

I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el cultivo del tomate de árbol es realizado principalmente por pequeños y medianos productores que han incrementado en la última década la superficie cosechada de 1370 ha en 1993 a 3250 ha en 1997, en tanto que el censo del 2001 reportó que existen 4062 ha de cultivo. El incremento en área ha sido paulatino año tras año, no así los rendimientos que tienden a la baja con 13, 8 y 5,5tn/ha en los años señalados siendo las causas principales de las pérdidas problemas ocasionados principalmente por plagas. (MAG-PRSA, 1994; MAG-PRSA, 1998; INEC-MAG-SICA, 2002; citados por León J. *et al.*, 2004).

No obstante, los problemas van más allá de tener bajos rendimientos ya que para tratar de remediar dichas bajas los agricultores utilizan grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas los mismos que causan un gran impacto al ambiente: destruyendo de esta manera la vida que existe en el suelo, afectando de forma directa los procesos de mineralización de nutrientes, formación de agregados y aireación del suelo; arrasan con las poblaciones de insectos benéficos, reduciendo la polinización y el control biológico de plagas, y lo más alarmante causan un gran daño a la salud de los productores y consumidores por la alta cantidad de residuos tóxicos que quedan en la fruta. Todo esto acompañado de un mal manejo tanto del agua como del suelo han ocasionado que este cultivo sea uno de los más difíciles de realizar y que las

probabilidades de ingresar con la fruta a mercados internacionales sean muy bajas.

La necesidad de buscar nuevas tecnologías que permitan obtener cultivos cada vez más sanos, con productos de mejor calidad que se los pueda consumir sin temor alguno y que para producirlos no se afecte a la naturaleza, conlleva a realizar una investigación que permita encontrar productos amigables con el ambiente que proporcionen beneficios tanto en la fertilización como en el control de plagas y enfermedades.

Una buena alternativa son los fertilizantes a base de silicio los mismos que proporcionan gran cantidad de beneficios tales como: resistencia mecánica de las plantas a plagas y enfermedades, disminuye el uso de fungicidas, reduce la utilización de insecticidas, mantiene los enemigos naturales; aumenta la eficiencia agronómica de los fertilizantes (principalmente fosfatados), reduce la necesidad de agua por las plantas, no produce CO₂ responsable del efecto invernadero (Mejisulfatos, 2005).

Las grandes cantidades de fertilizantes y de pesticidas requeridos para cultivar tomate de árbol y la lista de beneficios que presenta el silicio como fertilizante; hacen notar que la introducción de este elemento en este cultivo, genere expectativas que aparte de ser favorables, se vayan tornando interesantes con miras a llegar a una agricultura ecológica y cada vez más limpia y segura.

Los objetivos que se plantearon fueron: el objetivo general que consistió en determinar los efectos que produce el silicio como complemento en la fertilización edáfica y foliar en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol, tanto en el rendimiento como en la sanidad de las plantas, así como también los siguientes objetivos específicos: cuantificar los días transcurridos desde la floración hasta la cosecha, contabilizar el número de frutos cuajados por inflorescencia, evaluar el porcentaje de severidad de

antracnosis en los frutos de manera que se pueda verificar la resistencia mecánica que genera el silicio en las plantas, determinar rendimiento, realizar un análisis económico para poder saber cual de los tratamientos es el más rentable, comparar el contenido de manganeso entre los frutos de los tres mejores tratamientos con frutos de la zona.

La hipótesis planteada fue: la incorporación del silicio como complemento de la fertilización en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), no incide en el rendimiento ni en la sanidad de las plantas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CULTIVO DE TOMATE DE ARBOL.

2.1.1 Origen.

Hasta hace pocos años, muchos autores mantenían que el tomate de árbol era nativo de la región andina, principalmente de la vertiente oriental del Ecuador y Perú (Popenoe H, *et al.*,1989; Albornoz, 1989 citados por León J. *et al.*, 2004), investigaciones recientes señalan que el tomate de árbol cultivado está estrechamente relacionado con un complejo de materiales silvestres bolivianos de acuerdo a evidencias moleculares, estudios morfológicos y datos de campo, por lo cual los ecotipos cultivados se cree se originaron en esa región (Bohs y Nelson, 1979, citados por León J, *et al.*, 2004).

2.1.2 Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica del tomate de árbol es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	betaceum
Nombre científico:	<i>Solanum betaceum</i> Cav.

2.1.3 Descripción Botánica.

Planta arbustiva con tallos semileñosos, de follaje grande, alcanzando una altura de 2 a 3 m, las hojas son cordiformes (forma de corazón), carnosas, levemente pubescentes y muy grandes. Las flores son de color rosa y lavanda, agrupadas en racimos terminales, las cuales florecen de manera escalonada. Los frutos son solitarios ó se encuentran agrupados, de colores variables, del amarillo al rojo, de forma ovoidal con ápices puntiagudos, contienen muchas semillas pequeñas en cantidades de 120 a 150. La pulpa es de color variable, del amarillo al anaranjado ó al anaranjado rosáceo, cuyo sabor recuerda al tomate (Calvo I, 2009).

2.1.4 Genotipos y Variedades.

En el Ecuador no existe una clasificación clara de los genotipos del tomate de árbol, que son cultivados, lo que ha dado lugar a confusiones en su denominación. También se puede señalar que no existen variedades propiamente dichas, con excepción del híbrido Mora introducido desde Nueva Zelandia, obtenido del cruzamiento entre el Rojo Puntón y el Negro Silvestre Lojano. Las principales variedades conocidas son: Amarillo, Negro, Redondo, Puntón (común), Rojo, Amarillo Gigante, Mora (Neozelandés) y Mora Ecuatoriano (Revelo J. *et al.*, 2004).

2.1.5 Condiciones edafoclimáticas del cultivo.

El tomate de árbol se cultiva en el Ecuador, en altitudes que van desde los 1000 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar, bajo un rango de temperatura que oscila entre los 8°C hasta los 26°C, precipitaciones de 500 a 2500mm anuales y humedades relativas del 60 al 80% (Morales, 2001; Feicán, 1999; Bazante, 1986, Viera, 2002; Pacheco 1990; citados por León J. *et al.*, 2004).

De acuerdo al desarrollo y mayor capacidad exploratoria de las raíces del tomate de árbol, se requieren suelos de textura franco, con pH ligeramente ácido a neutro

(6-7), con buen contenido de materia orgánica (4-5%) y mediana profundidad (50cm), (León J. *et al.*, 2004).

2.1.6 Principales zonas de producción de tomate de árbol en el Ecuador.

Las principales áreas de cultivo están en Pelileo, Patate, Los Andes, Montalvo, Totoras, Baños (Tunguragua), Caranqui, San Antonio, Natabuela, Chaltura, Imantag, Pimanpiro, Cahuasquí, Intag (Imbabura); Ascázubi, El Quinche, Checa, Pifo, Puembo, Yaruqui, Tumbaco (Pichincha); Sigsig, Bulán, Sevilla de Oro, Palmas (Azuay); en menor escala se cultiva en el resto de la Sierra y algunos lugares del Oriente, donde el cultivo tiene mayores problemas fitosanitarios por las condiciones ambientales de alta temperatura y precipitación (Morales, 2001; Feicán, 1999; citados por León J. *et al.*, 2004).

2.1.7 Sistemas de producción en el Ecuador.

En el país dependiendo de la zona y la distribución de las lluvias se pueden definir dos sistemas de producción de tomate de árbol: Sistema de producción bajo temporal (lluvias estacionales) y sistema de producción bajo temporal (lluvias estacionales) más riego (Revelo J. *et al.*, 2004).

2.1.8 Propagación de plantas.

La propagación de las plantas se puede realizar de dos maneras; sexual, por medio de semilla y asexual por medio de estacas e injertos esta última se hace utilizando patrones de tabaquillo (*Nicotiana glauca*) o Cujaco (*Solanum ispidum*), con el fin de dar resistencia a la planta al ataque de enfermedades como: Fusarium y Nemátodos (Revelo J. *et al.*, 2004).

2.1.9 Requerimientos nutricionales

Según Feicán *et al.*, (1999), citados por León J. *et al.*, (2004), un huerto con rendimientos de 60 Tn/ha de fruta, extrae del suelo por los diferentes órganos de la planta, en un año de producción, las siguientes cantidades de nutrientes por hectárea: Nitrógeno 312 kg, Fósforo 40 kg, Potasio 385 kg, Calcio 188 kg, Magnesio 60 kg, Zinc 0,36 kg. La fertilización es de acuerdo al requerimiento considerando las recomendaciones del análisis de suelo y foliares.

Según los contenidos del análisis de suelo se pueden usar los siguientes niveles como base para la recomendación de fertilización (cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de fertilización recomendados en base al análisis de suelo.

kg/ha/año				
NINEL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg-S
BAJO	600-800	230-280	700-900	80-100
MEDIO	400-600	180-230	500-700	60-80
ALTO	200-400	130-180	300-500	40-60

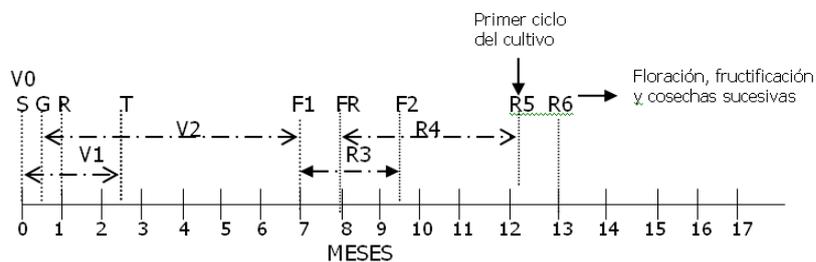
Fuente: INIAP-Bullcay, 1998 (modificado granja Tumbaco, 2003).

En el primer año se sugiere aplicar el 50% de la recomendación, fraccionándola para la fertilización de fondo y el mantenimiento del cultivo (Villavicencio, A; Vásquez W, 2008).

2.1.10 Fenología.

Revelo J. *et al.*, (2004), hacen referencia a las fases fenológicas del tomate de árbol en la figura 1. El tiempo de duración del desarrollo de la plántula se estimó bajo condiciones de la zona de Guadalupe – Tungurahua (altitud, 2500msnm; precipitación, 631 mm; temperatura, 17.8°C; humedad relativa, 64%) y el del desarrollo del cultivo después del transplante, en la zona de Nangulví Alto – Imbabura (altitud, 1800msnm; precipitación, 1200 mm; temperatura, 16°C; humedad relativa, 90%).

Figura 1. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL



S: Siembra	FR: Inicio fructificación (entre el quinto y sexto mes del transplante)
G: Germinación (3 a 4 semanas)	R3: Periodo de floración (entre 3 a 4 meses)
R: Repique (4 a 5 semanas)	F2: Máxima floración (entre el sexto y séptimo mes del transplante)
V1: Crecimiento en vivero (2 a 2 ½ meses)	R4: Periodo fructificación (alrededor de 4 meses)
T : Transplante a campo (a los 2 a 2 ½ meses)	R5: Primera cosecha (entre el noveno y décimo mes del transplante)
V2: Crecimiento vegetativo (7 meses)	R6: Segunda cosecha (entre 2 y 3 semanas) y floración, fructificación y cosechas sucesivas.
F1: Inicio floración (entre el cuarto y quinto mes del transplante)	

Fuente: Revelo J. et al., (2004)

En el segundo año, la planta presenta un estado mayormente productivo, especialmente durante los 8 primeros meses, que luego decrece momentáneamente, si se mantiene en un buen estado nutricional y se realiza una poda para eliminar ramas débiles, enfermas y secas, se puede continuar con la producción con calidad por 8 meses más, caso contrario la producción empieza a bajar en calidad y cantidad hasta el final del año y durante el tiempo que se mantenga el tercer año (León J. et al., 2004).

2.1.11 Principales plagas y enfermedades.

Las principales plagas que atacan a este cultivo son; los pulgones o áfidos, el *Agrotis* o trozador, el cutzo o gallina ciega, nemátodos y el chinche patón; así mismo las principales enfermedades que atacan a este cultivo son; la **podrición radicular** (*Fusarium oxisporum*), **mancha negra** (*Fusaium solani*), **tizón temprano** (*Alternaria sp.*), **tizón tardío** (*Phytophthora infestans*), **Oidio o Cenicilla** (*Oidium sp.*), **Virus y Antracnosis u Ojo de pollo** (*Colletotrichum gloesporoides*) siendo este último el que más pérdidas causa en este cultivo (Revelo J. et al., 2004).

2.2 EL SILICIO.

El Silicio (**Si**) es el segundo elemento más abundante y disperso en la corteza de la Tierra , la Luna y Marte, después del Oxígeno (O_2). En la corteza terrestre, excepto las formas inertes-cristalinas e insolubles del silicio; cuarzo, arena, cristales-minerales, zeolitas, en la naturaleza se encuentran formas biogeoquímicas activas de silicio, en la solución del suelo, como las derivadas del ácido silícico; monómeros, *ortosilícico* , H_4SiO_4 y *metasilícico*, H_2SiO_3 , dímeros, trímeros, polímeros, coloides, agregados coloidales y el silicio amorfo sin estructura cristalina (Quero E, 2008).

2.2.1 El Silicio en las plantas.

Una vez que la planta a absorbido el silicio disponible en el suelo, se puede hablar de varios tópicos que se describen a continuación.

2.2.1.1 Formas químicas del Silicio en las plantas.

La forma de silicio que permanece dentro de las plantas es el gel sílica presente en la forma de sílica amorfo e hidratado o ácido silícico polimerizado. Otras formas de silicio incluyen al ácido silícico coloidal. Se ha podido demostrar su presencia en el xilema bajo la forma de ácido monosilícico. Cabe resaltar que las plantas absorben silicio únicamente en la forma de ácido monosilícico que también se conoce como ácido ortosilícico (Dadnoff L, Rodríguez A, 2005 – Liang Y. *et al.*, 2005, citados por Hasing F, 2007).

2.2.1.2 Mecanismo de acción.

El silicio se deposita en forma amorfa en las paredes celulares. Contribuye con las propiedades mecánicas de la pared como son la rigidez y la elasticidad. Muchas especies acumulan concentraciones apreciables de sílice en sus tejidos y mejoran su crecimiento y fertilidad cuando se les suministra cantidades adecuadas de

silicio. En las gramíneas, no solamente se deposita en la pared celular de la epidermis, pelos, brácteas, etc., sino también en el interior, como sucede en las células buliformes y en el xilema.

El silicio es depositado como sílica hidratada amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), primeramente en el retículo endoplasmático, pared celular y en los espacios intercelulares. Intracelularmente, se acumula también en células epidérmicas especializadas llamadas células síliceas. Así mismo, forma complejos con polifenoles reforzando la pared celular. Se ha comprobado su esencialidad en la caña de azúcar, el tomate, el arroz y el pepino ([www. Forest.ula.ve/rubenhg](http://www.Forest.ula.ve/rubenhg), 2.007 citado por Horna R, 2007).

Liang Y, *et al.*, (2005), citados por Hasing F, (2007), manifiestan que la distribución de silicio dentro de las plantas está ligada a las especies. En plantas de bajo contenido como: tomate, rábano y la col china, no hay diferencia en la parte aérea con la parte subterránea. En otros casos como el trébol de carmesí, la raíz acumula niveles más altos de silicio. En plantas de alto contenido de silicio como son el arroz y la avena el 90% del elemento se encuentra en la parte aérea.

2.2.1.3 Beneficios del Silicio en las plantas.

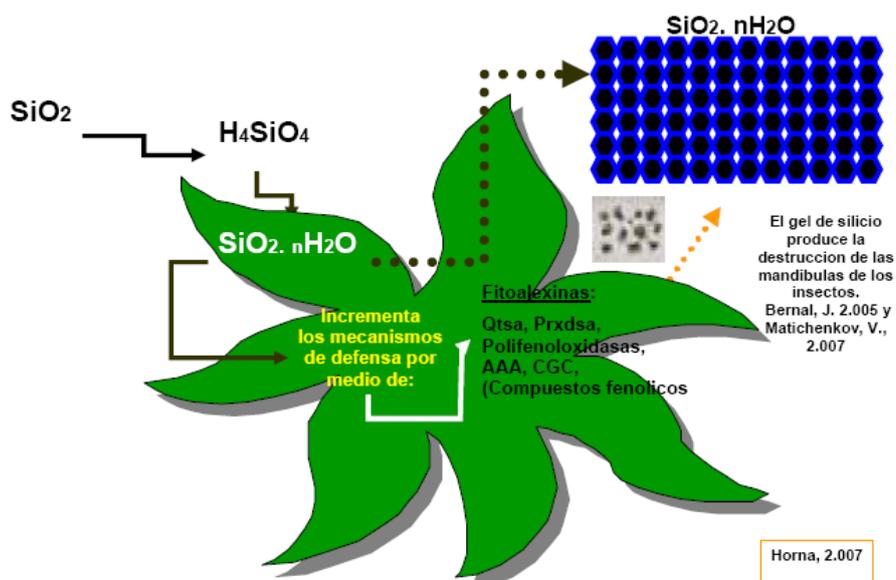
2.2.1.3.1 Resistencia a plagas y enfermedades.

El óxido de silicio (SiO_2), una vez aplicado al suelo reacciona con el agua formando el ácido monosilícico (H_4SiO_4) que al ser absorbido por la planta especialmente en el área foliar forma un gel de silicio ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), componente de una barrera protectora que le brinda a la planta Resistencia Mecánica al ataque de enfermedades e insectos.

Al acumularse el silicio debajo de la cutícula de las hojas, tallos y frutos, ofrece una resistencia mecánica al ataque de insectos chupadores como áfidos y mosca

blanca, es decir, minimiza el ataque de estos, inclusive comedores de follaje en sus primeros instares. (Agromil, 2006 y Quero, 2.007 citados por Horna R, 2007).

Figura 2. Formación de la barrera mecánica de silicio en las plantas.



Fuente: Horna R, 2007.

El silicio forma parte de la estructura de los tricomas. En plantas de fríjol, caña de azúcar, papa, chile, tomate, el silicio incrementa el número y tamaño de tricomas estructurales y glandulares, ya que forma parte de su estructura, y este puede ser el mecanismo por el cual el silicio mejora e incrementa la resistencia de los cultivos al ataque de insectos, hongos y bacterias. La cantidad de tricomas se estimula de un 20 a un 80% (Quero E, 2007).

El aporte de silicio hace que la resistencia de las plantas a las enfermedades se pueda aumentar mediante la formación de barreras mecánicas y/o cambiando las respuestas químicas de la planta al ataque del parásito mediante el aumento de la síntesis de toxinas (fitoalexinas) que pueden actuar como sustancias inhibidoras o repelentes (Lima F, 2010).

2.2.1.3.2 Resistencia a sequías.

El silicio incrementa la resistencia a la sequía en las plantas. La fertilización con silicio puede optimizar el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40% y ampliar los intervalos del riego sin efectos negativos sobre las plantas. Adicionalmente al sistema irrigación-drenaje (Quero E, 2007).

“La presencia de mayor cantidad de silicio disponible en el suelo parece traer beneficios al cultivo en relación al déficit hídrico”, dice Crusciol. La acumulación de sílice en la pared celular reduce la pérdida de agua por transpiración, pudiendo ser un factor de adaptación al estrés hídrico (Filgueiras O, 2009).

2.2.1.3.3 Efecto en la formación de frutos.

La empresa de fertilizantes FERTICA, (2004), asegura que el silicio juega un papel importante en la formación de la inflorescencia del arroz y parece que influencia la calidad del grano. Los granos con alto contenido de "centro blanco" generalmente presentan bajo contenido de Si, el cual es directamente proporcional al contenido de Si en el tamo (paja) del arroz.

Granos de cebada provenientes de suelos con suficiente silicio germinaron mejor que granos provenientes de suelos deficientes en el elemento. Una nutrición deficiente en Si tuvo un efecto negativo en la floración del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) La fertilización con silicio aceleró el crecimiento de los frutos de cítricos en un 30 a 80%, aumentó la cantidad de fruta producida y la cosecha se anticipó 2 a 4 semanas (FERTICA, 2004).

2.2.1.3.4 Efecto del Silicio en el sistema radicular.

Quero E, (2008), señala que, el silicio controla el desarrollo del sistema radicular, la asimilación y distribución de nutrientes minerales, incrementa la resistencia de

la planta al estrés abiótico (alta y baja temperatura, viento, alta concentración de sales, metales pesados, hidrocarburos, etc.).

El silicio, hace que de los tallos baje oxígeno a la raíz llegando al aerenquima, oxidando de esta manera la rizosfera (zona aledaña a la raíz), logrando que el Fe y el Mn reducido (forma en que lo toma la planta) se oxide, siendo esta forma poco absorbida por las plantas, evitándose una toma excesiva de estos elementos, que aunque son necesarios para las plantas, su abundancia puede volverlos tóxicos (Horna R, 2007).

2.2.1.3.5 Incremento en productividad y calidad de las cosechas.

Desde el año 1848, numerosos reportes de investigación y la producción comercial en campo han demostrado los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con silicio, tal como en la producción de Arroz (15-100%), Maíz (15-35%), Trigo (10-30%), Cebada (10-40%), Caña de Azúcar (55-150%), diversos frutales como el Aguacate, Mango, (40-70 %), Zarzamora, Guayaba, hortalizas, Jitomate, Chile (50-150%) y otros, como el Fríjol, Pastos forrajeros, Agave (Quero E, 2007).

2.2.1.3.6 Síntomas de deficiencia.

Las plantas deficientes en silicio son quebradizas y susceptibles de infecciones fúngicas, no toleran sequías y variaciones bióticas ni abióticas fuertes (Horna R, 2007).

2.2.2 El Silicio en el suelo.

2.2.2.1 Concentración de Silicio en el suelo.

El silicio existe en la solución del suelo en concentraciones de 0.1 a 0.6 mol m⁻³, como Si(OH)₄. También es importante mencionar que las soluciones de silicatos

muestran un pH básico y que el ácido ortosilícico es soluble a pH entre 7.5 y 8.0 y a un pH menor a 7.0 es insoluble (Horna R, 2007).

Como dato general, las concentraciones de silicio en una capa arable de 25 cm, varia de 250 g/kg o de 350 ton/ha a 800 ton/ha (Quero E, 2007).

2.2.2.2 Extracción de Silicio por los cultivos.

La extracción de silicio activo de los suelos agrícolas por cada cosecha es en promedio de 40 a 300 kg/ha. Esto trae como consecuencia una disminución de silicio y un aumento del aluminio, causando un incremento en la acidez del suelo. Los cultivos que extraen silicio con mayor intensidad son las gramíneas, que tienen una alta eficiencia fotosintética (Horna R, 2007).

2.2.2.3 Beneficios del Silicio en el suelo.

Según Quero E, (2007), el aporte de silicio a los suelos brinda una serie de beneficios, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Neutraliza la toxicidad del Aluminio.
- Optimización del pH.
- Activa la capacidad de intercambio catiónico y movilización de nutrientes.
- Tiene acción sinérgica con el Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc y Molibdeno.
- Aumenta la nutrición con fósforo de un 40 a 60%.
- Promueve la transformación del fósforo no disponible para la planta en formas asimilables.
- Incrementa la eficiencia de fertilizantes en especial de los fosforados.
- Promueve la colonización por microorganismos simbióticos (bacterias y hongos).
- Promueve la colonización de las raíces por algas, líquenes, bacterias y micorrizas.

2.2.3 Importancia del Silicio para el medio ambiente.

De acuerdo a Mejisulfatos, (2005), el silicio es de gran importancia para el ambiente por las siguientes razones:

- Reduce el uso de fungicidas
- Reduce la utilización de insecticidas.
- Mantiene los enemigos naturales de las plagas que aquejan a los cultivos.
- Aumenta la eficiencia agronómica de los fertilizantes.
- Reduce la necesidad de agua por las plantas.
- Disminuye “el pasivo ambiental” de las industrias.
- No produce CO₂ responsable del efecto invernadero.

2.2.4 Ensayos realizados con Silicio en diferentes cultivos.

Miramontes B, *et al.*, (2004), reportan que en una investigación realizada en la Universidad Autónoma de Chapingo (México), reveló que la utilización de metasilicato de sodio en suelos ácidos, ayuda a bloquear la adsorción de los fosfatos por los óxidos de aluminio y hierro; la cual influyó para que en un cultivo de arveja a los 48 días de edad, en el análisis estadístico se encontró que los tratamientos tuvieron un efecto significativo y altamente significativo sobre la altura de la planta y las biomásas fresca y seca, respectivamente; el mejor tratamiento fue el de 3.28 cmol(+) de silicio kg⁻¹ de suelo.

Borda O, *et al.*, (2007), informan que, en un ensayo realizado en avena forrajera a nivel de invernadero en La Universidad de Colombia, los resultados muestran que la aplicación de una dosis de 100mg de silicio en la época de presiembra, presenta un incremento de materia seca en un 34,9%, y se asocia a un mejor índice de

materia seca a nivel radicular, lo cual implica una mayor capacidad de absorción de nutrientes.

Caicedo L, Chavarriaga W, (2008), manifiestan que en trabajos realizados en el Municipio de Chinchiná (Colombia), se demostró que la aplicación de silicio en complemento con el DAP (fosfato di amónico) mostro un mayor desarrollo y crecimiento de los colinos de café (plántulas de café), al igual que el mayor número de hojas, lo que influencia necesariamente el peso seco total que se puede observar en los resultados de los tratamientos correspondientes a 6 g de silicio (Llanero) más 3 g de DAP y 9 g de silicio (Llanero) más 3 g de DAP. Se encontró la misma tendencia en el crecimiento de la raíz, parte aérea y diámetro de tallo de los colinos a los seis meses de edad (tiempo correspondiente al estudio). El estudio sugiere una dinámica ascendente del ácido monosilícico a través del xilema de los colinos, ratificando su acumulación en las hojas.

Gómez R, *et al.*, (2006), señalan que en un ensayo realizado por la Universidad Autónoma de Chapingo (México), demostró que la aplicación foliar de silicio al 0,2 % y miel de abeja al 2%, para el control de marchites causada por *Fusarium oxisporum*, en el cultivo de tomatillo o tomate de cáscara, la incidencia de la enfermedad se manifestó en forma aleatoria en todos los tratamientos, mientras que, la severidad evaluada en el cultivo, en tres fechas de muestreo, varió en función de los tratamientos y disminuyó hasta 80% en el segundo muestreo en aquellas plantas donde se aplicó estos 2 elementos. El análisis microscópico de las hojas mostró la presencia de cristales de silicio acumulados en las paredes del xilema de las hojas que recibieron Silicio vía foliar. En la cosecha se obtuvieron rendimientos de hasta 14,5 Tn/ha, 98% más producción que lo que obtiene el productor con el manejo tradicional.

Hasing F, *et al.*, (2007), reportan que, en una investigación realizada en laboratorio de Fitopatología del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador ubicado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral; en plantas de

banano del Grupo Cavendish, variedad Williams, a nivel de laboratorio e invernadero se logró determinar que a nivel in vitro las plantas que crecieron en medios de cultivo enriquecidos con silicio en concentraciones de 50 y 500ppm tuvieron un mayor desarrollo. A estas mismas concentraciones se obtuvieron similares resultados en invernadero, en lo que respecta a parámetros agronómicos y aspecto sanitario. Así mismo se determinó que el uso de silicio retardó el desarrollo de los síntomas ocasionados por *Mycosphaerella fijiensis*, su acción fue más notoria en las dosis más elevadas.

Moyano B, (2009), manifiesta que, en trabajos realizados en el laboratorio de fitopatología del CIBE, ubicado en la ESPOL (Guayaquil - Ecuador); utilizando plantas de banano Cavendish (AAA), variedad Williams, los resultados de la investigación muestran, un mayor desarrollo de los parámetros agronómicos en las plantas que crecieron con aplicaciones de silicio en las concentraciones 150 y 250 ppm. La utilización del Zumsil + Activada, retardó el desarrollo de los síntomas ocasionados por *Mycosphaerella fijiensis*, y su acción fue más notoria en la dosis de 150 ppm. La acción de las aplicaciones de silicio disminuyeron los índices de infección de la enfermedad.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Caracterización del área de estudio

3.1.1. Ubicación

El ensayo se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia San Francisco de Natabuela, en el sector Sillarumy, ubicado geográficamente en las coordenadas: 0° 20' 45,26" de latitud Norte y 78° 11' 57,16" de longitud Oeste; con una altitud de 2420 msnm, (Mapa de ubicación).

(TRABAJO DE CAMPO, 2010).

3.1.2. Características agroclimáticas

Durante el tiempo que duró el ensayo se registró mediante mediciones diarias, una temperatura promedio de 17,1°C y una humedad relativa de 61,3% (TRABAJO DE CAMPO, 2010).

La zona tiene una precipitación media anual entre 750-1000 mm, (SIGAGRO, 2008).

3.1.3. Características Edáficas

Los suelos del sector donde se realizó la investigación tienen la siguiente clasificación taxonómica:

Orden: MOLLISOL
Sub orden: USTOLL
Gran grupo: HAPLUSTOL (ARGIUSTOL)

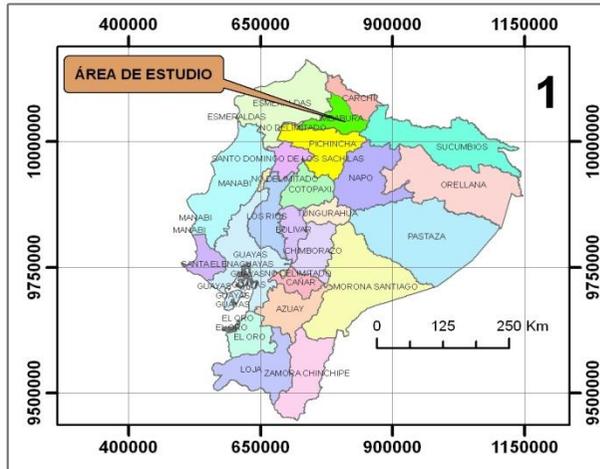
Fuente: SIGAGRO, 2008.

Los molisoles son suelos de color oscuro que se han desarrollado a partir de sedimentos minerales en climas templado húmedo a semiárido, tienen una estructura granular que facilita el movimiento del agua y el aire. En estos suelos se obtienen rendimientos muy altos sin utilizar gran cantidad de fertilizantes. (Peralvo D, 2008).

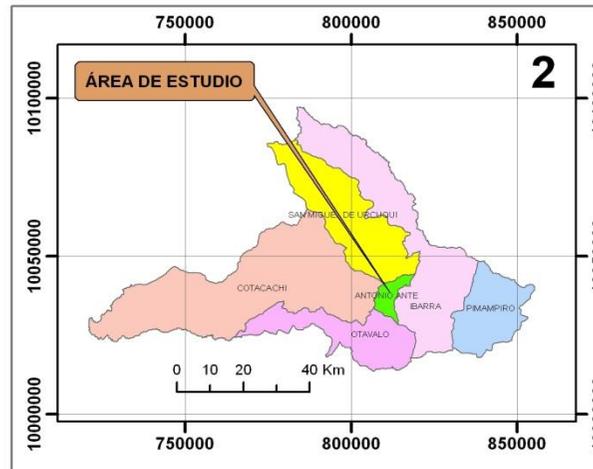
Su textura es franca con una profundidad mayor a 100 cm, con un porcentaje de pedregosidad menor al 10%, teniendo un buen drenaje, su nivel freático es profundo mayor a 100 cm. Su pH es neutro (6,6 – 7,5), sin toxicidad, sin ningún grado de erosión y su nivel de fertilidad es alto (SIGAGRO, 2008).

MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ENSAYO

UBICACIÓN EN EL ECUADOR



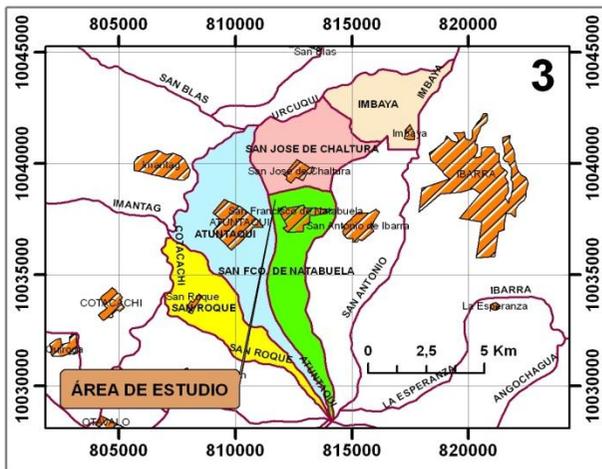
UBICACIÓN EN LA PROVINCIA DE IMBABURA



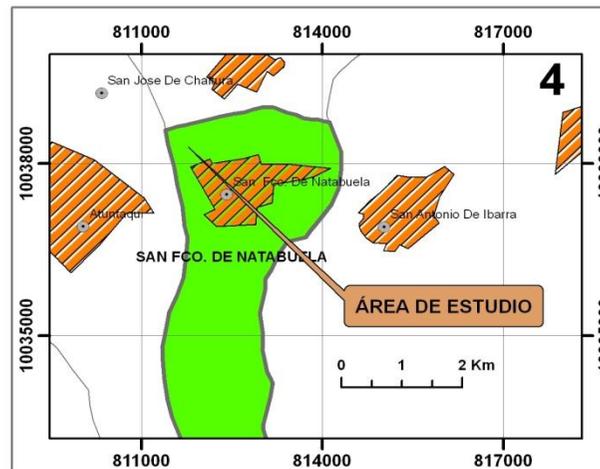
MAPA DE UBICACIÓN 11 - X - 2.010



UBICACIÓN EN EL CANTÓN ANTONIO ANTE



UBICACIÓN EN LA PARROQUIA DE NATABUELA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO:
"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SILICIO EN EL
SEGUNDO AÑO DE PRODUCCIÓN EN EL
CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL"

ESCALA:
LA INDICADA

FUENTES:
SIGAGRO, 2008
TRABAJO DE CAMPO 2010

ARCHIVO DE UBICACIÓN:
C:/CUARTO JC/UBICACIÓN
TESIS/MAPA DE
UBICACIÓN

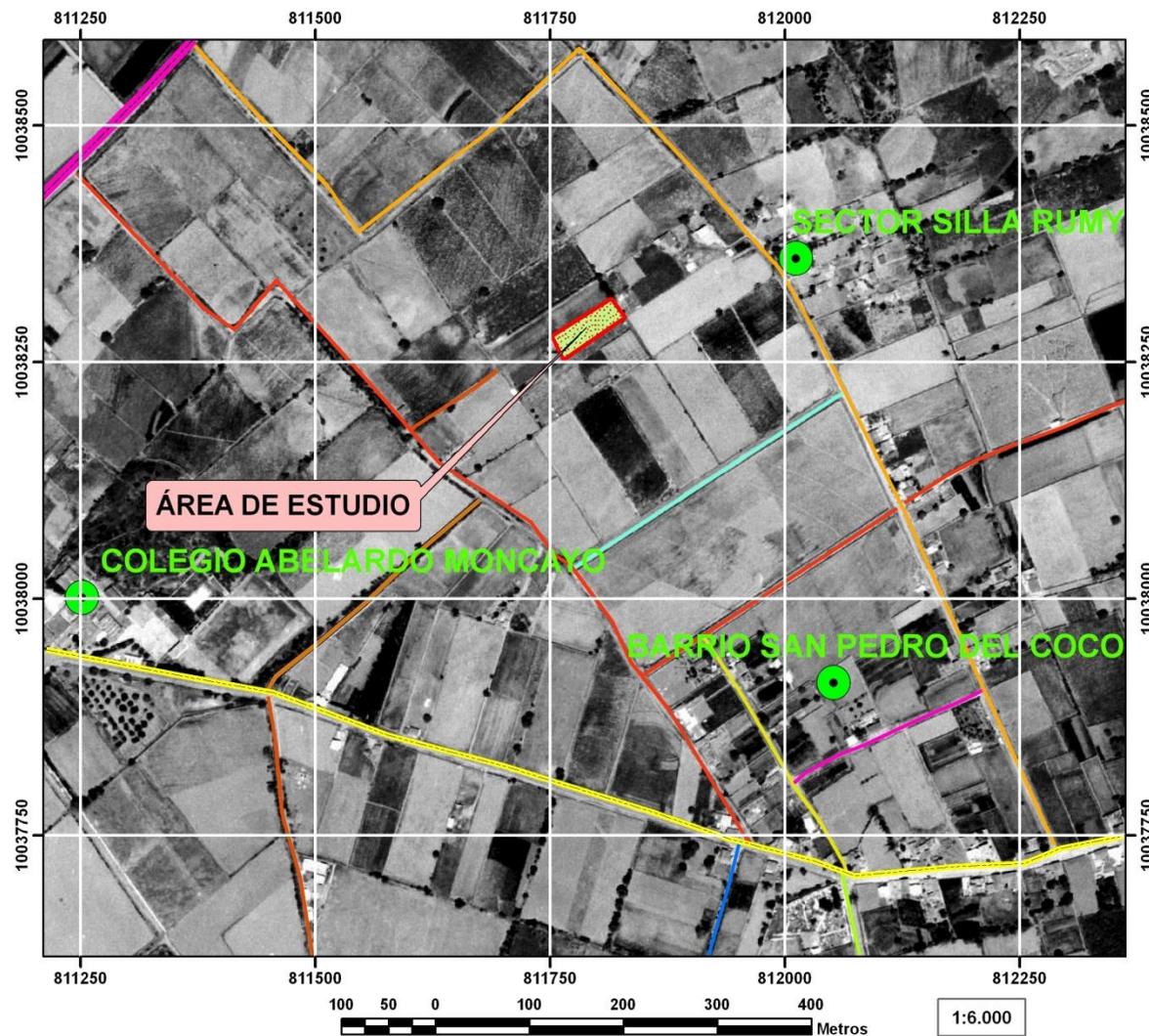
ZONA DE ESTUDIO:
PARROQUIA SAN FRANCISCO
DE NATABUELA

DATOS CARTOGRAFICOS:
PROYECCIÓN UTM
DATUM WGS84
ZONA 17 N

AUTORES:
JAVIER COLIMBA
ÁLVARO MORALES

MAPA 1

MAPA DE UBICACIÓN PUNTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO



MAPA DE UBICACIÓN 11 - X - 2.010



LEYENDA

- ÁREA DE ESTUDIO
- ACCESO A EL ÁREA DE ESTUDIO
- CALLE VELASCO IBARRA
- CALLE SIN NOMBRE
- CALLE DEL COLEGIO
- CALLE NUEVA
- CALLE FRITADAS AMAZONAS
- CALLE 29 DE JUNIO
- CALLE 24 DE JUNIO
- CALLE 10 DE AGOSTO
- CALLE MIGUEL RIVADENEIRA
- CALLE GONZALES SUÁREZ
- VÍA ASFALTADA A CHALTURA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO:
"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SILICIO EN EL
SEGUNDO AÑO DE PRODUCCIÓN EN EL
CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL"

ESCALA:
1 : 6.000

FUENTES:
SIGAGRO, 2008
TRABAJO DE CAMPO 2010

ARCHIVO DE UBICACIÓN:
C:/CUARTO JC/UBICACION
TESIS/MAPEA DE
UBICACION PUNTUAL

ZONA DE ESTUDIO:
PARRAQUIA SAN FRANCISCO
DE NATABUELA

DATOS CARTOGRAFICOS:
PROYECCIÓN UTM
DATUM WGS84
ZONA 17 N

AUTORES:
JAVIER COLIMBA
ÁLVARO MORALES

MAPA 2

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materiales

- Herramientas (pala, azadón, tijeras de podar, barreno, baldes, carretilla, martillo, cuchillo)
- Letreros
- Cinta de tela, color rojo y amarillo
- estacas
- piola

3.2.2 Equipos

- De medición (GPS, higrotermómetro, flexómetro, balanza)
- Cámara fotográfica digital
- Computador de escritorio
- Bomba de mochila manual
- Bomba de motor estacionaria
- Equipo de seguridad (botas, terno de fumigación, guantes, gafas, mascarilla y gorra)

3.2.3 Insumos

- Fertilizantes edáficos:
 - Magnesil. (34% SiO₂ + 32% MgO)
 - Fosfato mono amónico (11%N-52%P₂O₅)
 - Muriato de Potasio (60%K₂O)
 - Nitrato de Magnesio (11%N-15%MgO)
 - Sulfato de Magnesio (2%K₂O-21%S-26%MgO)
 - Sulfato de Amonio (21%N-24%S)

- Fertilizantes foliares:
 - Zumsil. (22% SiO_4H_4)
 - Siklón (35% Ácido monosilícico)
- Abono orgánico:
 - gallinaza50% + bovinaza 50%
- Pesticidas
 - Insecticidas
 - Fungicidas
- Fijadores y reguladores de pH

3.3 Métodos

3.3.1 Factores en estudio

Los factores en estudio corresponden a las frecuencias de control, fertilización edáfica y aplicaciones foliares:

Frecuencias de control químico (C)

C1: cada 21 días

C2: cada 45 días

Fertilización edáfica (F)

F1: con Silicio (95-115-115-188MgO-80S-200SiO₂)

F2: sin Silicio (95-115-115-188MgO-80S)

Aplicaciones foliares (A)

A1: con Silicio (Zumsil - Siklón)

A2: sin Silicio (Ninguno)

3.3.2 Tratamientos

De la combinación de los factores en estudio y los dos adicionales se obtuvo 8 tratamientos los que se presentan a continuación en el cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos para evaluar los efectos del silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol, Natabuela, 2010.

Trat.	Código	Frecuencia de control químico	Fertilización Edáfica kg/ha						Aplicaciones foliares, Siklón
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	SiO ₂	
1	C1F1A1	21 días	95	115	115	188	80	200	3cc/l
2	C1F1A2	21 días	95	115	115	188	80	200	0cc/l
3	C1F2A1	21 días	95	115	115	188	80	0	3cc/l
4	C1F2A2	21 días	95	115	115	188	80	0	0cc/l
5	C2F1A1	45 días	95	115	115	188	80	200	3cc/l
6	C2F1A2	45 días	95	115	115	188	80	200	0cc/l
7	C2F2A1	45 días	95	115	115	188	80	0	3cc/l
8	C2F2A2	45 días	95	115	115	188	80	0	0cc/l

Fuente: Elaboración propia, 2010.

3.3.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas subdivididas (DPSD) bajo una distribución de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones.

3.3.4. Características del Experimento.

- Repeticiones: 3
- Tratamientos: 8
- Unidades experimentales: 24

Características de la unidad experimental:

- Largo: 5,0 m
- Ancho: 4,0 m
- Área: 20,0 m²

Densidad de plantación:

- Distancia entre surcos: 1,60 m
- Distancia entre plantas: 1,50 m
- N° de plantas / unidad experimental: 9

- Área neta del experimento: 480 m²
- Área total del experimento: 1776 m²

3.3.5. Análisis estadístico.

El análisis estadístico empleado se representa en el siguiente esquema de análisis de varianza:

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza

F.V.	G.l.
Bloques	2
F. de Control químico (C)	1
Error (A)	2
Fertilización Edaf. (F)	1
C x F	1
Error (B)	4
Aplicaciones Fol. (A)	1
C x A	1
F x A	1
C x F x A	1
Error (C)	8
Total	23

- C.V. (a)
- C.V. (b)
- C.V. (c)

En los casos que se detectaron diferencias significativas se utilizó la prueba de DMS al 5%.

3.3.6 Variables a evaluarse

3.3.6.1 Días desde la floración hasta la cosecha

Inmediatamente después de aplicar los tratamientos se procedió a marcar 10 inflorescencias en igual estado fenológico (flores abiertas con hasta un fruto cuajado) en cada una de las unidades experimentales, luego se contabilizaron los días transcurridos desde el marcaje hasta la cosecha de cada uno de los racimos, estos datos fueron promediados a fin de obtener un solo dato para cada uno de las unidades experimentales.

3.3.6.2 Frutos cuajados por inflorescencia

A fin de determinar esta variable se marcaron 5 inflorescencias en igualdad de condiciones (flores abiertas sin ningún fruto cuajado), luego de 60 días se contabilizaron todos los frutos buenos existentes en cada una de los racimos, de la misma manera se procedió a sacar una media de cada unidad experimental.

3.3.6.3 Porcentaje de severidad de Antracnosis en los frutos

A los 100 días de haber instalado el ensayo, se realizó un conteo de todos los frutos existentes en cada unidad experimental, para luego proceder a eliminar y contabilizar todos los frutos enfermos, posteriormente se sacó el porcentaje de severidad de la enfermedad en base al total de los frutos contabilizados. Se hicieron dos conteos totales de frutos con intervalo de 60 días; se realizaron 7 mediciones cada 15 días y con esto se estableció un porcentaje de severidad promedio.

3.3.6.4 Rendimiento

Se realizaron 5 cosechas en un período de 4 meses, con una balanza de precisión se pesó en kilogramos todos los frutos buenos de cada unidad experimental, luego, se sumaron los datos de las 5 cosechas para tener el peso total/unidad experimental y finalmente se transformaron a TM/ha.

3.3.6.5 Análisis económico

Se realizó el análisis de costos para cada tratamiento utilizando como unidad costo/ha/ciclo. Se utilizó la metodología del análisis de presupuesto parcial del CIMMYT.

3.3.4 Manejo específico del experimento

3.3.4.1 Toma de muestra del suelo

Dos meses antes de la instalación del ensayo, se recogió 25 sub muestras del suelo utilizando el método en zig-zag, se mezcló y se envió al laboratorio una muestra de 1 kg. La muestra recolectada se analizó en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP (Quito-Ecuador), por medio del cual se determinó los contenidos de materia orgánica, macro y micro nutrientes; así como el pH y textura del suelo (Anexo 7).

3.3.4.2 Poda fitosanitaria

Antes de la instalación del ensayo se realizó una poda fitosanitaria, eliminando todas las ramas, hojas y frutos enfermos, con la finalidad de reducir al máximo la incidencia y severidad de las enfermedades.

3.3.4.3 Delimitación del ensayo

La distribución de las repeticiones (bloques) y los tratamientos se realizó según el croquis aprobado previamente, el total de parcelas fueron 24 y en cada repetición se delimitaron las 8 parcelas correspondientes a los tratamientos.

3.3.4.4 Deshierba

Previo a la elaboración de coronas, se realizó una deshierba de todas las parcelas con la finalidad de facilitar la fertilización.

3.3.4.5 Elaboración de coronas

Utilizando una pala recta se procedió a abrir una zanja de 25 cm de ancho, 3 cm de profundidad en el tercio medio de la corona (a 30 cm del tronco), zona en donde se encuentran la mayor cantidad de raicillas.

3.3.4.6 Fertilización química

Cada uno de los fertilizantes fue aplicado por separado a fin de poner la misma cantidad en todas las plantas, se hizo una sola fertilización, no se pudo fraccionar el nitrógeno ya que al aplicar los fertilizantes MAP, sulfato de amonio y nitrato de magnesio, para completar la recomendación de las dos fertilizaciones, el requerimiento de nitrógeno también se completó.

Hay indicar que, para equiparar los niveles de magnesio en la fertilización dos (F2), se tuvo que utilizar nitrato de magnesio y sulfato de magnesio, ya que no se pudo conseguir óxido de magnesio, que es una fuente con más concentración de este elemento.

En el cuadro 4, se indica las cantidades de fertilizantes utilizados en el ensayo.

Cuadro 4. Fertilizantes utilizados en el ensayo, g/planta. Natabuela, 2010.

Tratamientos	Magnesil	M.A.P.	muriato de potasio	sulfato de amonio	nitrato de magnesio	sulfato de magnesio
F1	147	56	48	83	0	0
F2	0	56	45	0	157	91

Fuente: Elaboración propia, 2010.

3.3.4.7 Fertilización orgánica

Sobre el fertilizante químico se pusieron 5 kilogramos de materia orgánica (50% bovinaza + 50% pollinaza), bien distribuidos en toda la corona de cada una de las plantas de todos los tratamientos. Posterior a esto se taparon las coronas con tierra.

3.3.4.8 Controles fitosanitarios

Todos los controles se hicieron con bomba de motor estacionaria. Se empezó aplicando un control a todo el ensayo, para luego realizar los siguientes controles de acuerdo al calendario previamente establecido según los tratamientos respectivos (Anexo 2). En todos los controles se utilizaron productos específicos para el control de antracnosis y lancha negra, de acción sistémica y protectante a fin de lograr una mayor efectividad en los controles; además, cabe indicar que, en todos los controles se utilizaron reguladores de pH y adherentes para evitar pérdidas de producto. La aplicación de plaguicidas se realizó solo cuando los controles fueron dirigidos a todo el ensayo.

3.3.4.9 Aplicación foliar de Silicio

Se hizo con bomba de mochila de 20 litros de capacidad, se empezó utilizando Zumsil (22% de H_4SiO_4), en una dosis de 2,5 cc/bomba, se hicieron cuatro aplicaciones de este producto, posterior a esto se cambió de producto y se utilizó Siklón (35% de ácido monosilícico), en una dosis de 3cc/litro de agua, este producto fue utilizado hasta la finalización del ensayo. La aplicación foliar de Silicio se hizo con una frecuencia de 15 - 21 días, en todas las aplicaciones se utilizaron productos reguladores de pH y adherentes.

3.3.4.10 Riegos

Se empleó un sistema de riego en surcos, diseñado de tal manera que el agua que salga de un tratamiento no vaya a otro sino al mismo tratamiento en el siguiente bloque, con esto se evitó que exista mezcla de fertilizantes de un tratamiento a otro. En el tiempo que duró el ensayo se hizo cuatro riegos, ya que el resto de tiempo hubo la presencia de lluvias las mismas que cubrieron los requerimientos hídricos del cultivo.

3.3.4.11 Control de malezas

El control de malezas se lo hizo manualmente con pala recta tratando de evitar al máximo causar daño en el sistema radicular de las plantas, se realizaron 4 deshierbas con intervalo de 60 días, no fue necesario realizar las deshierbas con un menor intervalo de tiempo ya que por ser una plantación adulta la entrada de luz al interior de la plantación, particularmente al suelo se redujo lo cual limitó el desarrollo de las malezas.

3.3.4.12 Limpieza

Una vez al mes se realizó un barrido y limpieza de todo el ensayo, con el propósito de eliminar los frutos enfermos y hojas secas presentes en el suelo, el desecho, producto de esta limpieza fue utilizado para la elaboración de compost.

3.3.4.13 Cosecha

La cosecha se efectuó cuando los frutos alcanzaron la madurez comercial; es decir, cuando estos alcanzaron el 75% de color de madurez total. Durante el período que duró el ensayo se realizaron cinco cosechas con intervalos de 30 días, siendo la primera a los 120 días de haber instalado el ensayo.

3.3.4.14 Análisis de contenido de manganeso en los frutos

Se tomaron muestras de los tres mejores tratamientos (T1, T2 y T3), y una muestra de un cultivo de la zona, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, con la finalidad de comparar el contenido de manganeso en los frutos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables evaluadas se detallan a continuación:

4.1. DÍAS DESDE FLORACIÓN HASTA LA COSECHA

En los cuadros 5, 6 y 7, se presentan en número de días, las medias de los tres factores en estudio.

Cuadro 5. Medias de las frecuencias de control químico

Frecuencias de control	Media
21 días (C1)	210,3
45 días (C2)	212,5

Cuadro 6. Medias de las fertilizaciones edáficas

Fertilización edáfica	Media
Con silicio (F1)	211,8
Sin silicio (F2)	211,0

Cuadro 7. Medias de las aplicaciones foliares

Aplicaciones foliares	Media
Con silicio (A1)	212,2
Sin silicio (A2)	210,7

Cuadro 8. Análisis de varianza.

F.V	S. C.	g.l.	C.M.	F. Calc.	F. Tabulada	
					5%	1%
Bloques	8,08	2	4,04	0,03 ^{ns}	19,0	99,0
Frecuencias de control químico	28,17	1	28,17	0,19 ^{ns}	18,5	98,5
Error (a)	300,08	2	150,04			
Fertilización edáfica	4,17	1	4,17	0,24 ^{ns}	7,71	21,2
F. de control x Fertilizaciones	253,50	1	253,50	14,32 [*]	7,71	21,2
Error (b)	70,83	4	17,71			
Aplicaciones foliares	13,50	1	13,50	1,40 ^{ns}	5,32	11,3
F. de control x A. foliares	20,17	1	20,17	2,10 ^{ns}	5,32	11,3
Fertilizaciones x A. foliares	160,17	1	160,17	16,64 ^{**}	5,32	11,3
Frec. x Fert. x A. foliares	0,17	1	0,17	0,02 ^{ns}	5,32	11,3
Error (c)	77,00	8	9,63			
Total		23				
C.V. (a)=	5,8 %					
C.V. (b)=	2,0 %					
C.V. (c)=	1,5 %					
Media	211,4 días					

ns = no significativo

*= significativo al 5%

** = significativo al 1%

El análisis de varianza, cuadro 8, detecta una diferencia significativa al 5%, para la interacción C x F, una diferencia significativa al 1%, para la interacción F x A, en cambio, no existe diferencias significativas para el resto de componentes.

El promedio de días de floración a cosecha fue de 211,4 días. Los coeficientes de variación fueron de 5,8%, 2 % y 1,5%.

Estos resultados no coinciden con lo manifestado por la empresa de fertilizantes FERTICA (2004), la misma que asegura que la fertilización con silicio aceleró el crecimiento de los frutos de cítricos en un 30 a 80%, y la cosecha se anticipó 2 a 4 semanas.

Sin embargo Quero E, (2007), sostiene que las concentraciones de silicio en una capa arable de 25 cm, varía de 250 g/kg o de 350 TM/ha a 800 TM/ha.

Esto es corroborado por Espinosa J, (2010), quien asegura que; los suelos de origen volcánico tienen altas cantidades de silicio, por lo que no es posible que exista respuesta a la aplicación de este elemento en este tipo de suelos.

Al respecto, el suelo donde se realizó el ensayo es de origen volcánico, por lo tanto la cantidad de silicio disponible para todos los tratamientos independientemente de haberlo incorporado o no en la fertilización, es igual, razón por la cual no se observaron diferencias entre los dos tipos de fertilización.

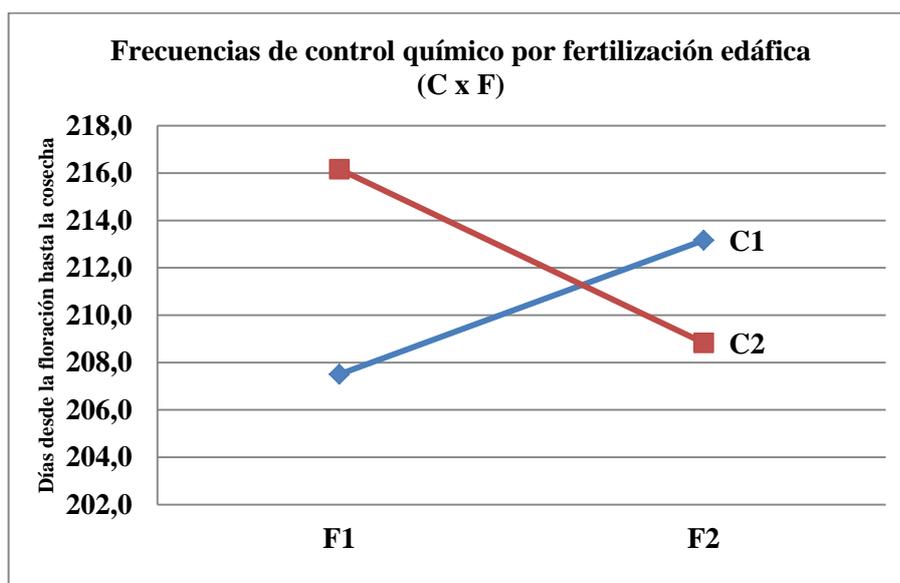


Figura 3. Efecto de la interacción frecuencias de control químico por fertilización edáfica.

La Figura 3 muestra la respuesta de las frecuencias de control químico (C) a los dos tipos de fertilización edáfica (F), pudiéndose observar que, con una frecuencia de control de 21 días, existe un incremento positivo entre la fertilización edáfica con silicio y la sin silicio, mientras que con la frecuencia de control de 45 días sucede lo contrario.

La tendencia de la frecuencia de control de 21 días, se debe al estado nutricional de las plantas ya que el aporte de silicio otorga beneficios en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, efecto que no se tiene cuando no se aplica silicio al suelo, mientras que la tendencia de la frecuencia de control de 45 días, se atribuye al estado sanitario de las plantas ya que la presencia de microorganismos patógenos e insectos estimula la producción de etileno, fitohormona responsable de la madurez de los frutos.

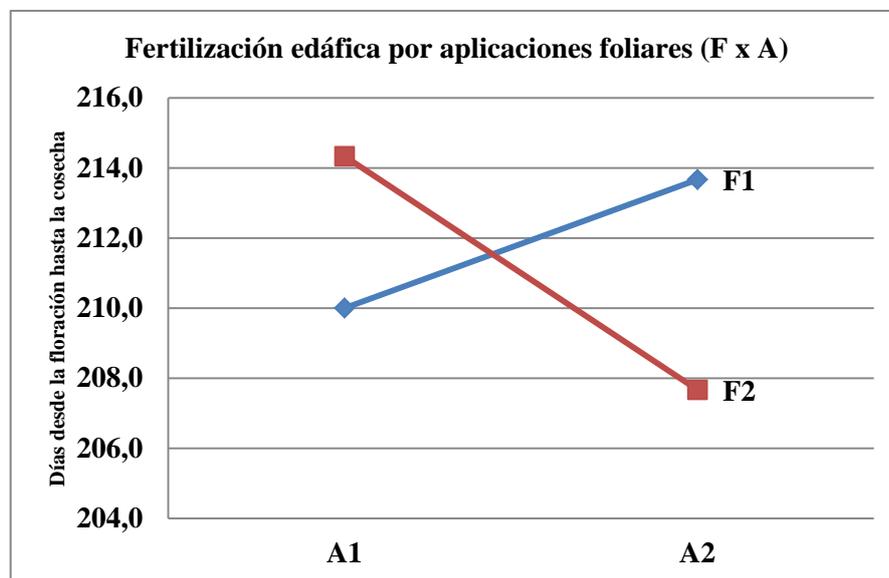


Figura 4. Efecto de la interacción fertilización edáfica por aplicaciones foliares.

En la Figura 4 se observa la respuesta de los tipos de fertilización edáfica a las aplicaciones foliares, en donde se ve claramente que cuando se pone silicio al suelo, los días desde la floración hasta la cosecha entre la aplicación foliar con silicio y la aplicación foliar sin silicio, aumentan, esto se debe a que cuando no se aplica silicio por vía foliar, las plantas no tienen un aporte completo de este elemento, lo que hace que la madurez se retarde. La tendencia de la fertilización edáfica sin silicio, entre los dos tipos de aplicaciones foliares, va en disminución, ya que al no tener un aporte completo o ningún aporte de silicio hace que el estado

sanitario de las plantas se vea afectado, estimulándose la producción de etileno por la acción de microorganismos patógenos e insectos, lo que conlleva a una madurez más precoz de los frutos.

4.2 FRUTOS CUAJADOS POR INFLORESCENCIA

A continuación, en los cuadros 9, 10 y 11, se presentan las medias para los tres factores en estudio.

Cuadro 9. Medias de las frecuencias de control químico

Frecuencias de control	Media
21 días (C1)	1,7
45 días (C2)	2,1

Cuadro 10. Medias de las fertilizaciones edáficas

Fertilización edáfica	Media
Con silicio (F1)	1,9
Sin silicio (F2)	1,9

Cuadro 11. Medias de las aplicaciones foliares

Aplicaciones foliares	Media
Con silicio (A1)	2,1
Sin silicio (A2)	1,7

Para realizar el análisis de la varianza se tuvo que transformar los datos originales con la fórmula $\sqrt{X + 1}$, donde X fue cada uno de los datos obtenidos.

Cuadro 12. Análisis de varianza.

F.V	S. C.	g.l.	C.M.	F. Calc.	F. Tabulada	
					5%	1%
Bloques	0,192	2	0,096	2,67 ^{ns}	19,0	99,0
Frecuencias de control químico	0,083	1	0,083	2,30 ^{ns}	18,5	98,5
Error (a)	0,072	2	0,036			
Fertilización edáfica	0,001	1	0,001	0,02 ^{ns}	7,71	21,2
F. de control x Fertilizaciones	0,120	1	0,120	4,74 ^{ns}	7,71	21,2
Error (b)	0,101	4	0,025			
Aplicaciones foliares	0,057	1	0,057	1,96 ^{ns}	5,32	11,3
F. de control x A. foliares	0,062	1	0,062	2,15 ^{ns}	5,32	11,3
Fertilizaciones x A. foliares	0,077	1	0,077	2,66 ^{ns}	5,32	11,3
Frec. x Fert. x A. foliares	0,045	1	0,045	1,55 ^{ns}	5,32	11,3
Error (c)	0,231	8	0,029			
Total		23				
C.V. (a)=	11,2 %					
C.V. (b)=	9,4 %					
C.V. (c)=	10,1 %					
Media	1,9 frutos					

ns = no significativo

El análisis de varianza, cuadro 12, indica que no existen diferencias significativas para ninguno de los componentes.

La media fue de 1,9 frutos cuajados por inflorescencia y los coeficientes de variación fueron de; 11,2%, 9,4% y 10,1%.

Las frecuencias de control no incidieron en esta variable ya que se pudo observar que, durante la etapa de floración, las inflorescencias de todas las plantas estuvieron en buen estado fitosanitario por lo que el cuajado de frutos fue igual en las dos frecuencias de control.

De la misma manera la fertilización edáfica no influyó en esta variable, según lo expuesto anteriormente por Espinosa J, (2010), quien sostiene que, los suelos de origen volcánico tienen una alta cantidad de silicio por lo que no es de esperar respuesta a la aplicación de este elemento en este tipo de suelos.

En lo que respecta a las aplicaciones foliares, los resultados no coinciden con las afirmaciones hechas por la empresa NEOQUIM (2010), quien recomienda realizar aplicaciones de Siklón (ácido monosilícico al 35%), para mejorar el amarre de flor y fruto en el cultivo de tomate de árbol.

4.3 SEVERIDAD DE ANTRACNOSIS EN LOS FRUTOS

A continuación se muestran las medias de los tres factores en estudio expresadas en porcentaje, en los cuadros 13, 14 y 15.

Cuadro 13. Medias de las frecuencias de control químico

Frecuencias de control	Media
21 días (C1)	10,7
45 días (C2)	19,8

Cuadro 14. Medias de las fertilizaciones edáficas

Fertilización edáfica	Media
Con silicio (F1)	15,2
Sin silicio (F2)	15,3

Cuadro 15. Medias de las aplicaciones foliares

Aplicaciones foliares	Media
Con silicio (A1)	12,1
Sin silicio (A2)	18,4

Para realizar el análisis de la varianza se tuvo que transformar los datos originales utilizando la tabla de Arco seno, con la finalidad de pasar los datos de la distribución binomial a una distribución normal.

Cuadro 16. Análisis de varianza.

F.V	S. C.	g.l.	C.M.	F. Calc.	F. Tabulada	
					5%	1%
Bloques	223,124	2	111,562	6,518 ^{ns}	19,0	99,0
Frecuencias de control químico	345,193	1	345,193	20,167*	18,5	98,5
Error (a)	34,234	2	17,117			
Fertilización edáfica	0,577	1	0,577	0,033 ^{ns}	7,71	21,2
F. de control x Fertilizaciones	0,023	1	0,023	0,001 ^{ns}	7,71	21,2
Error (b)	69,791	4	17,448			
Aplicaciones foliares	145,632	1	145,632	16,718**	5,32	11,3
F. de control x A. foliares	0,016	1	0,016	0,002 ^{ns}	5,32	11,3
Fertilizaciones x A. foliares	0,194	1	0,194	0,022 ^{ns}	5,32	11,3
Frec. x Fert. x A. foliares	30,963	1	30,963	3,554 ^{ns}	5,32	11,3
Error (c)	69,688	8	8,711			
Total		23				
C.V. (a)=	18,52 %					
C.V. (b)=	18,70 %					
C.V. (c)=	13,21 %					
Media	15,2%					

ns = no significativo
 *= significativo al 5%
 ** = significativo al 1%

El análisis de la varianza, cuadro 16, detecta una diferencia significativa al 5% para frecuencias de control químico, una diferencia significativa al 1% para aplicaciones foliares; en cambio no detecta diferencias significativas en los demás componentes.

La severidad promedio en los frutos fue de un 15,2%, los coeficientes de variación fueron de 18,52%, 18,70% y 13,21%.

Cuadro 17. Promedio de porcentaje de severidad de Antracnosis en los frutos para frecuencias de control químico.

Código	Frecuencias de control químico	%de Severidad en los frutos	DMS 5%
C2	45 días	19,8	A
C1	21 días	10,7	B

La prueba de DMS al 5%, cuadro 17, detecta la presencia de dos rangos siendo el mejor el que ocupa el segundo rango, ya que tiene un menor porcentaje de severidad de Antracnosis en los frutos.

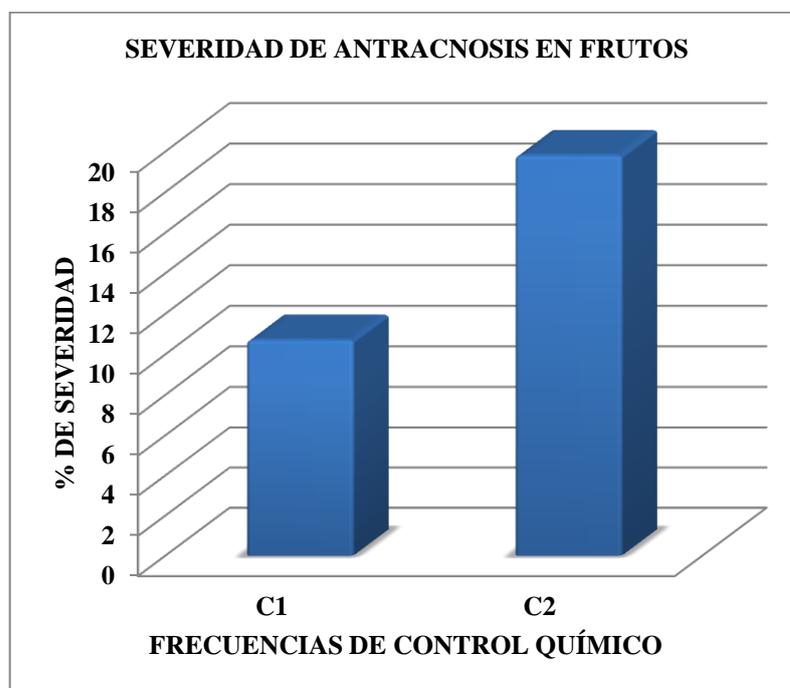


Figura 5. Efecto de las frecuencias de control químico sobre la severidad de antracnosis en los frutos.

La Figura 5, muestra la diferencia de ataque de la enfermedad entre las dos frecuencias de control. Observándose claramente que al alargar la frecuencia de control de 21 a 45 días, existe un incremento del 85% en la severidad con que ataca la enfermedad a los frutos de tomate de árbol, causando de esta manera mayor pérdida de frutos y por consiguiente esto significa mayores pérdidas económicas para el agricultor.

Las aplicaciones en rotación de moléculas minerales de baja toxicología para la prevención y control de la antracnosis se deben realizar cada 20 días en época seca y cada 15 días en época invernal (Cadena Productiva Frutícola - Huila, 2009).

Esto coincide con el criterio de los productores de la zona, quienes realizan controles químicos con frecuencias de 15 días en época lluviosa y de 21-30 días en época seca, y aseguran que así logran mantener un buen estado sanitario de su cultivo.

Esto ratifica los resultados obtenidos en la presente investigación ya que al alargar la frecuencia de control químico, el patógeno tiene una mayor facilidad para atacar al cultivo.

Cuadro 18. Promedio de porcentaje de severidad de Antracnosis en los frutos para aplicaciones foliares.

Código	Aplicaciones Foliares	%de Severidad en los frutos	DMS 5%
A2	Sin Silicio	18,4	A
A1	Con Silicio	12,1	B

La prueba de DMS al 5%, cuadro 18, detecta la presencia de dos rangos, siendo el mejor el que ocupa el segundo rango, ya que tiene un menor porcentaje de severidad de antracnosis en los frutos.

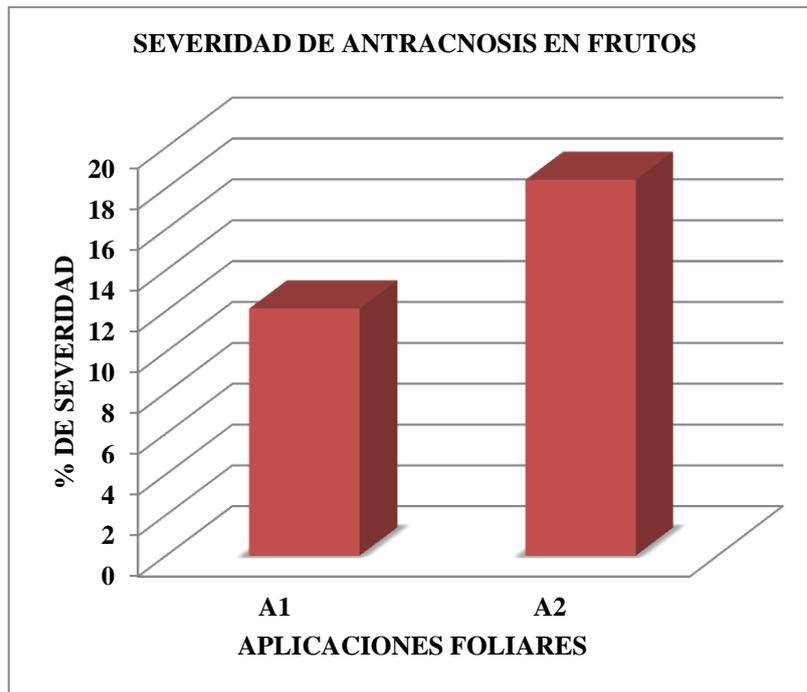


Figura 6. Efecto de las Aplicaciones foliares sobre la severidad de Antracnosis en los frutos.

La Figura 6, deja ver que hay un mayor ataque de la enfermedad cuando no se aplica silicio por vía foliar. Lo que demuestra que la aplicación foliar de este elemento, hace que la severidad de ataque de antracnosis en los frutos se reduzca en un 34%.

Ortega J, (2001), citado por Andrade, (2006), sostiene que, del silicio polimerizado dentro de la planta, el 87-99% existe como una forma ligeramente soluble en el haz de las hojas, vainas y cortezas en donde se deposita como una capa de 2.5 μ de espesor en el espacio inmediatamente debajo de la cutícula delgada. Aún cuando el efecto es casi netamente físico, se ha sugerido que la asociación del silicio con los constituyentes de la pared celular los hace menos asequibles a la degradación enzimática que acompaña la penetración de la pared celular por las hifas de los hongos.

Matichenkov V, manifiesta que, el silicio se acumula en la epidermis y se asocia con la pectina e iones de calcio, endureciendo el tejido y protegiendo así el ingreso de patógenos a la planta.

Los tricomas glandulares a través de la liberación de compuestos fitoquímicos permiten la resistencia y tolerancia de las plantas al ataque de agentes bióticos, esto permite el control biológico de plagas y enfermedades, ya que la acción de las sustancias liberadas, actúan como repelentes, insecticidas, fungicidas, aleloquímicos, así como también participan en la percepción de estímulos, que mejoran la protección y adaptación de los vegetales (Matichenkov V.).

Lo manifestado anteriormente corrobora los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.4 RENDIMIENTO

En los siguientes cuadros (19, 20 y 21), se presentan las medias en TM/ha, para los tres factores en estudio.

Cuadro 19. Medias de las frecuencias de control químico

Frecuencias de control	Media
21 días (C1)	8,7
45 días (C2)	3,3

Cuadro 20. Medias de las fertilizaciones edáficas

Fertilización edáfica	Media
Con silicio (F1)	5,9
Sin silicio (F2)	6,1

Cuadro 21. Medias de las aplicaciones foliares

Aplicaciones foliares	Media
Con silicio (A1)	6,5
Sin silicio (A2)	5,6

Para realizar el análisis de la varianza los datos originales fueron transformados con la fórmula $\sqrt{X + 1}$, donde X fue cada uno de los datos obtenidos.

Cuadro 22. Análisis de varianza.

F.V	S. C.	g.l.	C.M.	F. Calc.	F. Tabulada	
					5%	1%
Bloques	0,156	2	0,078	0,26 ^{ns}	19,0	99,0
Frecuencias de control						
químico	6,608	1	6,608	21,94*	18,5	98,5
Error (a)	0,602	2	0,301			
Fertilización edáfica	0,006	1	0,006	0,80 ^{ns}	7,71	21,2
F. de control x Fertilizaciones	0,022	1	0,022	2,71 ^{ns}	7,71	21,2
Error (b)	0,032	4	0,008			
Aplicaciones foliares	0,204	1	0,204	2,00 ^{ns}	5,32	11,3
F. de control x A. foliares	0,009	1	0,009	0,09 ^{ns}	5,32	11,3
Fertilizaciones x A. foliares	0,223	1	0,223	2,20 ^{ns}	5,32	11,3
Frec. x Fert. x A. foliares	0,016	1	0,016	0,16 ^{ns}	5,32	11,3
Error (c)	0,812	8	0,102			
Total		23				
C.V. (a)=	21,3%					
C.V. (b)=	3,5%					
C.V. (c)=	12,4%					
Media	6,0 TM/ha					

ns = no significativo

*= significativo al 5%

El análisis de la varianza, cuadro 22, detecta una diferencia significativa al 5% para las frecuencias de control químico, además indica que no existe diferencia significativa para los demás componentes.

El rendimiento promedio fue de 6,0TM/ha, y los coeficientes de variación fueron de 21,3%, 3,5% y 12,4%, respectivamente.

Como se puede observar en el cuadro 22, no existe una diferencia significativa para aplicaciones foliares, esto no tendría sentido, ya que, anteriormente se vio que la aplicación foliar de silicio redujo considerablemente la severidad de antracnosis en los frutos, entonces es de suponerse que los rendimientos deben ser superiores. Sin embargo esto no ocurre ya que, si bien es cierto que cuando se aplica silicio foliar, el número de frutos listos para cosechar es superior en un 24% que cuando no se aplica; el tamaño de los frutos no es el mismo.

Cuadro 23. Clasificación de los frutos de tomate de árbol cosechados. Natabuela, 2010.

Tamaño de frutos cosechados expresado en porcentaje			
Código	Grandes	Medianos	Pequeños
A1	16%	54%	29%
A2	21%	56%	23%

Como se puede observar en el cuadro 23, el porcentaje de frutos grandes es menor cuando se aplica silicio foliar, mientras que el porcentaje de frutos pequeños es superior. Esto quiere decir que si bien es cierto, cuando no se aplica silicio foliar, existe menor número de frutos para la cosecha, si embargo estos son de mayor tamaño y por ende los rendimientos en peso tienden a ser similares.

León A, (2010), afirma que el silicio es un inductor de resistencia contra plagas y enfermedades en la planta, y que en sobredosificación puede causar que la planta active su sistema de resistencia inducida directa, lo que hace que la planta concentre toda su energía en defenderse del patógeno y descuide sus otras funciones, en este caso el desarrollo normal de los frutos.

Cuadro 24. Promedio de rendimiento en TM/ha, para frecuencias de control químico.

Código	Frecuencias de control químico	Rendimiento (TM/ha)	DMS 5%
C1	21 días	8,7	A
C2	45 días	3,3	B

La prueba de DMS al 5%, cuadro 24, detecta la presencia de dos rangos, siendo mejor la frecuencia de control químico de 21 días, ya que se obtuvieron 5,4 TM/ha más que con la frecuencia de control químico de 45 días.

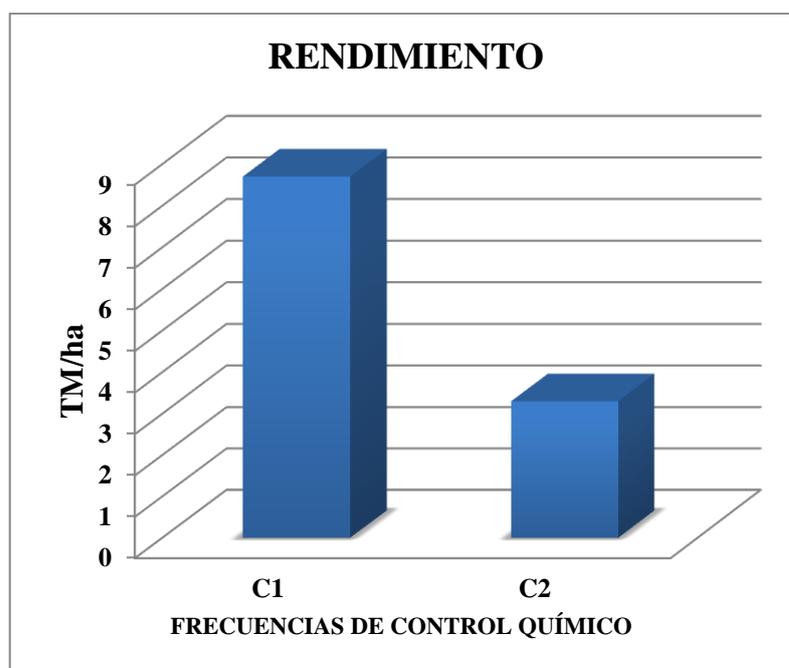


Figura 7. Efecto de la frecuencia de control químico sobre el rendimiento.

La Figura 7, muestra que existe una gran diferencia en el rendimiento entre las dos frecuencias de control, quedando demostrado que si se alarga la frecuencia, de 21 a 45 días existe una disminución de 65% en el rendimiento lo que quiere decir que existen grandes pérdidas económicas. Esto es lógico ya que como se pudo observar en la figura 5, la frecuencia de 45 días tiene una mayor severidad de

antracnosis en los frutos lo que hace que el número de estos sea reducido al llegar a la cosecha.

4.5 ANALISIS ECONÓMICO

Se utilizó el método del “Presupuesto parcial” del CIMMYT (1988), el que utiliza los costos totales que varían por efecto de los tratamientos; en los que se consideran los costos de: los controles químicos, los fertilizantes edáficos y foliar, mano de obra para la aplicación, etc.; y los beneficios netos; con los cuales se calcula la Tasa de Retorno Marginal (TRM).

Cuadro 25. Presupuesto parcial del “Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol”, Natabuela, 2010.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento	8,8	8,7	9,7	7,8	3	3,2	4,6	2,5
Rendimiento ajustado	8,4	8,3	9,2	7,4	2,9	3,0	4,4	2,4
Beneficio neto en campo	4180	4132,5	4607,5	3705	1425	1520	2185	1187,5
Controles fitosanitarios	2060,4	2060,4	2060,4	2060,4	1262,88	1262,88	1262,88	1262,88
Costo fertilizantes químicos	661,9	661,9	713,0	713,0	661,9	661,9	713,0	713,0
Costo aplicaciones foliares	46,4	0	46,4	0	106,4	0	106,4	0
Total de costos que varían	2768,7	2722,3	2819,8	2773,4	2031,2	1924,8	2082,2	1975,8
Beneficio neto	1411,3	1410,2	1787,7	931,6	-606,2	-404,8	102,8	-788,3

Cuadro 26. Análisis de dominancia. Presupuesto parcial del “Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol”, Natabuela, 2010.

Tratamientos	Código	Total de costos que varían (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	
T6	C2F1A2	1924,8	-404,8	
T8	C2F2A2	1975,8	-788,3	D
T5	C2F1A1	2031,2	-606,2	D
T7	C2F2A1	2082,2	102,8	
T2	C1F1A2	2722,3	1410,2	
T1	C1F1A1	2768,7	1411,3	
T4	C1F2A2	2773,4	931,6	D
T3	C1F2A1	2819,8	1787,7	

Se eliminan T8 y T5 ya que causan más pérdidas que T6 y tienen mayores costos que varían, además se elimina T4 por tener menores beneficios netos y mayores costos que varían.

El análisis de dominancia muestra que los mejores tratamientos son T7, T2, T1 y T3.

Cuadro 27. Análisis marginal. Presupuesto parcial del “Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol”, Natabuela, 2010.

Tratamientos	Total de costos que varían (\$/ha)	Costo marginal	Beneficio neto (\$/ha)	Beneficio marginal	Tasa de retorno Marginal (%)
T6	1924,8		-404,8		
T7	2082,2	157,4	102,8	507,6	322
T2	2722,3	640,1	1410,2	1307,4	204
T1	2768,7	46,4	1411,3	1,1	2
T3	2819,8	51,0	1787,7	376,5	738

El cuadro 27, indica el retorno marginal de los tratamientos que no tuvieron dominancia, en el que el T3 tiene una tasa de retorno marginal alta por lo tanto se considera que es el mejor.

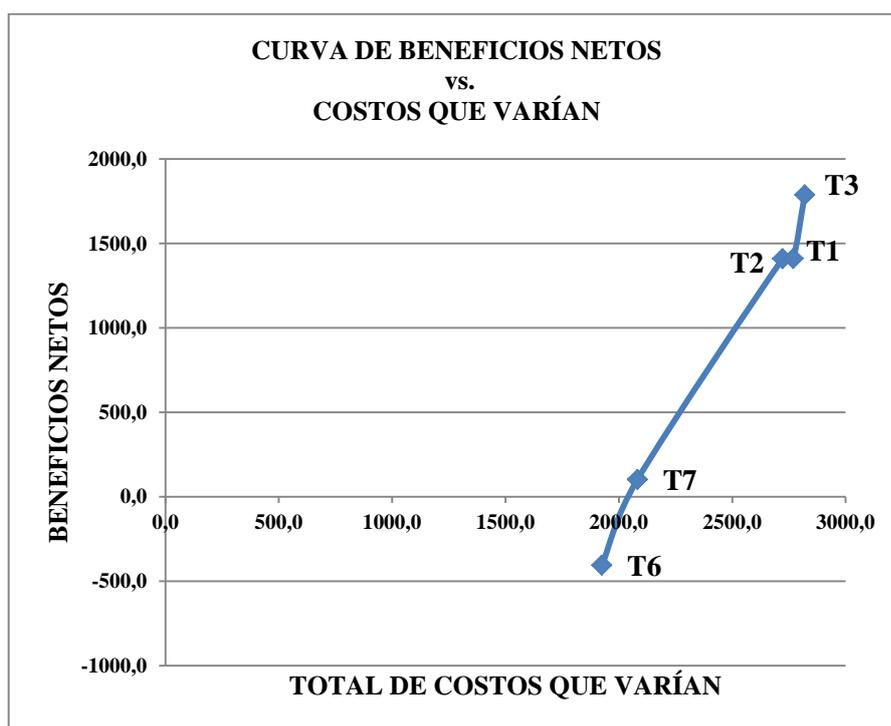


Figura 8 . Curva de beneficios netos para el “Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol”, Natabuela, 2010.

La Figura 8 muestra la curva de beneficios netos, donde el T3 tiene el 738% de retorno marginal para el agricultor lo que quiere decir que invertiría \$1 y recuperaría su \$1 invertido más \$7,38 adicionales.

V. CONCLUSIONES

Al término de la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para los días de floración a la cosecha, no se encontró diferencia significativa, el promedio de días transcurridos en este período fue de 211.
- Ninguno de los tres factores en estudio produce efecto alguno, en lo que respecta a los frutos cuajados por inflorescencia, obteniéndose en promedio 1,9 frutos por racimo.
- La frecuencia de control químico de 21 días tuvo mayor eficiencia, manteniendo el porcentaje de severidad de antracnosis en un promedio de 10,7%, mientras que, la frecuencia de control químico de 45 días tuvo un mayor ataque de la enfermedad con un 19,8%.
- Así mismo la aplicación de silicio por vía foliar, fue la que presentó un menor daño en los frutos con una severidad del 12,1%; mientras que la severidad fue de 18,4%; cuando no se aplicó silicio.
- La frecuencia de control químico de 21 días, fue la mejor en cuanto a rendimiento, con una media de 8,7TM/ha, superando en 5,4TM/ha, a la frecuencia de 45 días.
- De acuerdo al método de “Presupuesto Parcial” del CIMMYT, (1988), el mejor tratamiento es el T3 (C1F2A1), con una tasa de retorno marginal del 738%.

- Según el análisis de laboratorio (Anexo 8), T3 (C1F2A1), es el que presenta una mayor concentración de manganeso en los frutos con 0,76 ppm, mientras que, los frutos producidos en la zona (producción convencional), tienen 0,21 ppm, siendo los que presentan una menor concentración.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar controles químicos utilizando productos sistémicos y protectantes específicos para la antracnosis, con frecuencias de 21 días para época lluviosa y hasta 30 días en época seca.
- Establecer como un componente del manejo integrado de la antracnosis en el cultivo de tomate de árbol, la aplicación de silicio por vía foliar.
- Realizar investigaciones en donde se prueben fuentes y dosis de silicio foliar, desde el inicio del cultivo.
- Continuar realizando más investigaciones con silicio en otros cultivos de la zona a fin de comprobar las bondades que ofrece este elemento tanto a nivel de suelo como de planta.
- Estudiar los efectos del silicio en suelos con altas cantidades de fósforo fijado, y en suelos que no sean de origen volcánico.

VII. RESUMEN.

“Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol”

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia San Francisco de Natabuela, en el sector Sillarumy, ubicado geográficamente en las coordenadas: 0° 20' 45,26" de latitud Norte y 78° 11' 57,16" de longitud Oeste; con una altitud de 2420 msnm, 17,1°C de temperatura, 61,3% de humedad relativa y 750-1000mm de precipitación.

El objetivo principal de esta investigación fue: determinar los efectos de la fertilización edáfica y foliar con Silicio en el cultivo de tomate de árbol. Se formuló la siguiente hipótesis: la incorporación de Silicio como complemento en la fertilización en el cultivo de tomate de árbol no incide ni en el rendimiento ni en la sanidad de las plantas.

Se pusieron a prueba dos frecuencias de control químico: 21 y 45 días; con dos tipos de fertilización edáfica: recomendación en base al análisis de suelo más Silicio (95 N – 115 P₂O₅ – 115 K₂O – 80 S – 188 MgO + 200 SiO₂) y recomendación en base al análisis de suelo sin Silicio (95 N – 115 P₂O₅ – 115 K₂O – 80 S – 188 MgO); y dos tipos de aplicaciones foliares: aplicación de ácido monosilícico al 35% vía foliar en dosis de 3cc/litro y ninguna aplicación de silicio por vía foliar.

Se utilizó un diseño de parcelas sub divididas bajo una distribución de bloques completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se realizó pruebas de DMS al 5%, para los tres factores en estudio.

Se consideró las variables, días desde la floración hasta la cosecha, frutos cuajados por inflorescencia, porcentaje de severidad de antracnosis en los frutos,

rendimiento en TM/ha y análisis económico por el método del presupuesto parcial.

Del estudio realizado se concluye que: no hubo diferencias significativas para días desde la floración hasta la cosecha con una media general de 211 días; no existió diferencias significativas para frutos cuajados por inflorescencia con una media general de 1,9 frutos por racimo; en el porcentaje de severidad de antracnosis en los frutos la frecuencia de control químico de 21 días y la aplicación foliar con silicio fueron los que presentaron un menor porcentaje con un 10,7 % y 12,1 % respectivamente, no hubo diferencias significativas para fertilizaciones edáficas; en el rendimiento la frecuencia de control químico de 21 días fue la mejor con 8,7 TM/ha; de acuerdo al método de “Presupuesto Parcial” del CIMMYT (1988), el mejor tratamiento es el T3 con una tasa de retorno marginal del 738%.

Se recomienda, utilizar frecuencias de control químico de 21 días en época de lluvia y de 30 días en época seca, incorporar la aplicación de silicio por vía foliar como componente en el manejo integrado de antracnosis en el tomate de árbol, continuar realizando investigaciones con silicio en otros cultivos, estudiar los efectos del silicio en suelos con altas cantidades de fósforo fijado.

VIII. SUMMARY.

"Effect of silicon application in the second year of production in the crop of tomato tree"

This research was conducted in the province of Imbabura, Canton Antonio Ante, San Francisco of Natabuela parish in Silla Rummy sector, geographically located at coordinates: 0 ° 20 '45.26 north latitude and 78 ° 11' 57.16 " West longitude, with an altitude of 2420 msnm, 17.1 ° C of temperature, 61.3% relative humidity and rainfall 750-1000mm.

The main objective of this research was to determine the effects of fertilization foliar and soil with silicon in the crop tomato tree. Formulated the following hypothesis: the incorporation of Silicon as a supplement in the fertilization on crop tomato tree does not affect performance or health of plants.

It tested two chemical control frequency: 21 to 45 days, with two types of soil fertilization: recommendation based on soil analysis more Silicon (95 N - 115 P₂O₅ - 115 K₂O - 80 S - 188 + 200 SiO₂ MgO) and recommendations based on analysis of soil without Silicon (95 N - 115 P₂O₅ - 115 K₂O - 80 S - 188 MgO) and two types of foliar applications: monosilicic acid foliar application to 35% at doses of 3cc/litro and none foliar Application of silicon.

We used a sub split plot design with distribution under a randomized complete block with eight treatments and three replications. was used DMS test to 5% for the three factors studied.

We considered the variables, days from flowering to harvest, fruit set per

inflorescence, percentage of severity of anthracnose in the fruits, performance in TM / ha and economic analysis by the method of partial budget.

The study concluded that: there were no significant differences for days from flowering to harvest with an average of 211 days, there was no significant difference for fruit set per inflorescence with an average of 1.9 fruits per cluster, in the percentage of severity of anthracnose in the fruit the chemical control of 21 days and foliar application with silicon were those with the lowest percentage with 10.7% and 12.1% respectively, no exist significant differences for soil fertilization; performance the chemical control of 21 days was the best with 8.7 MT / ha, according to the method of "partial budget" CIMMYT (1988), the best treatment is the T3 with a marginal rate of return 738%.

It is recommended to use chemical control frequencies of 21 days in the rainy season and 30 days in dry season, incorporating the application of foliar silicon as a component in integrated management of anthracnose on tree tomato, continue to conduct research with silicon in other crops, studying the effects of silicon in soils with high amounts of phosphorus fixed.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

1. ANDRADE L, 2006. Evaluación de cinco dosis de aplicación de ceniza de cascarilla de arroz como fuente de silicio y complemento a la fertilización con fósforo y potasio en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad F-5. (en línea). Guayas, EC, Consultado 24 ago. 2010. Formato Word Office 2007. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13553>.
2. BORDA O, BARÓN F y GÓMEZ M, 2007. El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): Respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. (en línea). Bogotá, COL, s.e. Consultado 15 dic. 2009. Formato pdf. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n2/v25n2a09.pdf>.
3. BARRAGÁN R, Métodos estadísticos aplicados al diseño de experimentos en la investigación.
4. CADENA PRODUCTIVA FRUTÍCOLA SECRETARÍA TÉCNICA, Producción limpia cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceae*) en el departamento de Huila. Huila, COL, s.e. Consultado el 16 ene. 2010. Formato pdf. Disponible en http://www.huila.gov.co/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=47&Itemid=1464.
5. CAICEDO L y CHAVARRIAGA W, 2008. Efecto De la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café Variedad Colombia. (en línea). Caldas, COL, s.e. Consultado 04 dic. 2009. Formato pdf. Disponible en http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/agronomia15%281%29_2.pdf.
6. CALVO V, 2009. Cultivo de tomate de árbol. (en línea), San José, CR. Consultado el 03 ago. 2010. Formato pdf. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00168.pdf>.
7. CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. México: CIMMYT. Pág. 1-78.
8. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008.

9. CORPOICA- PRONATTA. 1999. Estudios biológicos y epidemiológicos de la antracnosis del tomate de árbol y generación de alternativas para su manejo integrado en Colombia. (en línea). Bogotá, COL. Consultado 08, mar. 2010. Formato pdf. Disponible en http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006112710366_Estudios%20epi%20demiologicos%20antracnosis%20tomate%20de%20arbol.pdf.

10. ESPINOSA J, 2010. IPNI. Nutrición y suelos del cultivo de papa en Ecuador. Conferencia. I Congreso Nacional de la Papa, EXPOPAPA, Ibarra – 2010.

11. FERTILIZANTES DE CENTRO AMÉRICA, PAN. c 2001 – 2004. El Silicio en la Agricultura. (en línea). Panamá, s.e. Consultado 28 nov. 2009. XHTML. Disponible en <http://www.fertica.com.pa/informes/silicio.htm>.

12. FILGUEIRAS O, 2007. Silicio en la agricultura. (en línea). Edición impresa. Consultado el 18 jul. 2010. Formato htm. Disponible en <http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=2208&bd=1&pg=1&lg=es>

13. GÓMEZ R, RODRÍGUEZ M, CÁRDENAS E, SANDOVAL M, 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *fusarium oxysporum* (sheld) en tomate de cáscara. (en línea). Revista Chapingo. Serie Horticultura N°001. Chapingo, MEX. Consultado 15 dic. 2009. Formato pdf. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/609/60912111.pdf>.

14. HASING L, 2007. Impacto de las aplicaciones de un mineral Bio – activo sobre parámetros agronómicos y fitosanitarios en plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams a nivel de laboratorio e invernadero. (en línea). Guayaquil, EC, Consultado 28 dic. 2009. Formato pdf. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4376/1/6896.pdf>.

15. HORNA R. Efectos del silicio en la nutrición vegetal Producción de silicio orgánico.(en línea). Quvedo,EC. Consultado 28 sep. 2010. Formato pdf. Disponible en http://www.uteq.edu.ec/eventos/2007/congreso_bioteecnologia/bioteecnologia/archivos/832.pdf

16. LEÓN A, 2010. USFQ. Sistemas de inducción de resistencia vegetal para el control de plagas y enfermedades. Conferencia. I Congreso Nacional de la Papa, EXPOPAPA, Ibarra – 2010.

17. LEÓN J, 2004. Manual del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). N° 61. Quito, EC, Tecnigrava. 51p.
18. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, publicada en el registro oficial N° 245 del 30 de julio de 1999. Consultado 14 jun. 2010, Formato Word, Disponible en www.google.com/search?hl=es&q=LEY+DE+GESTION+AMBIENTAL&aq=f&aqi=g10&aql=&oq=&gs_rfai=
19. LIMA O, 2010. El silicio y la resistencia de las plantas al ataque de hongos patógenos. (en línea). Consultado 11 oct. 2010. Formato htm. Disponible en <http://www.diatom.com.br/es-ES/noticias/item/articulo-el-silicio-y-la-resistencia-de-las-plantas-al-ataque-de-hongos-patogenos>.
20. MAE. 2004, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, (en línea), Consultado 22 may 2010, Disponible en www.ambiente.gov.ec/
21. MATINCHENKOV V. Main Beneficial Perspectives of Zumsil Applications. (en línea). Russia. Formato pdf. Disponible en http://www.cepasa.cl/estudios/Zumsil_Main_Beneficial_Perspectives.pdf
22. MEJISULFATOS, 2005. Papel del silicio en la Agricultura. PowerPoint 2007. CD - Rom
23. MIRAMONTES B, ARROYO L, ALVA M y ESPIRICUETA T, 2004. Efecto del metasilicato de sodio sobre el crecimiento del cultivo de chicharo. (en línea). Vol.22. Chapingo, MEX, Terra Latinoamericana. Consultado 20 dic. 2009. Formato pdf. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57322205>.
24. MOYANO B, 2009. Establecimiento de la línea base de productos formulados con silicio y estudio de los efectos de los parámetros de desarrollo y sanitario de plantas de banano Cavendish (AAA), variedad Williams. (en línea). Guayaquil, EC, Consultado 28 dic. 2009. Formato pdf. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57/1/20.pdf>.
25. NEOQUIM, (2010). Catálogo de productos, almacén agrícola “La Granja”, Ibarra. E-mail: neoquim@andinanet.net.
26. NEOQUIM, (2010). Manejo integrado del cultivo del tomate de árbol. Tríptico distribuido por la empresa. Quito,EC. E-mail: neoquim@andinanet.net.

- 27.** OREJUELA J, 2010. Evaluación de la Aplicación de Varias Dosis de Ácido Monosilícico en la Producción del Cultivo de Arroz. Var. INIAP 15. (en línea). Guayaquil, EC. Consultado el 22 may. 2010. Formato pdf. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10892/3/OREJUELAS%20MAGALLANES%20JUAN%20DARIO.pdf>.
- 28.** PERALVO D, 2008. Clasificación de Suelos. (en línea). Consultado 22 jun. 2010. Formato pdf. Disponible en www.agrytec.com/agronegocios/tecnología.htm.
- 29.** QUERO E, 2008. Silicio en la producción de chile. (en línea). Ed. rev. s.l, s.e. Consultado 28 nov. 2009. XHTML. 1.0. Disponible en <http://loquequero.com>.
- 30.** REVELO J, PÉREZ E y MAILA M, 2008. Manual ecológico del tomate de árbol en Ecuador, Manual N° 65, Quito, EC, 88p.
- 31.** VILLAVICENCIO A, VÁSQUEZ W, 2008. Guía Técnica de cultivos. Quito, EC, INIAP.444p. (Manual N°73).

X. ANEXOS

Anexo 1. Cuadros guía para la fertilización.

Cuadro 28. Recomendación de fertilización según el análisis químico de suelo y la densidad de plantación en el ensayo.

kg/ha, para 4000 plantas/ha					
N	P₂O₅	K₂O	MgO	S	SiO₂
95	115	115	188	80	200

Cuadro 29. Cantidad de elemento puro por planta.

g/planta					
N	P₂O₅	K₂O	MgO	S	SiO₂
24	29	29	47	20	50

Cuadro 30. Fuentes recomendadas y su concentración en porcentaje por elemento.

FERTILIZANTE	N	P₂O₅	K₂O	MgO	S	SiO₂
M.A.P.	11	52	0	0	0	0
ÚREA VERDE	46	0	0	0	0	0
MURIATO DE POTASIO	0	0	60	0	0	0
ÓXIDO DE MAGNESIO	0	0	0	55	0	0
SULFATO DE AMONIO	21	0	0	0	24	0
SULFATO DE MAGNESIO	0	0	2	26	21	0
MAGNESIL	0	0	0	32	0	34

Cuadro 31. Concentración y dosis de los productos utilizados para las aplicaciones de silicio por vía foliar.

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN H₄SiO₄	DOSIS
ZUMSIL	22%	2,5cc/20l de agua
SIKLON	35%	3,0cc/ 1 de agua

Anexo 2. Calendario de controles fitosanitarios realizados durante el ensayo.

Cuadro 32. Frecuencia de controles fitosanitarios, Enfermedades y dosis de los productos para su control.

NUMERO CONTROL		ENFERMEDAD /PLAGA	PRODUCTO	INGREDIENTE. ACTIVO	DOSIS EN 200 l DE AGUA	FRECUENCIA		DIA	AREA DE APLICACIÓN
C1	C2					C1	C2		
1	1	Lancha Negra (Tizón T.) Ojo de pollo (Antracnosis)	SPORTACK ANTRACOL FITORAZ KORSO AHORRO 80 BIOSOLAR BREAK THRU	Procloraz Propineb Cimoxanil + Propineb Carbendazin Fosetil aluminio Ca, Mg, B y hormonas Ingredientes tenso activos	100cc 400g 500 250cc 200g 250cc 50cc			1	Todo el Ensayo.
2		Lancha Negra (Tizón T.) Lancha Amarilla(Alternaria) Ojo de pollo (Antracnosis)	MOXAN ANTRACOL NOVAK INDICATE 5 ECUAFIX MELAZA	Cimoxanil+Mancozeb Propineb Tiofanato de metilo Sustancias reguladoras de pH Ingredientes tenso activos Azucars	500g 400g 500g 100cc 100cc 1000cc	21		21	Mitad del ensayo (C1)
3	2	Lancha Negra (Tizón T.) Ojo de pollo (Antracnosis) Chinche patón.	DACAPO 720 LANCHERO SCORE 250 TROFEO BIOSOLAR BREAK THRU	Clorotalonil Metalaxil+Oxicloruro de cobre Difenoconazol Acefato Ca, Mg, B y hormonas Ingredientes tenso activos	500cc 500g 150cc 150g 250cc 50cc	21	45	45	Todo el ensayo.
4		Lancha Negra (Tizón T.) Ojo de pollo (Antracnosis)	CAMPUZ KORSO TRIZIMAN D FIJAFIX	Cimoxanil+Mancozeb Carbendazin Mancozeb Sustancias tenso activas	500g 500g 500g 100cc	21		66	Mitad del Ensayo (C1)

5	3	Lancha Negra (Tizón T.) Lancha Amarilla(Alternaria) Ojo de pollo (Antracnosis) Chinche patón. Pulgón.	AHORRO DITHANE SPORTAK DIABOLO INDICATE 5 BREAK THRU	Fosetil aluminio Mancozeb Procloraz Dimetoato Sustancias reguladoras de pH Ingredientes tenso activos	200g 1000g 150g 250cc 100cc 50cc	21	45	90	Todo el Ensayo
6		Lancha Negra (Tizón T.) Ojo de pollo (Antracnosis)	SOLL DACAPO 720 BENOMIL INDICATE 5 ECUAFIX	Propineb Clorotalonil Benomil Sustancias reguladoras de pH Ingredientes tenso activos	500g 400cc 150g 100cc 100cc	21		111	Mitad del Ensayo (C1)
7	4	Lancha Negra (Tizón T.) Lancha Amarilla(Alternaria) Ojo de pollo (Antracnosis) Ceniza (Oídio) Chinche patón	VOLCÁN C KORSO KOCIDE TROFEO ECUAFIX	Cimoxanil+Hidróxido Cúprico. Carbendazin Hidróxido de cobre Acefato Ingredientes tenso activos	500g 500g 400g 150g 150cc	21	45	135	Todo el ensayo
8		Lancha Negra (Tizón T.) Ojo de pollo (Antracnosis)	CAMPUZ TRIZIMAN D SPORTAK ECUAFIX	Cimoxanil+Mancozeb Mancozeb Procloraz Ingredientes tenso activos	500g 500g 100cc 200cc	21		156	Mitad del Ensayo (C1)
9	5	Lancha Negra (Tizón T.) Ojo de pollo (Antracnosis) Chinche patón.	VOLCAN C KORSO OXICLORURO DE COBRE OLATE SPECTRO ECUAFIX	Cimoxanil+Hidróxido cúprico Carbendazin Oxicloruro de cobre Acefato Sustancias reguladoras de pH Ingredientes tenso activos	500g 500g 500g 200g 100cc. 100cc.	21	45	180	Todo el ensayo

C1: Tratamientos con frecuencia de aplicación cada 21 días.

C2: Tratamientos con frecuencia de aplicación cada 45 días.

Anexo 3. Costos.

Cuadro 33. Costo del kilogramo de fertilizante de acuerdo al costo del saco.

FERTILIZANTE	COSTO SACO USD	COSTO /kg USD
MAP	29,00	0,58
UREA VERDE	27,00	0,54
MURIATO DE POTASIO	40,00	0,8
ÓXIDO DE MAGNESIO	45,00	0,90
SULFATO DE MAGNESIO	22,00	0,44
SULFATO DE AMONIO	20,00	0,4
MAGNESIL	21,00	0,42

Cuadro 34. Cantidad y costos de los fertilizantes recomendados en los tratamientos con Silicio (F1).

FERTILIZANTE	kg/ha	COSTO/ha
MAP	221	128,18
UREA VERDE	0	0
MURIATO DE POTASIO	192	153,6
SULFATO DE MAGNESIO	0	0
SULFATO DE AMONIO	333	133,2
MAGNESIL	588	246,96
TOTAL		661,94

Cuadro 35. Cantidad y costos de los fertilizantes recomendados en los tratamientos sin Silicio (F2).

FERTILIZANTE	kg/ha	COSTO/ha
MAP	221	128,18
UREA VERDE	154	83,16
MURIATO DE POTASIO	182	145,6
ÓXIDO DE MAGNESIO	245	220,5
SULFATO DE MAGNESIO	308	135,52
SULFATO DE AMONIO		
MAGNESIL		
TOTAL		712,96

En los cuadros 35 y 36 se muestran los costos ajustados a las posibilidades del agricultor, poniendo óxido de magnesio en lugar de nitrato de magnesio. Cabe

indicar que, al momento de aplicar los tratamientos hubo un desabastecimiento de óxido de magnesio a nivel nacional, por lo que se tuvo que utilizar nitrato de magnesio para llegar a la recomendación requerida para la investigación, sin embargo no se recomienda la utilización de esta fuente ya que tiene bajo contenido de magnesio, es de difícil acceso para el agricultor y tiene un alto costo.

Cuadro 36. Costos de fumigación para el control 1 (C1= frecuencia de 21 días).

N° CONTROL	COSTO/TANQUE USD	COSTO/ha USD	COSTO/APLICACIÓN USD
1	26,00	208,00	60,00
2	24,74	197,92	60,00
3	32,40	259,20	60,00
4	14,52	116,16	60,00
5	23,48	187,84	60,00
6	16,28	130,24	60,00
7	19,14	153,12	60,00
8	14,15	113,20	60,00
9	19,34	154,72	60,00
SUBTOTALES		1520,40	540,00
TOTAL C1		2060,40	

Cuadro 37. Costos de fumigación para el control 2 (C2= frecuencia de 45 días).

N°CONTROL	COSTO/TANQUE USD	COSTO/ha USD	COSTO/APLICACIÓN USD
1	26,00	208,00	60,00
2	32,40	259,20	60,00
3	23,48	187,84	60,00
4	19,14	153,12	60,00
5	19,34	154,72	60,00
SUBTOTALES		962,88	300
TOTAL C2		1262,88	

En los cuadros 37 y 38 se describen los costos de aplicación para los controles fitosanitarios donde el costo por tanque está en función de las cantidades de los productos anotados en el calendario de fumigación (Anexo. 2); el costo por hectárea se calculó tomando como referencia la utilización de 8 tanques/ha,

además están incluidos los valores de mano de obra, transporte y alquiler de la bomba.

Cuadro 38. Costo de aplicaciones foliares de silicio para 8 tanques por hectárea.

COSTO DEL PRODUCTO (USD)	C1A1 (USD)	C2A1 (USD)
5,80	46,40	46,40
5,80	46,40	46,40
5,80	46,40	46,40
5,80	46,40	46,40
5,80	46,40	46,40
5,80	46,40	106,40
5,80	46,40	106,40
5,80	46,40	106,40
5,80	46,40	106,40
TOTAL	417,60	657,60

En C2A1 a partir de la sexta aplicación los costos incrementan ya que se adiciona el valor de 7.5 dólares/tanque, que es el costo por aplicación.

Al igual que en la fertilización edáfica los costos calculados para aplicación foliar del silicio (cuadro 39) se ajustan a las posibilidades del agricultor donde se sugiere que las aplicaciones foliares se realicen conjuntamente con los controles fitosanitarios.

Cuadro 39. Total de costos que varían, para cada uno de los tratamientos.

COSTOS	TRATAMIENTOS							
	T1 (USD)	T2 (USD)	T3 (USD)	T4 (USD)	T5 (USD)	T6 (USD)	T7 (USD)	T8 (USD)
CONTROLES FITOSANITARIOS	2060,4	2060,4	2060,4	2060,4	1262,9	1262,9	1262,9	1262,9
FERTILIZACION	661,94	712,96	661,94	712,96	661,94	712,96	661,94	712,96
APLICACIONES FOLIARES DE SILICIO	417,6	0,0	417,6	0,0	657,6	0,0	657,6	0,0
TOTAL	2768,7	2722,3	2819,8	2773,4	2031,2	1924,8	2082,2	1975,8

Anexo 4. Datos de campo.

Cuadro 40. Datos de campo para la variable días desde floración hasta la cosecha.

TRATAMIENTO	I	II	III	SUMATORIA	MEDIA
T1 C1F1A1	202	206	212	620	207
T2 C1F1A2	199	209	217	626	209
T3 C1F2A1	217	214	221	651	217
T4 C1F2A2	208	207	212	627	209
T5 C2F1A1	214	214	212	639	213
T6 C2F1A2	225	221	211	657	219
T7 C2F2A1	215	213	206	634	211
T8 C2F2A2	205	212	202	619	206
SUMATORIA	1684	1696	1693	5073	
MEDIA	210	212	212		211,4

Cuadro 41. Datos de campo para la variable frutos cuajados por inflorescencia.

TRATAMIENTO	I	II	III	SUMATORIA	MEDIA
T1 C1F1A1	1,5	3,4	3,0	7,9	2,6
T2 C1F1A2	1,2	1,3	1,3	3,7	1,2
T3 C1F2A1	1,8	1,6	1,0	4,4	1,5
T4 C1F2A2	1,2	2,2	1,0	4,4	1,5
T5 C2F1A1	1,8	1,5	2,3	5,5	1,8
T6 C2F1A2	1,0	2,8	1,6	5,4	1,8
T7 C2F2A1	1,6	2,6	2,8	7,0	2,3
T8 C2F2A2	1,8	2,2	3,3	7,2	2,4
SUMATORIA	11,8	17,6	16,1	45,4	
MEDIA	1,5	2,2	2,0		1,9

Cuadro 42. Datos de campo para la variable del porcentaje de severidad de antracnosis.

TRATAMIENTOS	I	II	III	SUMATORIA	MEDIAS
T1 C1F1A1	8,5	5,9	6,3	20,6	6,9
T2 C1F1A2	16,5	15,4	11,4	43,3	14,4
T3 C1F2A1	13,2	8,8	4,5	26,5	8,8
T4 C1F2A2	20,1	13,3	3,9	37,4	12,5
T5 C2F1A1	23,2	19,2	12,1	54,4	18,1
T6 C2F1A2	23,7	24,2	16,3	64,2	21,4
T7 C2F2A1	15,0	16,4	12,1	43,5	14,5
T8 C2F2A2	21,8	40,2	13,9	75,9	25,3
SUMATORIA	142,1	143,4	80,4	366,0	
MEDIAS	17,8	17,9	10,1		15,2

Cuadro 43. Datos de campo para la variable de rendimiento en TM/ha.

TRATAMIENTOS	I	II	III	SUMATORIA	MEDIAS
T1 C1F1A1	7,2	10,4	8,7	26,3	8,8
T2 C1F1A2	10,2	8,9	7,1	26,2	8,7
T3 C1F2A1	10,8	8,5	9,1	28,5	9,5
T4 C1F2A2	6,1	10,9	6,4	23,4	7,8
T5 C2F1A1	2,5	2,7	3,8	9,0	3,0
T6 C2F1A2	2,5	2,0	5,0	9,5	3,2
T7 C2F2A1	3,1	3,3	7,4	13,9	4,6
T8 C2F2A2	1,8	3,1	2,6	7,5	2,5
SUMATORIA	44,3	49,9	50,1	144,4	
MEDIAS	5,5	6,2	6,3		6,0

Cuadro 44. Número de frutos cosechados y clasificados en 3 categorías.

TRATAMIENTOS	GRANDES	MEDIANOS	PEQUEÑOS	TOTAL
T1 C1F1A1	121	357	165	643
T2 C1F1A2	200	270	80	550
T3 C1F2A1	97	401	242	740
T4 C1F2A2	95	294	150	539
T5 C2F1A1	45	137	99	281
T6 C2F1A2	34	164	54	252
T7 C2F2A1	63	211	82	356
T8 C2F2A2	33	112	60	205

Cuadro 45. Frutos cosechados y clasificados en 3 categorías, expresados en porcentaje.

TRATAMIENTOS	GRANDES	MEDIANOS	PEQUEÑOS
T1 C1F1A1	19%	56%	26%
T2 C1F1A2	36%	49%	15%
T3 C1F2A1	13%	54%	33%
T4 C1F2A2	18%	55%	28%
T5 C2F1A1	16%	49%	35%
T6 C2F1A2	13%	65%	21%
T7 C2F2A1	18%	59%	23%
T8 C2F2A2	16%	55%	29%

Anexo 5. Impacto ambiental

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

1. Introducción.

El presente estudio al ser una actividad que se desarrolló en el campo y que posteriormente tendrá aplicación en el mismo, es de suma importancia realizar una evaluación de impactos ambientales, para de identificar y evaluar los impactos provocados al ambiente.

2. Objetivos:

2.1 General.

Determinar el impacto ambiental ocasionado por la investigación: Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol.

2.2 Específicos.

- Identificar las áreas de influencia directa e indirecta afectadas por el trabajo de investigación.
- Establecer medidas de mitigación para los impactos ambientales negativos.
- Fortalecer con medidas pertinentes los impactos ambientales positivos.

3. Caracterización ambiental.

3.1 Ubicación.

El ensayo se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia San Francisco de Natabuela, en el sector Sillarumy, ubicado geográficamente en las coordenadas: 0° 20' 45.26" de latitud Norte y 78° 11' 57.16" de longitud Oeste; con una altitud de 2420 msnm, (Mapa de ubicación).

Fuente: (TRABAJO DE CAMPO, 2010).

3.2 Componente abiótico.

Clima.

En la zona la temperatura promedio es de 17.1°C, con una precipitación de 750 a 1000 milímetros anuales y humedad relativa de 61.3%.

Agua.

El agua de riego que llega al sector Silla Rummy proviene de la vertiente de Andrade Marín, la misma que presenta un cierto grado de contaminación por basura arrojada desde las partes más altas del trayecto de la acequia.

Aire

El aire presenta alteraciones en su estado normal cuando los agricultores del sector aplican productos químicos para controlar plagas y enfermedades en sus cultivos y cuando realizan el abonado del suelo con estiércoles de animales como la gallinaza y bovinaza.

Suelo

Taxonómicamente pertenece al Orden molisol, Suborden USTOLL, gran grupo ARGUSTOL, y posee las siguientes características: textura franca con una profundidad mayor a 100 cm, porcentaje de pedregosidad menor al 10%, buen drenaje, nivel freático profundo mayor a 100 cm. pH neutro (6,6 – 7,5), sin toxicidad, sin grado de erosión y nivel de fertilidad alto (SIGAGRO, 2008).

3.3 Componente biótico.

Flora.

En el sector se pudo observar una flora muy variada, destacándose las siguientes especies: **Arbóreas** (nogal, ciprés y pino); **Frutales** (aguacate, tomate de árbol, babaco); **Arbustivas** (chilca); **Cultivos de ciclo corto** (maíz, fréjol) y **Forrajeras** (alfalfa, raygras anual, kikuyo y tréboles).

Fauna.

Se clasifica en dos grupos domésticos y silvestres.

Dentro de los animales domésticos existen: **vacas, cerdos, perros, pollos, cuyes y conejos**; mientras que en los silvestres podemos identificar **aves** (pájaros, jilgueros, gorriones, picaflores, cuturpillas, biracchuros, tórtolas); **mamíferos** (ratón silvestre y raposa); **reptiles** lagartija; **anfibios** ranas y sapos y una gran variedad de **insectos**.

4. Descripción del proyecto.

Las actividades desarrolladas en el trabajo de investigación se detallan en el capítulo III, en el literal **3.3.4** Manejo específico del experimento, por esta razón solo serán enumerados:

1. Poda fitosanitaria
2. Deshierba.
3. Elaboración de coronas
4. Fertilización química
5. Fertilización orgánica
6. Controles fitosanitarios
7. Aplicación foliar de Silicio
8. Riegos
9. Limpieza
10. Cosecha

5. Áreas de influencia.

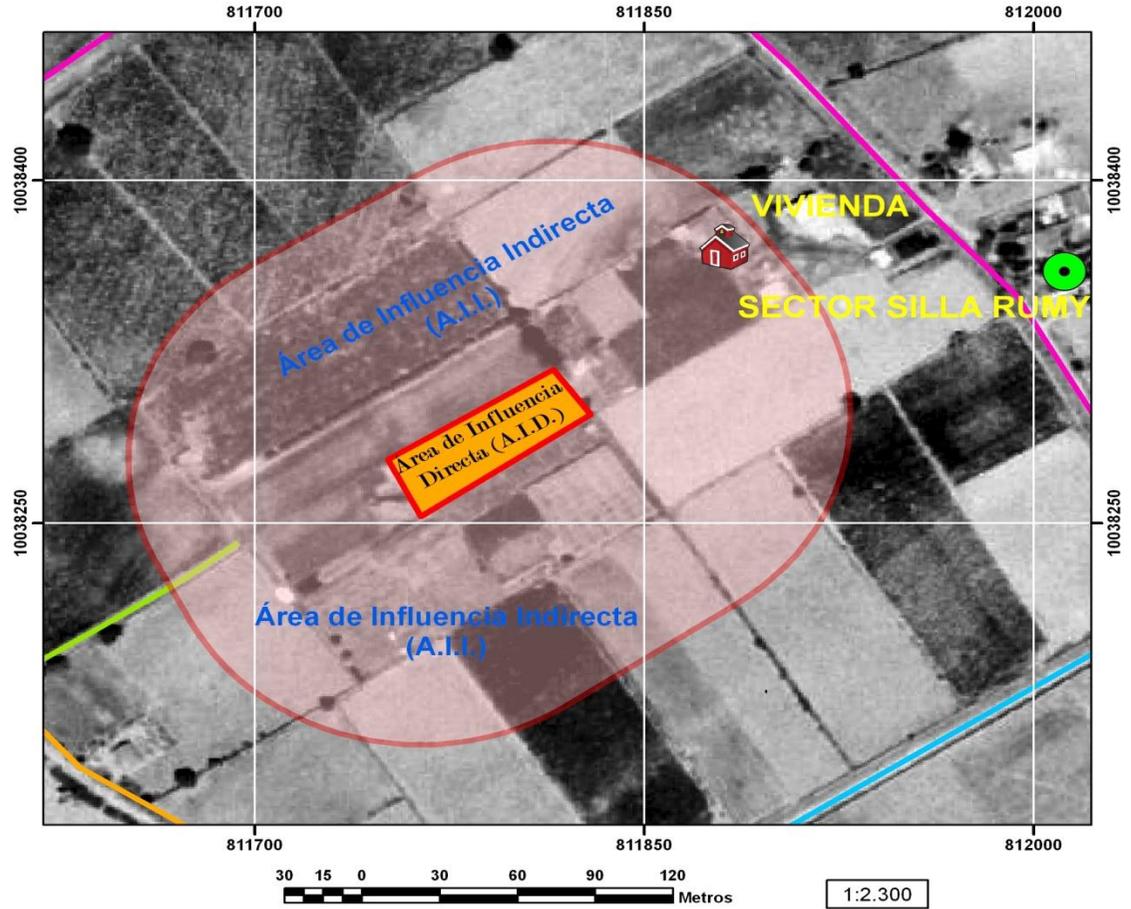
5.1 Área de influencia directa.

Se define como área de influencia directa, al espacio que comprende el ensayo investigativo 2000 m², ya que las actividades realizadas afectan de manera directa en dicho espacio.

5.2 Área de influencia indirecta.

El área de influencia indirecta es la superficie que cubre 100 metros de radio tomando como centro el trabajo de investigación, tiene una superficie de 52000 m², dentro de dicho espacio se localiza una vivienda habitada por una familia compuesta de 6 personas.

MAPA DE ÁREAS DE INFLUENCIA



MAPA DE UBICACIÓN
29 - XI - 2.010



LEYENDA

- ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA
- ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA
- ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO
- CALLE SIN NOMBRE
- CALLE NUEVA
- CALLE 29 DE JUNIO

ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA= 2.000m²
ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA= 52.000 m²

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

PROYECTO:
"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SILICIO EN EL SEGUNDO AÑO DE PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL"

ESCALA: 1 : 2.300	FUENTES: SIGAGRO, 2008 TRABAJO DE CAMPO 2010
ARCHIVO DE UBICACIÓN: C:/CUARTO JC/UBICACION TESIS/MAPA DE ÁREAS DE INFLUENCIA	ZONA DE ESTUDIO: PARRAQUIA SAN FRANCISCO DE NATABUELA
DATOS CARTOGRÁFICOS: PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ELIPSOIDE INTERNACIONAL ZONA 17 N	AUTORES: JAVIER COLIMBA ÁLVARO MORALES

MAPA 3

6. Marco legal.

Constitución Política del Ecuador.

En el artículo 66 de la Constitución Política de la República del Ecuador, en su numeral 27 menciona que todos los ecuatorianos tenemos derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Además que se asegure una vida decente y saludable para las futuras generaciones.

En el artículo 83 se refiere a la responsabilidad que tenemos los ecuatorianos y ecuatorianas a defender, conservar y preservar el ambiente, respetando sus derechos y haciendo uso de sus bondades de una manera racional, sostenible y sustentable.

Ley de Gestión Ambiental

Los artículos 6, 19, 20, 21, 23, 24, 39 contenidos en el capítulo II relativo a evaluación de impacto ambiental y al control ambiental, indica que:

La explotación racional de recursos naturales en ecosistemas frágiles o en áreas protegidas, se realizará por excepción y siempre que se cuente, con la antelación debida, del respectivo Estudio de Impacto Ambiental.

Todo tipo de obra, proyecto o actividad de carácter público o privado que pueda causar impacto al ambiente, debe ser calificado previo a su ejecución de acuerdo al Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA).

Para obtener la licencia ambiental y para cumplir con las normas, leyes y reglamentos vigentes en el Ecuador, los sistemas de manejo ambiental deben contener lo siguiente: estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de

monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono.

Son motivo de evaluación de impacto, todos los efectos que se ocasionen a los componentes abióticos, bióticos y antrópicos del ambiente.

La evaluación de impacto ambiental debe comprender la estimación de los probables efectos sobre la población y el medio ambiente, la identificación de posibles alteraciones en las condiciones de tranquilidad pública, y la detección de las incidencias que la actividad o proyecto puede acarrear sobre los elementos del patrimonio cultural, histórico o escénico.

En obras públicas o privadas, las obligaciones que se desprenden del sistema de manejo ambiental pasan a formar parte de los correspondientes contratos.

Las instituciones encargadas de administrar recursos naturales, controlar la contaminación y proteger el medio ambiente, deben establecer programas de monitoreo sobre el estado ambiental en las áreas de su competencia, que permitan informar sobre las probables novedades a la autoridad ambiental nacional o a las entidades del régimen seccional autónomo.

Texto unificado de la legislación ambiental secundaria (TULAS).

En el libro VI de la Calidad Ambiental se dan las directrices nacionales sobre el proceso de evaluación de impacto ambiental a través del sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), que establece todas las condiciones y pasos a cumplirse para obtener la licencia ambiental. Además en este libro existen contenidos que hablan de la prevención y control de la contaminación y que se apoyan en parámetros técnicos permisibles, estipulados en los siguientes anexos:

Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, que tiene como objetivo principal proteger la calidad del recurso agua para preservar la integridad de las personas, el ambiente y sus interrelaciones.

Anexo 4. Norma de calidad del aire ambiente, que busca preservar la salud de las personas y el bienestar del ambiente, para ello esta norma establece límites máximos permisibles de contaminantes del aire del suelo y del aire ambiente.

Anexo 6. Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, que tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental por efecto de este tipo de residuos, en lo referente a los recursos aire, agua y suelo.

Anexo 7. Listados nacional de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador.

7. Declaratoria de efectos.

7.1 Paisaje.

El paisaje se ve afectado por la presencia de elementos ajenos a su naturaleza como la delimitación e identificación de las parcelas con estacas y rótulos respectivamente.

7.2 Aire.

La contaminación del aire se atribuye principalmente a las aspersiones de pesticidas en los controles fitosanitarios.

7.3 Suelo.

Mejorará sus características físicas y químicas por ende aumenta su fertilidad y productividad.

Es necesario mencionar que la aplicación del fertilizante químico tiene un efecto negativo momentáneo en los microorganismos del suelo.

7.4 Social.

El efecto social se puede manifestar en el conocimiento adquirido por agricultores del sector acerca de la propuesta del trabajo de investigación.

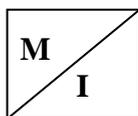
8. Evaluación de impactos.

8.1 Metodología.

Los impactos producidos por la investigación se evaluaron por el método de la Matriz de Leopold, que es una tabla de doble entrada donde se relacionan las actividades realizadas ubicadas en las filas, con los componentes ambientales ubicados en las columnas, produciéndose así una interacción que se la calificará aplicando los parámetros de Magnitud e Importancia con la siguiente escala:

Magnitud (M).- del 1 al 10 para los impactos positivos y del -1 al -10 para los impactos negativos, se ubica en la parte superior de la casilla.

Importancia (I).- del 1 al 10, se ubica en la parte inferior de la casilla.



8.2 Evaluación.

Los impactos producidos se evaluaron en las siguientes matrices:

Cuadro 47. Matriz de identificación de impactos

ACTIVIDADES		COMPONENTES		PODA FITOSANITARIA	DESHIERBAS	ELABORACIÓN DE COROMAS	FERTILIZACIÓN QUÍMICA	FERTILIZACIÓN ORGÉNICA	CONTROLES FITOSANITARIOS	APLICACIÓN FOLIAR DE SILICIO	RIEGOS	LIMPIEZA DE RESIDUOS ORG.	COSECHA	
		AMBIENTALES												
FISICO-QUIMICO	SUELO	ESTRUCTURA				X	X	X						
		TEXTURA						X						
		FERTILIDAD					X	X			X	X	X	
	AIRE	CALIDAD					X	X	X					
		RUIDO							X					
		EROSION		X							X			
BIOTICOS	FLORA	CULTIVOS CERCANOS	X						X	X				
		MICROFLORA	X		X	X	X	X				X		
	FAUNA	INSECTOS		X	X		X	X				X		
		MICROFAUNA			X	X	X	X				X		
SOCIO - ECONOMICO	SOCIAL	CALIDAD DE VIDA DE POBLACIONES VECINAS					X	X	X					
		AGRICULTURA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	CULTURAL	ACULTURIZACION												
		ARQUEOLOGIA												
		ACTIVIDADES PRODU.				X			X					X
	ECONOMICO	VIAS DE COMUNICACION E INFRAESTRUCTURA												
		GENERACION DE EMPLEO		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
	ESTILO DE VIDA DEL AGRICULTOR						X	X	X				X	

8.3 Interpretación de los resultados.

Al analizar la evaluación de impactos podemos apreciar que el 90% son impactos positivos, inclusive la puntuación más alta también es positiva, lo que nos indica que el trabajo investigativo es ambientalmente viable.

9. Medidas correctivas.

Las aspersiones de agroquímicos en los controles fitosanitarios es la única puntuación negativa observada y para mitigar su impacto se recomienda las siguientes medidas correctivas:

1. Realizar las aspersiones en las primeras horas del día para que haya mayor absorción de las plantas y menor dispersión de los productos por el viento.
2. Tomar todas las medidas de seguridad en el manejo de agroquímicos antes, durante y después de las aspersiones.
3. Utilizar el quipo de protección necesario (guantes, gafas, botas, gorra, mascarilla, pantalón y saco impermeables), cuando se realicen controles fitosanitarios.
4. Continuar con el uso productos agroquímicos específicos y de clase toxicológica IV (etiqueta verde).

Anexo 6. Datos meteorológicos.

Cuadro 48. Medias mensuales de los registros de Temperatura y Humedad Relativa durante el tiempo de investigación.

MES	PARAMETROS	VALORES REGISTRADOS
ABRIL	TEMPERATURA	16,9
	H.R%	68,7
MAYO	TEMPERATURA	17,5
	H.R%	66,8
JUNIO	TEMPERATURA	16,4
	H.R%	64,7
JULIO	TEMPERATURA	15,9
	H.R%	61,5
AGOSTO	TEMPERATURA	16,9
	H.R%	50,6
SEPTIEMBRE	TEMPERATURA	17,4
	H.R%	57,9
OCTUBRE	TEMPERATURA	18,7
	H.R%	59,2

Cuadro 49. Registro de presencia de lluvias en la zona que se desarrolla el ensayo.

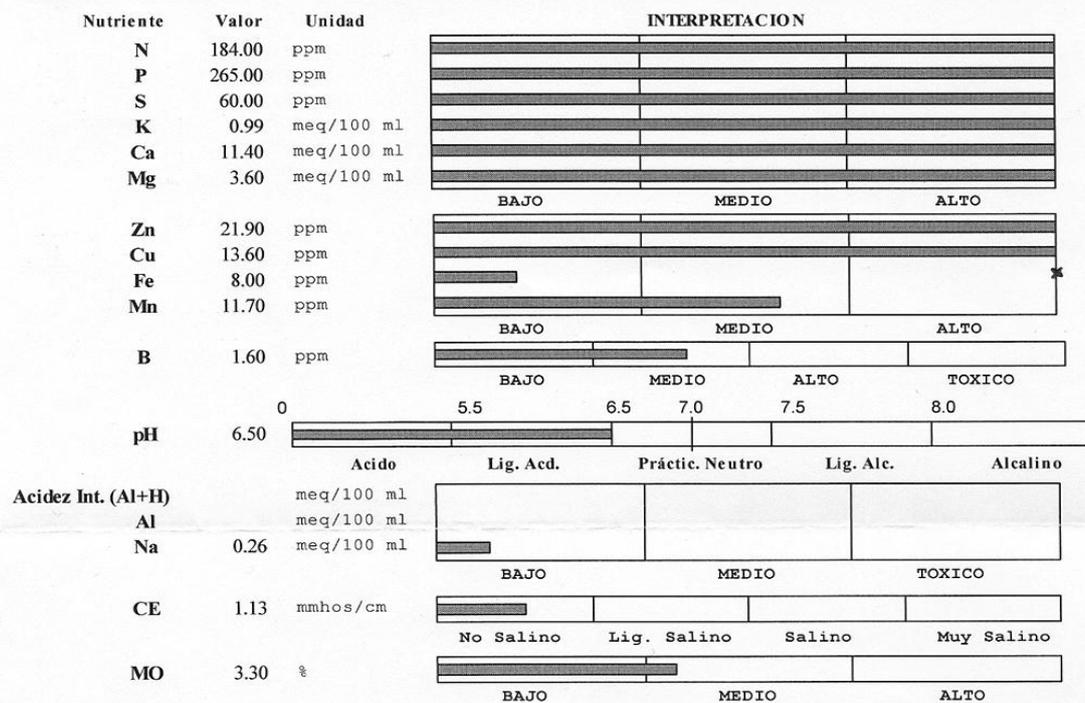
DÍA MES																																TOT	DÍAS DE LLUVIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
ABRIL	MAÑANA					X							X	X	X												X	X	X				7
	TARDE													X	X			X							X								4
	NOCHE	X	X		X	X		X	X	X	X	X		X	X	X		X								X							15
MAYO	MAÑANA			X	X																X									X		4	
	TARDE			X	X																X											3	
	NOCHE	X	X			X														X	X	X					X			X		8	
JUNIO	MAÑANA							X	X											X												3	
	TARDE	X					X												X													3	
	NOCHE	X	X												X		X	X														5	
JULIO	MAÑANA										X		X	X	X																	4	
	TARDE			X	X	X		X		X		X		X																		7	
	NOCHE									X	X			X	X	X														X		6	
AGOSTO	MAÑANA	X																							X							2	
	TARDE																															0	
	NOCHE	X																														1	
SEPTIEMBRE	MAÑANA	X	X			X							X	X									X									6	
	TARDE	X				X																X										3	
	NOCHE																										X					1	
OCTUBRE	MAÑANA															X	X				X											3	
	TARDE																															0	
	NOCHE																						X									1	

Anexo 7. Análisis químico de suelo.

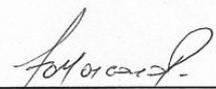
 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	 <small>MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA</small>
--	---	--

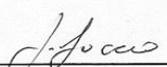
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : JAVIER COLIMBA Dirección : ANTONIO ANTE Ciudad : Teléfono : Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : Provincia : IMBABURA Cantón : ANTONIO ANTE Parroquia : S.FCO. NATABUELA Ubicación :
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : TOMATE DE ARBOL Cultivo Anterior : MAIZ Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : M1	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 14.786 N° Muestra Lab. : 77111 Fecha de Muestreo : 01/02/2010 Fecha de Ingreso : 08/02/2010 Fecha de Salida : 01/03/2010



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
3,2	3,6	15,2	16,3			49	37	14	


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

Anexo 8. Análisis de contenido de Manganeso en frutos de tomate de árbol.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA
LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS

Datos:

Solicitado por: Sr. Álvaro Morales
Muestra de: Tomate de árbol
Número de muestras: 04
Fecha de recepción: 06-12-2010
Fecha de análisis: 09-10 de diciembre de 2010

Descripción:

Código de laboratorio: 04.12195
Estado: Muestras sólidas
Fecha de entrega de resultados: 13-12-10
Observaciones: Los resultados que se presentan, corresponden únicamente a la muestra analizada en el laboratorio
Muestreado por: Cliente
Análisis solicitado: **DETERMINACIÓN DE MANGANESO**

RESULTADOS:

Muestras	Corresponde	Manganeso (ppm)
M1	Tratamiento 1	0.49
M2	Tratamiento 2	0.34
M3	Tratamiento 3	0.76
M4	Agricultor	0.21

Analizado por:

Dra. Mojaima Mera
JEFA LABORATORIOS ECAA



Anexo 9. Fotografías.

TOMA DE LA MUESTRA DE SUELO



1. Toma de submuestra



2. Submuestras del tercio medio

INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO



3. Delimitación de parcelas



4. Identificación de parcelas

FERTILIZACIÓN.



5. Fertilizantes utilizados



6. Balanza para el pesaje de fertilizante



7. Pesaje del fertilizante Magnesil



8. Pesaje del fertilizante MAP



9. Aplicación de fertilizante a la corona



10. Aplicación de silicio al suelo



11. Cubrición del fertilizante



12. Aplicación de la materia orgánica

MARCAJE DE LAS INFLORESCENCIAS



13. Marcaje para la variable frutos cuajados por inflorescencia



14. Marcaje para la variable días de floración a cosecha

APLICACIONES DE SILICIO POR VIA FOLIAR



15. Aplicación en bloque I



16. Aplicación al bloque III

CONTROLES FITOSANITARIOS



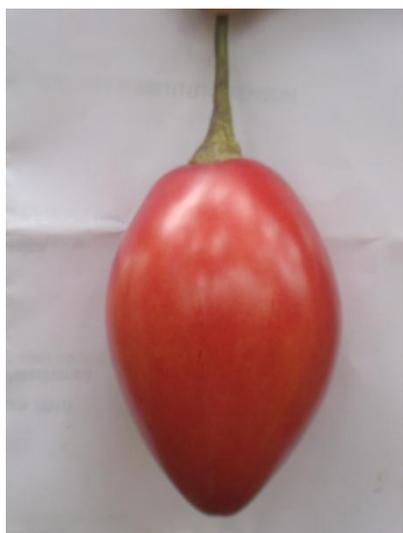
17. Preparación de la mezcla de pesticidas para fumigar



18. Aplicación de control fitosanitario

VARIABLES EVALUADAS.

1. DÍAS DE FLORACIÓN A COSECHA



19. Estado óptimo del fruto para la cosecha



20. Frutos marcados listos para la cosecha B III



21. Frutos marcados listos para la cosecha B II



22. Frutos marcados listos para la cosecha B I

2. FRUTOS CUAJADOS POR INFLORESCENCIA.



23. Inflorescencia marcada con frutos cuajados no definitivos



24. Un fruto cuajado definitivo



25. Dos frutos cuajados definitivos



26. Tres frutos cuajados definitivos

3. SEVERIDAD DE ANTRACNOSIS



27. Frutos enfermos de antracnosis T5



28. Frutos enfermos de antracnosis T8



29. Frutos enfermos de antracnosis T3



30. Frutos enfermos de antracnosis T1

4. RENDIMIENTO



31. Recolección de los frutos cosechados por parcela



32. Pesaje de los frutos cosechados por parcela



33. Rendimiento por tratamiento de todo el experimento en la cuarta cosecha



34. Frutos de primera clasificados por tratamiento

FOTOGRAFÍAS VARIAS



35. Fruto infectado de antracnosis



36. Fruto en maduración precoz por ataque de insectos



37. Toma aérea del experimento.



38. Plantación vecina contemporánea a la plantación del experimento.



39. Tesistas en el experimento



40. Visita de la Ing. Jenny Quiróz al experimento