbidos. Cuando hay una buena absorción, la mayor proporción de calcio total está en la lámina media, seguido por las membranas, los organelos y por último el citosol. Las concentraciones en el citosol son de 0,1 a 0,2 μM , mientras que en las vacuolas se

encuentra 105 veces más, en el cloroplasto presenta un rango de 6,5 a 15 μM y en el estroma 2,4 a 6,3 μM (Díaz, Cayón y Mira, 2007).

7.4. OBJETIVO

Aplicar calcio proveniente de cáscaras de huevo de gallina (*Gallus gallus*), en concentración del 30%, más leonardita en dosis 1,0 ml, al cultivo de fresa (*Fragaria sp*), para mejorar las condiciones de desarrollo de las plantas e incrementar la producción y productividad del cultivo.

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Esta propuesta es factible efectuarla, valorando todos los aspectos técnicos que deben conocerse para llevar adelante la producción técnica de frutos de fresa (*Fragaria sp*), considerando que las soluciones de calcio son de fácil adquisición, baratos y de fácil manipuleo, buscando siempre mejorar la producción y productividad del cultivo.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

La fresa es un producto de relevancia en la provincia de Tungurahua, el área cultivada se aproxima a una extensión de 40 hectáreas que se distribuyen en todos los cantones, alcanzando una producción estimada de 10 toneladas mensuales (Ortega,2013).

La cáscara de huevo de gallina es una excelente fuente de calcio, se constituye en un 96% por carbonato de calcio, y en menor porcentaje por otros minerales como fósforo y magnesio, que facilitan la absorción del mismo de manera que se puede utilizar como una alternativa (Gómez, 2011).

La leonardita es una forma de ácidos húmicos encontrada exclusivamente en Dakota del Norte. Es llamada así en homenaje al Dr. A.G. Leonard, el primer director del servicio geológico del estado de Dakota. Las partículas del complejo arcillo-húmico tienen carga eléctrica negativa, por lo que tienen la propiedad de atraer y retener sobre su superficie a los nutrientes que en su inmensa mayoría son de carga positiva. Todos

los compuestos húmicos, y especialmente los de la fracción fúlvica, son excelentes quelatantes e intercambiadores catiónicos (Jurado, 2010).

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1. Obtención de la concentración de calcio

Tomar 1000 g de cáscaras de huevos verdes. En un contenedor de secado dejar secar por el lapso de cinco días. Seguidamente pulverizar utilizando un molino de cuchillas de 0,5 milímetros de la malla. Pesar 10 g de polvo de la cáscara de huevo, colocando en un matraz de 500ml, al cual se agregará ácido acético (vinagre) al 5% o jugo de limón y luego se aforar hasta los 300 ml. Agitar con agitador magnético durante 24 horas para liberar el dióxido de carbono gaseoso (inSlide , 2013). Transcurrido este tiempo filtrar y aforar hasta llegar a 500ml. La cuantificación de la concentración de calcio al 30% se hará utilizando espectrofotometría de absorción atómica.

7.7.2. Obtención de solución de leonardita

Pesar 5 g de leonardita, colocando en un matraz de 250 ml, al cual se adicionará 100 ml de hidróxido de potasio (KOH), 1N. El matraz con la solución se colocó en “baño María” a 60°C durante dos horas, para luego dejar enfriar (López, et al., 2014).

7.7.3. En el campo

7.7.3.1. Características del cultivo establecido

Cultivo de fresa en producción.

7.7.3.2. Poda de mantenimiento

Se realizará una poda de mantenimiento al cultivo, eliminando hojas viejas de racimos ya cosechados; dos días antes de la aplicación de la solución de calcio.

7.7.3.3. Aplicación de concentración de calcio

La aplicación de la concentración de calcio al 30%, más Leonardita en dosis de 1,0 ml, se efectuará rociando con atomizador todo el follaje de las plantas, midiendo 15 ml de solución respectivamente a todas las plantas.

7.7.3.4. Riegos

Los riegos serán por goteo, con una frecuencia de dos riegos por semana, de acuerdo a las condiciones climáticas presentes, manteniendo el criterio de capacidad de campo.

7.7.3.5. Controles fitosanitarios

Se realizarán aplicaciones fitosanitarias para mantener al cultivo libre de plagas y enfermedades.

7.8. ADMINISTRACIÓN

Esta propuesta se llevará a cabo mediante organizaciones capacitadas, que cuenten con los recursos y el personal técnico apropiado y adiestrado para la producción de frutos de fresa en cultivo establecido. Las personas responsables del manejo tecnológico deberán entender a satisfacción los requerimientos nutritivos, fisiológicos y fitosanitarios durante la etapa de producción, como el manejo técnico del cultivo.

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Los beneficios de la aplicación de 30% de calcio, proveniente de cáscaras de huevo de gallina, en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp), se informará a los pequeños y medianos productores mediante la divulgación de la información, utilizando como medios, la vinculación directa con los agricultores y productores, con días de campo, en donde se elaborarán parcelas demostrativas, con la debida comparación de resultados y

demostrar los beneficios de la aplicación de calcio vía foliar. Luego de un período de tiempo de un año se evaluará el impacto de la aplicación de la presente propuesta a un segmento de los productores de fresa.