

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

**SISTEMATIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LAS APLICACIONES FOLIARES DE Boro (B), Zinc (Zn), Potasio (K) Y SUS MEZCLAS, EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*).**

**DOCUMENTO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR:**

**MARCO TULIO GUERRA Y GUERRA**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**Guatemala, Septiembre de 2006**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DECANO: DR. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ**

**VOCAL PRIMERO: ING. AGR. ALFREDO ITZEP MANUEL**

**VOCAL SEGUNDO: ING. AGR. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA**

**VOCAL TERCERO: ING. AGR. DANILO ERNESTO DARDON AVILA**

**VOCAL CUARTO: BR. DUGLAS ANTONIO CASTILLO ALVAREZ**

**VOCAL QUINTO: P.A. JOSE MAURICIO FRANCO ROSALES**

**SECRETARIO: ING. AGR. PEDRO PELAEZ REYES**

Guatemala, Septiembre de 2006

Honorable junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el documento de graduación titulado:

**SISTEMATIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LAS APLICACIONES FOLIARES DE Boro (B), Zinc (Zn), Potasio (K) Y SUS MEZCLAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica).**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

**MARCO TULIO GUERRA Y GUERRA**  
Carne 86-13828

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:** Por ser la luz que ilumina mi camino.

**MIS PADRES:** José Luís Guerra Aviles (QEPD).  
Rosa Albina Guerra Sandoval.

**MI ESPOSA:** Ana Cristina Ruiz L.

**MI HIJO:** Tulio Mario Guerra Ruiz.

**MIS HERMANOS:** Orfélinda, Luís, Orlando, Aracely, Edwin, Liliana, Jilda; por el apoyo que me han brindado en el transcurso de mi vida.

**MIS TIOS:** Gracias por sus consejos

**MIS AMIGOS:** Presentes y ausentes, en su memoria y mi amistad siempre sincera.

**MIS COMPAÑEROS DE LABORES:** En especial a la Región IV, ANACAFÉ

**Y:** A TODA MI FAMILIA EN GENERAL.

## **TESIS QUE DEDICO**

**A:**

**Mi patria Guatemala**

**Mi pueblo, Moyuta, Jutiapa**

**Mi aldea San Antonio Miramar Moyuta Jutiapa**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Agronomía**

**Asociación Nacional del Café – ANACAFÉ-**

**Mis catedráticos, amigos y compañeros**

## **AGRADECIMIENTO**

**A:**

**Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello.  
Ing. Agr. Juan José Corado.  
Por su amistad y asesoría en el presente documento.**

**Ing. Agr. Josué Jonathan Girón Torres  
Ing. Agr. Marco Tulio Duarte Navarro  
Por su amistad y apoyo brindado en la culminación de este  
Documento.**

**Y a todas aquellas personas que de una u otra manera  
contribuyeron para que este trabajo se llevara a cabo.**

## CONTENIDO GENERAL

<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 MARCO ONCEPTUAL.....</b>	<b>5</b>
3.1.1 El cafeto.....	5
3.1.2 Clasificación Taxonómica.....	6
3.1.3 Variedades de café.....	6
3.1.4 Catuaí.....	7
3.1.5 Caturra.....	7
3.1.6 El suelo.....	8
3.1.7 Fertilidad.....	9
3.1.8 Fertilizantes.....	9
3.1.9 Fertilización.....	9
3.1.10 Elementos primarios.....	10
3.1.11 Elementos secundarios.....	10
3.1.12 Elementos menores.....	11
<b>3.2 FERTILIZACIÓN FOLIAR.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN EL CAFETO.....</b>	<b>11</b>
3.3.1 Funciones del Zinc (Zn).....	12
3.3.2 Funciones del Boro (B).....	12
3.3.3 Funciones del Potasio (K).....	12
<b>3.4 SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE LOS ELEMENTOS EN EL CAFETO.....</b>	<b>13</b>
3.4.1 Deficiencia del Zinc (Zn).....	13
3.4.2 Deficiencia del Boro (B).....	14
3.4.3 Deficiencia del Potasio (K).....	15
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivos Especificos.....	16
<b>V. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>19</b>

<b>6.1</b>	<b>FINCA CAPETILLO PRUEBA 1. (cosecha 1999-2000)</b> .....	<b>19</b>
<b>6.2</b>	<b>FINCA CAPETILLO PRUEBA 2. (cosecha 2000-2001)</b> .....	<b>20</b>
<b>6.3</b>	<b>FINCA CAPETILLO PRUEBA 3. (cosecha 2000-2001)</b> .....	<b>21</b>
<b>6.4</b>	<b>FINCA CAPETILLO PRUEBA 4. (cosecha2001-2002)</b> .....	<b>22</b>
<b>6.5</b>	<b>FINCA CAPUCAL PRUEBA 1. (cosecha 2000-2001)</b> .....	<b>24</b>
<b>6.6</b>	<b>FINCA LAS FLORES PRUEBA 1. (cosecha 2000-2001)</b> .....	<b>26</b>
<b>6.7</b>	<b>FINCA LAS FLORES PRUEBA 2. (cosecha 2001-2002)</b> .....	<b>28</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>30</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>32</b>
<b>X.</b>	<b>APENDICE</b> .....	<b>34</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Deficiencia de Zinc (Zn).....	<b>13</b>
FIGURA 2. Deficiencia de Boro (B).....	<b>14</b>
FIGURA 3. Deficiencia de Potasio (K).....	<b>15</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, por año, en una recepa de dos años de edad.....	<b>19</b>
Cuadro 2. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, por año, en una recepa de tres años de edad.....	<b>20</b>
Cuadro 3. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, por año, en la variedad caturra injertada de dos años de edad.....	<b>21</b>
Cuadro 4. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, Por año, en la variedad caturra injertada de tres años de edad.....	<b>22</b>
Cuadro 5. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, por año, en la variedad catuaí de seis años de edad.....	<b>24</b>
Cuadro 6. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, por año, en la variedad catuaí de doce años de edad.....	<b>26</b>
Cuadro 7. Presentación de datos en orden descendente de cosecha por tratamiento, por año, en la variedad caturra de seis años de edad.....	<b>28</b>

**“SISTEMATIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LAS APLICACIONES FOLIARES DE Boro (B), Zinc (Zn), Potasio (K) Y SUS MEZCLAS, EN EL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica)”.**

**“SYSTEMATIZATION OF EXPERIENCES OBTAINED IN FOLIAGE APPLICATIONS OF Boron (B), Zinc (Zn), Potassium (K) AND ITS MIXTURES IN COFFEE CULTIVATION (Coffea arabica)”.**

**RESUMEN**

El café por muchos años ha sido el principal producto de exportación, por lo tanto el cultivo juega un papel muy importante en el desarrollo socioeconómico del país, al generar divisas y empleo.

Sin embargo, existen factores que influyen en la producción de este cultivo, mal manejo del cafetal, condiciones ambientales adversas, mala aplicación de fertilizantes químicos, tanto aplicados al suelo como vía foliar, que pueden ocasionar problemas serios en el rendimiento de la producción y calidad, esto provoca grandes pérdidas a la caficultura nacional.

La fertilización es un factor de mucha importancia para el cultivo del café, con esta práctica se obtienen altas producciones, tanto aplicados al suelo como vía foliar, el cultivo del café exige para poder producir que le sean suministrados una serie de nutrientes, lo que implica que los elementos deben de estar disponibles en cantidades suficientes y balanceados.

El cultivo del café requiere de dieciséis elementos nutritivos, llamados elementos esenciales, tres de ellos: el Carbono, Hidrógeno y Oxígeno la planta los toma del aire y del agua, los trece restantes los toma del suelo por medio del sistema radicular, también pueden ser absorbidos en forma foliar si le son aplicados.

La fertilización foliar del cultivo se realiza en una aplicación al año de cada elemento nutricional, en la época pre-floración o al secar la flor, se aplica Boro (B); a los 45 días de secar la flor, se aplica Zinc (Zn) y a los 150 días de secar la flor, o al inicio de la maduración del fruto, se aplica Potasio (K).

Los meses de mayor requerimiento del cultivo, de los nutrientes Boro (B) y Zinc (Zn), dependiendo de la zona, son los meses de enero a mayo, que corresponde a la etapa de pre-floración del cultivo. En los meses de mayo a septiembre, se da otro requerimiento del cultivo, que corresponde a la etapa de post-floración del cultivo. En los meses de octubre a diciembre, dependiendo de la zona, se da el requerimiento del nutriente, Potasio (K), que corresponde a la época seca, y la etapa de maduración del fruto.

Esto nos indica que las aplicaciones foliares de los elementos Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), en las etapas requeridas por el cultivo, suplirán las necesidades, que correspondan al desarrollo fisiológico a las etapas pre y post-floración, crecimiento y maduración del fruto.

De acuerdo a las experiencias obtenidas en las aplicaciones foliares de Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), estos han influido en un mejor comportamiento en el pegue de la floración, evitando la purga o caída del grano, dando mayor crecimiento y uniformidad en la maduración del fruto, esto va a depender de la zona y época de aplicación de cada elemento. No se recomiendan las aplicaciones de mezclas de elementos nutricionales vía foliar, las aplicaciones de Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), deben realizarse en forma separada en la época adecuada para cada elemento nutricional, realizando una sola aplicación de cada elemento ó paquete nutricional, ya que reporta mayor producción, que dos aplicaciones del mismo nutriente o mezcla.

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen factores que son determinantes en el proceso productivo del café, como: condiciones ambientales adversas, mal manejo del cultivo, mala aplicación de fertilizantes químicos, que de una forma u otra ocasionan problemas serios en el rendimiento de la producción y calidad, provocando pérdidas a la caficultura nacional (1).

La fertilización es un factor importante en la productividad del cultivo de café, con esta práctica se obtienen altas producciones. Los nutrientes pueden aplicarse al suelo como foliarmente, para satisfacer las necesidades básicas del cultivo, para su desarrollo y producción. Los nutrientes deben ser suministrados conforme sean los requerimientos del cultivo, lo que implica que los elementos deben de estar disponibles en cantidades suficientes en el suelo, estos pueden estar en forma natural orgánica y mineral existentes en el suelo o ser suministrados con el uso racional de los fertilizantes químicos aplicado al suelo o foliarmente (2).

El cafeto dentro de sus necesidades básicas para poder producir adecuadamente requiere de por lo menos de 16 elementos, llamados elementos esenciales, 3 de ellos el carbono, hidrogeno y oxígeno, los toma la planta del aire y del agua, los otros 13 son tomados del suelo por medio del sistema radicular, también pueden ser absorbidos en forma foliar, si le son aplicados (2).

De acuerdo a las cantidades que la planta pueda requerir dichos elementos se agrupan en: elementos primarios ó macro nutrientes, son los que en mayor cantidad son requeridos por la planta, (Nitrógeno, Fósforo, Potasio), La mayoría de los suelos cafetaleros del país son deficientes en nitrógeno (N). En algunos suelos, derivados de cenizas volcánicas o con valores de pH menores a 5.5, puede estar también deficiente el Fósforo (P), en cambio el Potasio (K), se encuentra en niveles adecuados.

Elementos secundarios; son los que la planta requiere en menores cantidades, Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S). Estos tres nutrientes son agregados al suelo cuando se aplica (N- P- K) en las formulas completas. Muchos suelos cafetaleros del país, por tener un pH abajo de 5.5, pueden tener bajos niveles de Ca y/o Mg, lo cual afecta la nutrición de la planta.

Elementos Menores o Micronutrientes, son los que la planta requiere en pequeñas cantidades, ya que no forman parte estructural de los tejidos de la planta. Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo) (2).

La fertilización foliar del cafeto se realiza en una sola aplicación al año por nutriente, en prefloración o al secar la flor, se aplica Boro (B); 45 días después de secar la flor se aplica Zinc (Zn) y 150 días de secar la flor o al inicio de la maduración del fruto, se aplica Potasio (K) (14).

Aplicaciones de Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), han influido en un mejor comportamiento en el pegue de la floración, evitando la purga o caída del grano, dando mayor crecimiento y uniformidad en la maduración del fruto, dependiendo de la zona y época de aplicación de cada elemento (14).

## 2. JUSTIFICACIÓN

La fertilización foliar del cultivo de café se realizaba en una sola aplicación al año, se aplicaba los elementos Boro (B) y zinc (Zn), en mezclas en pre-floración, al inicio de la maduración del fruto, se aplicaba Potasio (K), en mezcla con un foliar completo (N-P-K). Pruebas realizadas con experimentos sencillos han reportado que aplicaciones foliares de Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), han influido en un mejor comportamiento en el pegue de la floración, evitando la caída del grano y posteriormente en un incremento de la producción de café (Girón, 1989).

Al obtener respuestas a los planteamientos por medio de este trabajo, la información generaría un cambio en la adición o redistribución de los elementos Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), en los planes de aplicación de los mismos en las diferentes épocas, generalmente también correcciones en mezclas los cual puede provocar reacciones químicas que no permitan un buen aprovechamiento de los micronutrientes.

Actualmente, Guatemala cuenta con una extensión de 262,000 hectáreas, equivalentes a 375,000 manzanas, cultivadas con café. En ellas se realizan 3 grados tecnológicos del cultivo de café (Girón, 1989).

El primero conocido como: “tecnificado” que cuenta con 105,000 manzanas, equivalentes a 73,500 hectáreas, esto hace el 28% del total, con rendimientos estimados en 150 quintales de café maduro por manzana, equivalente a 9,935 kilogramos por hectárea, 34 quintales pergamino por manzana, equivalente a 2,207 kilogramos por hectárea.

El segundo grado tecnológico corresponde como “sostenido” que cuenta con 82,500 manzanas, equivalentes a 57.750 hectáreas, esto es igual al 22% del total, con rendimientos estimados de 108 quintales de café maduro por manzana, equivalente a 7,013 kilogramos por hectárea, 24 quintales pergamino por manzana, equivalente a 1,558 kilogramos por hectárea.

El tercer grado tecnológico como: “tradicional” que cuentan con 187,500 manzanas, equivalente a 131,250 hectáreas, esto es igual al 50% del total, con rendimientos estimados de 43 quintales de café maduro por manzana, equivalente a 2,792 kilogramos por hectárea, 9.55 quintales pergamino por manzana, equivalente a 620 kilogramos por hectárea.

De acuerdo a las aplicaciones de Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), se puede determinar que el consumo de fertilizantes foliares en los 3 grados tecnológicos del cultivos del café es alto, al generarse resultados solos o combinados, esto permitirá hacer un mejor uso de estos recursos con posibilidades de incrementar los beneficios económicos a los caficultores guatemaltecos a nivel nacional o en ciertas regiones cafetaleras del país.

Con lo anterior nos indica que las aplicaciones foliares de los elementos Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), en las etapas previas a sus máximas absorciones suplirán estas necesidades, que correspondan al desarrollo fisiológico del cultivo a las etapas pre, y post-floración, crecimiento y maduración del fruto.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 El Cafeto

Los cafetos del género *coffea* pertenecen a la familia de las Rubiáceas, todas de origen africano, actualmente son conocidas más de cien especies de *coffea*, de las cuales básicamente dos son las cultivadas, C. arabica L. y C. canephora Pierre, Aproximadamente el 75%, de la producción mundial corresponde a C. arabica (10).

Fue introducido y cultivado en Arabia y Yemen en el siglo XIV, por los persas y árabes, y los nativos de África a Mozambique y Madagascar; de aquí los Holandeses y Portugueses entre los años 1600 y 1700 lo trasladaron a Ceylan, luego a Indonesia en la isla Java y la India, así como a otras regiones de Asia y África.

En la misma época fue introducido a la isla Reunión, que antiguamente se llamaba Bourbon de la cual esta variedad tomó su nombre, luego a mediados del siglo XIX fue llevado a Brasil, a partir de entonces se extendió en América, a Guatemala llega en los años de 1760 desde entonces se cultivan básicamente variedades comerciales de C. Arabica las cuales son líneas homo cigotas con características bastante definidas a nivel de cada variedad (24).

La especie C. Canephora como todas las otras especies salvajes de *coffea* es diploide y estrictamente auto incompatible, por lo tanto las descendencias de C. canephora provienen de fecundaciones cruzadas y manifiestan un importante polimorfismo (7).

### 3.1.2 Clasificación Taxonómica

Reino:	Vegetal
División:	Antofita
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Simpétala
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiáceas
Tribu:	Coffeaceae
Subtribu:	Coffeinae
Genero:	Coffea
Especie:	Arabica, Canéfora, etc.

### 3.1.3 Variedades de café

En Guatemala se cultivan básicamente variedades de la especie Coffea arabica, que es la más difundida en el mundo, con un aporte del 70-75% de la producción mundial. En Latinoamérica se cultivan diversas variedades desarrolladas a partir de las primeras introducciones, donde algunas son el resultado de mutaciones, hibridaciones naturales o artificiales.

Otra especie es Coffea canéfora, con Robusta, como la variedad más importante. En general Robusta ha mostrado resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades especialmente a nematodos, para Guatemala, este café representa únicamente el 0.1% del café exportado. Hay otras especies cultivadas en pequeña escala en algunos países africanos o de interés para programas de fitomejoramiento, como C. Dewevrei, C. Liberica, C. Eugenioides y C. Salvatrix (4).

### **3.1.4 Catuai**

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizadas en Brasil las primeras introducciones del Catuai se realizaron alrededor de 1970.

El Catuai es una variedad de porte bajo, pero más alta que Caturra, las ramas laterales forman un ángulo cerrado con el tallo principal, entre nudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada y son brillantes. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con palmillas. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con periodos de lluvias intensas.

Se adapta muy bien en rangos de altitud de 2,000 a 4,500 pies sobre el nivel del mar (600 a 1,400 msnm) en boca costa; de 3,500 a 5,500 pies (1,000 a 1,600 msnm), en la zona central, oriental y norte del país es una variedad que necesita de un buen programa de manejo, especialmente en fertilización (2).

### **3.1.5 Caturra**

La variedad Caturra es una mutación de Bourbon, descubierta en Brasil a principios del siglo anterior. Fue introducida a la finca Chocoma Guatemala en la década de los 40, sin embargo, su adopción comercial se realizó varios años más tarde.

Es una planta de porte bajo, eje principal grueso poco ramificado, con ramas secundarias abundantes y entre nudos cortos. Las hojas son grandes, anchas y de textura un poco áspera, con bordes ondulados, las hojas nuevas o brotes son de color verde. La forma de Caturra es ligeramente angular, compacta y con buen vigor vegetativo.

Es una variedad de alta producción y buena calidad, que requiere buen manejo cultural y adecuada fertilización, en caso contrario puede agotarse rápidamente, lo cual es

más acentual bajo condiciones limitantes de suelo y clima. Se adapta bien en las diferentes regiones del país, las mejores condiciones son las siguientes: en la costa sur o boca costa, en altitudes de 1,500 a 3,500 pies, (460 a 1,070 msnm), con precipitaciones de 2,500 a 3,500 mm anuales; en la región central de 3,000 a 5,500 pies, (920 a 1,676 msnm) en las Verapaces de 2,500 a 3,500 pies, (760 a 1,070 msnm), en altitudes superiores a las descritas, su producción disminuye aunque su desarrollo vegetativo es muy bueno.

Hay otras variedades de características agronómicas y adaptabilidad similares que también son consideradas mutaciones de Bourbón, como Pacas del Salvador, Villa Sarchí de Costa Rica (2).

### **3.1.6 El suelo**

Es un cuerpo natural, sintetizado en forma de perfil, de una mezcla variable de minerales meteorizados y materia orgánica en descomposición, que cubre la tierra en una capa delgada y proporciona, cuando tiene cantidades adecuadas de aire y agua, soporte mecánico y, en partes, sustento para las plantas. Los cinco factores principales de la formación del suelo son: (Material original o materia parental, topografía, vegetación, clima, tiempo). El suelo, desde su formación a partir del material original está continuamente sujeto a innumerables cambios físicos, químicos y bioquímicos, debido principalmente a factores externos, como la lluvia, los cambios de temperatura, la vegetación y otros (22).

El suelo provee a la planta de: (elementos esenciales a los cuales se les llama nutrientes o nutrimentos, un medio de almacenamiento y aprovisionamiento de agua, oxígeno para la respiración de las raíces, soporte mecánico para su anclaje).

Para que un suelo sea productivo debe tener una capacidad adecuada de retención de agua, buena aireación, buena cantidad de materia orgánica en proceso de

descomposición, la presencia de nutrientes en cantidades apropiadas y alta capacidad de intercambio catiónico (22).

### **3.1.7 Fertilidad**

Es la capacidad que tienen los suelos de proporcionar las cantidades adecuadas de nutrientes al cultivo, en tal forma que puedan ser absorbidos fácilmente. Dichos nutrientes deben encontrarse en equilibrio con las propiedades químicas y características físicas de ese sustrato, y aprovechar en un alto porcentaje los elementos nutrientes que le son agregados al suelo al fertilizar. La fertilidad del suelo depende en gran parte del tipo y contenido de arcilla, materia orgánica, textura y estructura (22).

### **3.1.8 Fertilizantes**

Son todas aquellas sustancias o materiales sólidos, líquidos, gaseosos, o en suspensión, que contienen 1, 2, 3 o más elementos esenciales para las plantas, pudiendo contener, así mismo, otros agentes coadyuvantes que permiten una mayor eficiencia en absorción y aprovechamiento. Los elementos están balanceados en tal forma que pueden ser absorbidos directamente por las arcillas, la materia orgánica o quedar en equilibrio en la solución del suelo, para su aprovechamiento inmediato o mediato (2).

### **3.1.9 Fertilización**

Es la práctica de aplicar los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos y/o enmiendas, basándose en un programa elaborado en la investigación; para lo cual se hace necesario conocer previamente el estado de fertilidad del suelo y requerimiento nutrimentales del cultivo, en función de su edad potencial de rendimiento y la práctica de manejo que se utilizarán.

El café exige para su desarrollo y poder producir, que le sean suministrados una serie de necesidades nutricionales, lo que implica que los elementos deben de estar

disponibles oportunamente, en cantidades suficientes y balanceadas. Estos elementos pueden provenir de las reservas naturales de tipo orgánico y mineral existentes en el suelo, o del uso racional de los fertilizantes químicos aplicados al suelo o al follaje.

El café requiere de al menos 16 elementos nutritivos, llamados elementos esenciales; tres de ellos, el Carbono, Hidrógeno y Oxígeno los toma la planta del agua y el aire, mientras que los trece restantes son tomados del suelo a través del sistema radicular, pudiendo ser absorbidos también por vía foliar.

Los elementos, se pueden agrupar de acuerdo a las cantidades en que son requeridos por la planta (2).

#### **3.1.10 Elementos Primarios**

Son los que absorben en altas cantidades, tal como el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, por lo general la mayoría de los suelos cafetaleros del país son deficientes en Nitrógeno. En algunos suelos, derivados de cenizas volcánicas o con valores de PH. Menores a 5.5, pueden estar también deficientes en Fósforo (P), en cambio al Potasio (K), se le encuentra en niveles adecuados (1).

#### **3.1.11 Elementos Secundarios**

Se absorben en cantidades intermedias, como el Calcio, Magnesio y Azufre. Son llamados elementos secundarios; no por menos importantes, sino porque se requieren en menores cantidades. Estos tres nutrientes son agregados al suelo cuando se aplican (N-P-K), en las fórmulas completas, ya que forman iones acompañantes, como es el caso del sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ , que además de Nitrógeno lleva Azufre; o cuando se usa como material de relleno sustancias que contienen considerables cantidades de Ca y /o Mg (1).

### **3.1.12 Elementos Menores**

La planta los absorbe en pequeñas cantidades y son: el Boro, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso, Cloro y Molibdeno. También son llamados los Micronutrientes, por ser requeridos por las plantas en mínimas cantidades, ya que no forman parte estructural de los tejidos (1).

### **3.2 FERTILIZACION FOLIAR**

Es una práctica que se utiliza para poder aplicar los fertilizantes químicos al follaje del cultivo de café, con esto se mejora el vigor y desarrollo de las plantas, es un complemento a la fertilización aplicada al suelo (2).

Puede iniciarse durante las aplicaciones al suelo si se considera necesario (según el aspecto de las plantas). Se recomienda fórmulas de fertilizantes foliares del tipo 20-20-20, 10-30-10 y otras similares que además tengan elementos menores, principalmente hierro, zinc, boro, las dosis varían de 1 a 2 libras por 50 galones de agua. Si es líquido, de 0.5 a 1 litro en 50 galones de agua (23).

La fertilización foliar a dado muy buenos resultados, desde cuando está la planta en almacigo, para luego llevarla al campo con buen vigor y desarrollo, plantaciones establecidas en el campo, plantías y en producción ( 1, 14).

### **3.3 FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN EL CAFETO**

El conocimiento de la función de cada uno de los nutrientes en la nutrición del café nos permite reconocer la importancia de mantener, ya sea en el suelo y/o a través del tejido foliar, niveles adecuados de estos, para contribuir a la obtención de buenas cosechas y de alta calidad (2).

### **3.3.1 Funciones Del Zinc (Zn)**

Favorece el crecimiento de los frutos y de las plantas, el Zinc es responsable de la síntesis de auxinas (hormonas del crecimiento). Actúa en la absorción del Fósforo (P) . La disminución o aumento de la auxina regulada por el Zinc, se manifiesta en una respuesta negativa o positiva en los puntos de crecimiento de los cafetos, presenta escasa movilidad (9).

### **3.3.2 Funciones Del Boro (B)**

El Boro desempeña funciones fisiológicas asociadas con las relaciones hídricas, metabolismo del Nitrógeno, acumulación de azúcares y formación de meta xilema en ápices gemulares; se cree que el ión borato podría formar un complejo con el azúcar, lo que favorecería el paso a través de las membranas celulares; evita la acumulación de grandes concentraciones de ácidos cafeíco y clorogénico; el Boro está involucrado en el metabolismo de la auxina y en el crecimiento de la raíces; tiene cierta influencia en los procesos respiratorios de los tejidos; el Boro interviene en la reproducción de la plantas y germinación del polen, y contribuye a mantener el calcio en forma soluble, dentro de la planta, y actúa como regulador de la relación Potasio-Calcio (5).

El Boro se encuentra en la solución del suelo principalmente como ácido bórico no disociado, de donde es absorbido por la plantas mayoritariamente en forma pasiva; ya establecido dentro de los tejidos vegetales. El Boro presenta poca movilidad, por lo que su carencia afecta principalmente los tejidos más jóvenes (6, 18).

### **3.3.3 Funciones Del Potasio (K)**

El Potasio lo requieren los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes, lo que confirma su alto requerimiento por la planta del café; como activador enzimático, se sabe que más de 60 enzimas son activadas por este elemento; está presente en todos los tejidos vegetales y tiene gran movilidad; incrementa el efecto del

Nitrógeno y contribuye a la fijación del Nitrógeno Atmosférico, acelera y mejora el flujo y translocación de los metabolitos; controla el nivel hídrico de las hojas, mejorando el estado de la planta en épocas secas y el efecto de bajas temperaturas; propicia mejores sistemas de conducción internos dando resistencia a plagas y enfermedades, y mejora el color, la calidad y la resistencia del grano (1, 11).

### 3.4 SINTOMAS DE DEFICIENCIAS DE LOS ELEMENTOS EN EL CAFETO

#### 3.4.1 Deficiencia de Zinc (Zn)

Figura 1, Los síntomas más evidentes que produce la falta de zinc (Zn) en los cafetos, es la formación de hojas con poca área foliar, de apariencia lanceolada (alargada), coloración verde pálido y textura áspera al tacto (cariácea). Es también característico el desarrollo de bandolas con entrenudos de poca elongación y el arrollamiento de algunas hojas que al doblarse sus bordes hacia arriba, forman una especie de cartucho. En hojas poco afectadas el tamaño es normal, no obstante, resalta la coloración verde de las nervaduras que forman un retículo sobre el fondo amarillento de la lámina foliar (19, 24).



Figura 1. Deficiencia de Zinc.

### 3.4.2 Deficiencia de Boro (B)

Figura 2, los síntomas más característicos de la deficiencia de boro (B), en el café se encuentran el desarrollo anormal de las hojas, las cuales en general son más pequeñas, con bordes irregulares, asimétricos, un tono opaco y textura coriácea. También es frecuente la formación de bandolas con entrenudos cortos y la muerte de los puntos de crecimiento, lo que estimula el desarrollo de yemas laterales en las bandolas, con la consiguiente formación de “palmilla” (12, 23).



Figura 2. Deficiencia de Boro.

### 3.4.3 Deficiencia de Potasio (K)

Figura 3, la deficiencia de potasio (K), se manifiesta inicialmente en las hojas adultas viejas. Al principio aparece un amarillamiento, que luego se vuelve de color pardo oscuro, solamente en los bordes y en las puntas de las hojas, las hojas afectadas se enrollan hacia el haz (cara superior), cuando la deficiencia es grave, los bordes amarillentos se secan quedando de color gris y se produce pérdidas de hojas ( 2, 14).

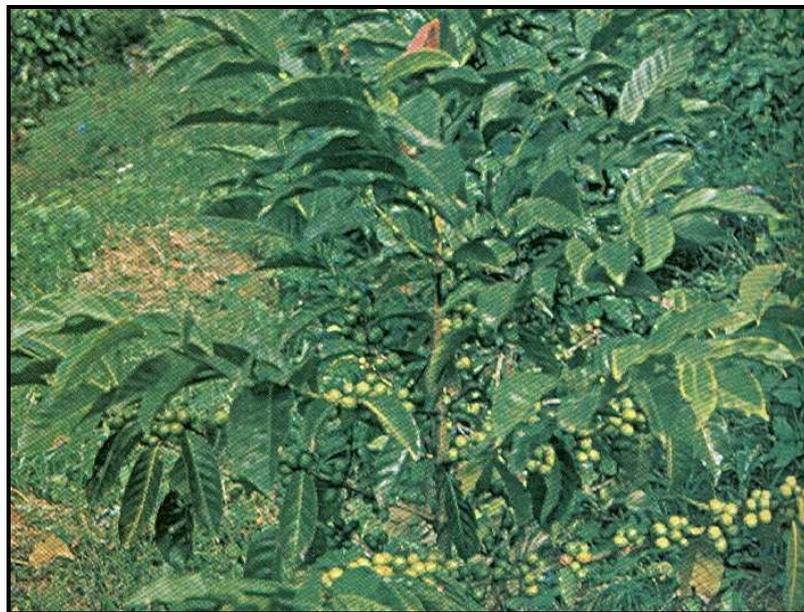


Figura 3. Deficiencia de Potasio.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

**4.1.1** Realizar un análisis de la información general sobre fertilización de los nutrientes Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), aplicados foliarmente en diferentes etapas del cultivo de café en Guatemala, para que sirva de base en los programas de fertilización, tanto a productores como a personas involucradas en el sector café.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**4.2.1** Analizar la información de las mejores combinaciones, dosis y épocas de aplicaciones foliares de los nutrientes Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), obtenidas en campo de cultivo de café, en tres zonas cafetaleras de Guatemala.

**4.2.2** Presentar en forma sistemática, las experiencias obtenidas en campo, en combinar y distribuir anualmente las épocas adecuadas de aplicación de los nutrientes Boro (B), Zinc (Zn) y Potasio (K), en la fertilización del cultivo de café.

## 5. METODOLOGÍA

El presente trabajo es una revisión de las experiencias que el autor a obtenido al conducir y concluir pruebas en el campo de aplicaciones de fertilizantes vía foliar.

En términos generales los pasos realizados fueron los siguientes:

a) Se seleccionaron tres fincas donde se realizaron dichas pruebas, finca Capetillo, se encuentra localizada en el municipio de San Juan Alotenango, departamento de Sacatepequez, a una altitud de 4800 pies (1463 msnm), y una precipitación promedio anual de 1400 mm y una temperatura promedio mensual de 26°C, en dicha finca se condujeron cuatro pruebas en la variedad de café Caturra, sembrada a una distancia 2 X 1 metro, corresponde a la vertiente del pacífico.

La finca Capucal que se encuentra ubicada en el municipio de Gualán, departamento de Zacapa, se encuentra a una altitud de 3700 pies (1128msnm), y una precipitación promedio anual de 3000 mm, una temperatura promedio mensual de 22°C, en dicha finca se condujo una prueba en la variedad de café Catuaí, sembrada a una distancia 2 X 1.10 metros, corresponde a la vertiente del atlántico.

La finca las Flores que se encuentra ubicada en el municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa, propiedad de la Asociación Nacional del café (ANACAFE), se encuentra a una altitud de 3700 pies (1128 msnm), y una precipitación promedio anual de 1900 mm y una temperatura promedio mensual de 22°C, en dicha finca se condujeron dos pruebas en las variedades de café Caturra, y Catuaí, sembradas a una distancia 2 X 1 metro, corresponde a la vertiente del pacífico.

- b) Consultas bibliográficas: las fuentes que se consultaron para obtener la bibliografía fueron, bibliotecas y centros de documentación especializada. También se realizaron entrevistas con personas conocedoras del tema para obtener mayor orientación de cómo enfocar mejor el trabajo.
- c) Análisis y discusión de la información obtenida, la bibliografía se dividió en la información que sirve de base para el marco teórico, y la información que se utilizó para formar el capítulo de resultado.
- d) Las siete pruebas fueron instaladas en parcelas grandes de 60 plantas cada una y diferentes números de tratamientos, por prueba.
- e) De acuerdo al análisis foliar, los contenidos de nutrientes en la planta de café, en las tres fincas, antes de montar la primer prueba, fueron los siguientes: Capetillo, Boro (B) 39.78 ppm, Zinc (Zn) 8.40 ppm y Potasio (K) 1.69%. Capucal, Boro (B) 43.38 ppm, Zinc (Zn) 8.29 ppm y Potasio (K) 1.41% . Las Flores, Boro (B) 28.04 ppm, Zinc (Zn) 9.40 ppm y Potasio (K) 2.53% .

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. FINCA CAPETILLO PRUEBA 1. (COSECHA 1999-2000).

Cuadro 1, se presentan los resultados de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 1, en la finca Capetillo, con una aplicación a los 45 días después de secar la flor o posfloración, con siete tratamientos. En la variedad caturra, recepa de 2 años de edad.

**CUADRO 1:** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por prueba por año, en una recepa de 2 años de edad en la variedad Caturra.

No.	Descripción de Tratamiento	Dosis por Hectárea	Gramos por planta	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
1	Complexato de Zinc: 6% Zn.	1.43 Litros	0.017	3,871.00	115.57
2	Multifeed Boro: 15% de B.	2.86 Kilogramos	0.086	3,743.72	111.79
3	Solubor. 20% B.	1.30 Kilogramos	0.052	3,576.92	106.8
4	Testigo	Nada	Nada	3,349.21	100.00
5	Solubor: 20% B. + Nu -Z : 36% Zn. en mezcla	1.30 Kilogramos 2.60 Kilogramos	0.052 0.187	3,155.59	94.22
6	Boro Líquido Foliar: 5% B.	1.43 Litros	0.014	2,516.57	75.15
7	Metalosato de Zinc: 6.8% Zn + Boro Líquido Foliar: 5% B. en mezcla	0.71 Litros 1.43 Litros	0.010 0.014	1,912.99	57.12

Fuente: Josué Girón. Et.al., Anacafe

Al aplicar los fertilizantes foliares a los 45 días de secada la flor, el tratamiento que obtuvo mayor incremento en la producción fue: el Complexato de Zinc al 6% Zn, por ser aplicado en su época adecuada. Los otros dos tratamientos, el Multifeed Boro al 15% B, se le acerco al primero tratamiento, con una dosis al doble pero muy distante de su época adecuada de aplicación, el Solubor al 20% B, supero al testigo, pero fue inferior al primero y segundo tratamiento, con una dosis similar al primer tratamiento y ser aplicado muy distante de su época adecuada. Mientras el resto de tratamientos no supero al testigo, tanto aplicados solos y mezclados, se perdió la efectividad del Boro Líquido Foliar al 5% B, y se mejoró cuando se aplico la fuente de Boro en polvo mojable.

## 6.2. FINCA CAPETILLO PRUEBA 2. (COSECHA 2000-2001).

Cuadro 2, se presentan los resultados de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 2, en la finca Capetillo, con una aplicación en la época de secar la flor, con siete tratamientos. En la variedad caturra, recepa de 3 años de edad.

**CUADRO 2:** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por tratamiento por año, en una recepa de 3 años de edad en la variedad Caturra.

No.	Descripción de Tratamiento	Dosis por Hectárea	Gramos por planta	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
1	Boro Líquido Foliar: 5% B.	1.43 Litros	0.014	19,334.88	122.06
2	Solubor: 20% de B.	1.30 Kilogramos	0.052	16,787.87	105.98
3	Complexato de Zinc: 6% Zn.	1.43 Litros	0.017	16,409.27	103.59
4	Multifeed Boro : 15% de B.	2.86 Kilogramos	0.086	15,907.50	100.42
5	Testigo	Nada	Nada	15,841.14	100.00
6	Metalosato de Zinc: 6.8% Zn. + Boro Líquido Foliar: 5% B. en mezcla	0.71 Litros	0.010	11,741.10	74.12
		1.43 Litros	0.014		
7	Solubor: 20% B. + Nu – Z : 36% Zn. en mezcla	1.30 Kilogramos	0.052	10,112.63	63.84
		2.60 Kilogramos	0.187		

Fuente: Josué Girón. Et.al., Anacafe.

Al aplicar los fertilizante foliares en la época de secar la flor el tratamientos que obtuvo mayor incremento en la producción fue el Boro Líquido Foliar al 5% B, por ser aplicado en su época adecuada. Las fuentes en polvo Mojable como Solubor al 20% B, y el Multifeed Boro al 15% B, fueron inferiores a la fuente líquida, aunque superaron al testigo. El Complexato de Zinc al 6% Zn, supero al testigo, pero fue inferior al primer tratamiento, por ser aplicado en su época no adecuada. El resto de tratamientos no superaron al testigo absoluto aplicados en mezcla.

### 6.3. FINCA CAPETILLO PRUEBA 3. (COSECHA 2000-2001).

Cuadro 3, se presentan los resultados de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 3, en la finca Capetillo, con dos aplicaciones en las épocas de 45 y 60 días después de secar la flor o posfloración, con siete tratamientos. En la variedad Caturra Injertado de 2 años de edad.

**CUADRO 3:** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por tratamiento por año, en la variedad Caturra Injertado de 2 años de edad.

No.	Descripción de tratamientos	Épocas Después de Secar la Flor	Dosis por Hectárea	Gramos por planta	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
1	Complexato de Zinc: 6% Zn.	45 días	1.43 Litros	0.017	7,567.43	156.34
2	Boro Líquido Foliar: 5% B.	45 días	1.43 Litros	0.014	6,453.90	133.33
3	Solubor: 20% B. + Complexato de Zinc: 6% Zn.	45 días 60 días	1.30 Kilogramos 1.43 Litros	0.052 0.017	5,499.45	113.62
4	Boro Optimus : 1.5% B. + Complexato de Zinc: 4.5% Zn. en mezcla	45 días	2.14 Litros	0.026	5,294.93	109.39
5	Solubor: 20% B.	45 días	1.30 Kilogramos	0.052	5,090.40	105.16
6	Testigo	Nada	Nada	Nada	4,840.43	100.00
7	Nu – Z 36% Zn.	45 días	2.60 Kilogramos	0.187	4,022.33	83.10

Fuente: Josué Girón. Et.al., Anacafé.

Al aplicar los fertilizantes foliares a los 45 y 60 días después de secar la flor, solos o mezclados, el tratamiento que reporto mayor incremento en la producción, fue el Complexato de Zinc al 6% Zn, de 56.34%, por ser aplicado en su época adecuada, con el Boro Líquido Foliar al 5% B, el incremento fue de 33.33%, la combinación de Boro-Zinc, a los 45 días de secada la flor, fue superior al testigo en 13.62%. El tratamiento con la fuente de Zinc en polvo mojable al 36 % de Zn. (Nu-Z al 36% de Zn), no superó al testigo absoluto, por lo tanto las fuentes líquidas de Zinc dan mayor incremento que las fuentes en polvo mojable, aplicadas en su época adecuada.

#### 6.4. FINCA CAPETILLO PRUEBA 4. (COSECHA 2001-2002).

Cuadro 4, se presentan los resultados de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 4, en la finca Capetillo, con aplicaciones en las épocas de prefloración, al secar la flor, y 45 días de secar la flor o posfloración, con siete tratamientos. En la variedad Caturra injertado de 3 años de edad.

**CUADRO 4:** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por tratamiento por año, en la variedad Caturra Injertada 3 años de edad.

No	Descripción de tratamientos	Época de Aplicación			Dosis por Hectárea	Gramos por planta	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
		Prefloración	Al secar la flor	45 días después de secar la flor				
1	Boro Optimus 4.5% B	-	X	-	1.43 Litros	0.013	15,388.00	131.67
2	Boro Optimus 4.5% B	X	X	-	2.86 Litros	0.026	14,933.51	127.78
3	Muriato de Potasio Estándar 60 % K <sub>2</sub> O	-	-	X	7.79 Kilogramos	0.935	14,284.48	122.22
4	Complexato de Zinc 6% Zn	-	X	-	1.43 Litros	0.017	14,089.50	120.56
5	Complexato de Zinc 6% Zn.	X	-	-	1.43 Litros	0.017	14,024.51	120.00
6	Boro optimus 4.5% B	X	-	-	1.43 Litros	0.013	12,206.51	104.44
7	Testigo	-	-	-	-	-	11,687.13	100.00

Fuente: Josué Girón. et.al., Anacafé.

Al aplicar los fertilizantes foliares en prefloración, al momento de secar la flor, y 45 días de secar la flor, cada uno de acuerdo a su época, el incremento en la producción es notorio, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto, con el Boro Optimus al 4.5% B, el incremento fue de 31.67%, se aplicó en su época adecuada, en prefloración y al secar la flor, con el mismo Boro Optimus al 4.5% B, el incremento fue de 27.78%, supero al testigo, pero fue inferior al primer tratamiento, se uso el doble de la dosis, al ser

aplicado en dos épocas diferentes el mismo producto, una aplicación bloquea a la otra, por lo tanto la planta no lo aprovecha en su totalidad. Con el Muriato de Potasio Estándar al 60%  $K_2O$ , el incremento fue de 22.22%, supero al testigo pero esta muy lejos de su época adecuada. Cuando aplicamos el Complexato de Zinc al 6% Zn, en prefloración y al secar la flor, hubo un ligero incremento en la producción, pero no lo que se esperaba, cuando se aplican en su época adecuada de 45 días de secada la flor, el incremento es mayor. Con el Boro Optimus al 4.5% B, se perdió bastante la efectividad en comparación con el primer tratamiento, con el mismo producto y la misma dosis aplicada en la época de prefloración.

### 6.5. FINCA CAPUCAL, PRUEBA 1. (COSECHA 2000-2001).

Cuadro 5, se presentan los resultado de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 1, en la finca Capucal, con aplicaciones en prefloración y 45 días después de secada la flor o posfloración, con cinco tratamientos. En la variedad Catuaí de 6 años de edad.

**CUADRO 5:** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por tratamiento por año, en la variedad Catuaí de 6 años de edad.

No.	Descripción de los tratamiento	Época de aplicación		Dosis por Hectárea	Gramos por planta	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
		Prefloración	45 Días de secada la flor				
1	Boro Optimus: 4.5% B + Complexato de Zinc: 6% Zn	X	X	1.43 Litros 1.43 Litros	0.014 0.019	19,218.99	123.33
2	Boro Optimus: 4.5% B	X	X	2.86 Litros	0.028	18,764.49	120.42
3	Complexato de Zinc: 6% Zn	X	X	2.86 Litros	0.038	17,855.49	114.58
4	Boro Optimus: 1.5% B. + Complexato de Zn: 4.5% Zn en mezcla	X	X	4.29 Litros	0.057	16,426.99	105.42
5	Testigo	-	-	-	-	15,582.99	100.00

Fuente: Josué Girón. Et.al., Anacafé.

Al aplicar los fertilizantes foliares, en dos épocas prefloración y 45 días de secada la flor, tanto en mezclas como solos, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto. La producción se incremento, con el Boro Optimus al 4.5% B, mas el Complexato de Zinc al 6% Zn, aplicados en prefloración, y 45 días de secada la flor, el incremento en la producción fue de 23.33%, cuando se aplica el Boro Optimus 4.5% B solo, en dos épocas prefloración y 45 días de secar la flor, con el doble de la dosis, el incremento fue de 20.42%, la diferencia con el primer tratamiento es de 2.91%. Cuando se aplica solo el Complexato de Zinc al 6% Zn, en prefloración y 45 días de secar la flor, con el doble de la dosis, el incremento con relación al testigo es de 14.58%, la diferencia con el primer

tratamiento es de 8.75%. Cuando se aplica el Boro Optimus al 1.5% B, el Complexato de Zinc al 4.5% Zn, con concentraciones bajas, siempre aplicados en prefloración y 45 días de secar la flor, el incremento en relación al testigo es de 5.42%. Cuando se aplican los fertilizantes foliares conteniendo los elementos Boro y Zinc en mezclas, la efectividad baja tanto en prefloración como a los 45 días de secada la flor, comparado con las aplicaciones de los elementos solos en las épocas requeridas del cultivo, y para cada elemento.

## 6.6. FINCA LAS FLORES PRUEBA 1. (COSECHA 2000-2001).

Cuadro 6, se presentan los resultados de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 1, en la finca las flores, con una sola aplicación a los 45 días de secar la flor o posfloración, con siete tratamientos. En la variedad Catuaí de 12 años de edad.

**CUADRO 6** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por tratamiento por año, en la variedad Catuaí de 12 años de edad.

No.	Descripción de los tratamientos	Dosis por Hectárea	Gramos por planta	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
1	Complexato de Zinc 6% Zn.	2.14 Litros	0.026	16,426.99	136.76
2	Boro Optimus 4.5%B + Muriato de Potasio Estándar 60% K <sub>2</sub> O	1.71 Litros 7.79 Kilogramos	0.015 0.935	14,738.98	122.70
3	Muriato de Potasio Estándar 60% K <sub>2</sub> O	7.79 Kilogramos	0.935	14,414.01	120.00
4	Complexato de Zinc 6% Zn. + Muriato de Potasio Estándar 60% K <sub>2</sub> O	2.14 Litros 7.79 Kilogramos	0.026 0.935	13,440.02	111.89
5	Complexato de Zinc 4.5% Zn+ Boro Optimus 1.5% B	2.14 Litros	0.026	13,310.49	110.81
6	Boro Optimus 4.5% B	1.71 Litros	0.015	12,596.02	104.86
7	Testigo	Nada	Nada	12,011.98	100.00

Fuente: Josué Girón. Et.al., Anacafé

Al aplicar los fertilizantes foliares tanto en mezcla como solos, en la época 45 días después de secar la flor, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto. Con el Complexato de Zinc 6% Zn, que es su época adecuada, fue el mas alto en el incremento en relación al testigo de 36.76% de producción con una dosis de 1.5 litros/mz y por planta de 0.026 gr. Luego la combinación de Boro Optimus 4.5% B, más Muriato de Potasio Estándar 60% K<sub>2</sub>O, el incremento fue de 22.70%, en comparación al testigo, con una dosis más alta con relación al primer tratamiento, el incremento se debe al efecto del Muriato de Potasio Estándar 60% K<sub>2</sub>O. Cuando se aplicó el Muriato de Potasio Estándar solo la diferencia es mínima con el segundo tratamiento de 2.7% en la producción, con la misma dosis, el incremento en la producción con relación al testigo es de 20%. Luego la combinación de Complexato de Zinc al 6% Zn, más Muriato de Potasio Estándar 60%

K<sub>2</sub>O, con un incremento en la producción con relación al testigo de 11.89%, con las mismas dosis por manzana y por planta, con relación al primer tratamiento la diferencia es de 24.87%, el incremento se debe al efecto del Muriato de Potasio. Luego la combinación de Complexato de Zinc al 4.5% Zn, más el Boro Optimus al 1.5% B, con concentraciones más bajas, y con dosis similares al primer tratamiento, el incremento con relación al testigo es de 10.81%, en la producción, con relación al primer tratamiento es de 25.95% en la producción, este incremento con relación al testigo se debe al Complexato de Zinc. El incremento de 4.86%, en la producción con relación al testigo, del Boro Optimus 4.5% B, no es muy relevante, por ser aplicado en su época no adecuada.

### 6.7. FINCA LAS FLORES PRUEBA 2. (COSECHA 2001-2002).

Cuadro 7, se presentan los resultados de cosecha en kilogramos de café maduro por hectárea, por tratamiento, dosis por hectárea, gramos por planta, de la prueba 2, en la finca las flores, con aplicaciones en prefloración, al secar la flor, a los 42 días de secada la flor o posfloración, 150 días de secada la flor o posfloración, con siete tratamientos. En la variedad caturra de 6 años de edad.

**CUADRO 7** Los datos se presentan en orden descendente, de cosecha por tratamiento por año, en la variedad de Caturra de 6 años de edad.

No.	Descripción de los tratamientos	Época fenológica de aplicación	Gramos por planta	Dosis por tonel	Cosecha Kilogramos por Hectárea	% Relativo
1	Boro Optimus:4.5% B Complexato de Zinc: 6% Zn Muriato de Potasio Estándar: 60% K <sub>2</sub> O	Al secar la Flor 42 días  150 días	0.005 0.006  0.328	0.50 Litros 0.50 Litros  2.73 Kilogramos	13,635.00	194.44
2	Boro Optimus: 4.5% B Complexato se Zinc: 6% Zn	Al secar la flor 42 días	0.005 0.006	0.50 Litros 0.50 Litros	13,050.51	186.11
3	Boro Optimus: 4.5% B	Prefloración	0.005	0.50 Litros	12,011.98	171.29
4	Boro Optimus: 4.5% B	Al secar la Flor	0.005	0.50 Litros	11,881.99	169.44
5	Complexato de Zinc: 6% Zn	Prefloración	0.006	0.50 Litros	10,972.99	156.48
6	Complexato de Zinc: 6% Zn	A los 42 días	0.006	0.50 Litros	9,869.01	140.74
7	Testigo	Nada	Nada	Nada	7,012.48	100.00

Fuente: Josué Girón. Et. al., Anacafe.

\* Tonel de 200 litros

Al aplicar los fertilización foliar en las épocas de prefloración, al secar la flor, 42 días de secar la flor y 150 días de secar la flor. Todos los tratamientos superaron al testigo absoluto, esto nos indica que aplicando los fertilizantes foliares en la época adecuada de acuerdo a la fenología del cultivo, se obtiene un incremento en la producción. Cuando se aplica el paquete de fertilización foliar siguiente: Boro Optimus al 4.5% B, al momento de secar la flor, el Complexato de Zinc al 6% Zn, a 42 días de secar la flor, el Muriato de Potasio Estándar al 60% K<sub>2</sub>O, a 150 días de secar la flor, la producción se incremento en un 94.44%, con relación al testigo. Cuando se aplica Boro Optimus al 4.5% B, al secar la

flor, y el Complejato de Zinc al 6% Zn, a 42 días de secar la flor, con las mismas dosis la producción se incrementa en un 86.11%, con relación al testigo, y con relación al primer tratamiento la diferencia es de 8.33%, menos en la producción. Cuando se aplica Boro Optimus al 4.5% B, en prefloración y al secar la flor, aplicados solos la diferencia es de 12.96% de incremento de producción entre estos dos tratamientos usando las mismas dosis, con relación al testigo el incremento es de 71.29-69.44%. Cuando se aplica el Complejato de Zinc al 6% Zn, en prefloración, y 42 días de secar la flor, aplicados solos con las mismas dosis, el incremento en la producción no es tan significativa, como cuando se aplica el paquete completo de acuerdo asu época fonológica del cultivo.

## **7. CONCLUSIONES**

- 1.** Independientemente de las condiciones edáficas, climáticas y del cultivo, si hubo respuesta a las aplicaciones foliares de Boro, Zinc y Potasio, sobre el rendimiento.
  
- 2.** Las aplicaciones de los elementos nutricionales individuales tienen un mejor resultado que las aplicaciones de fuentes combinadas.
  
- 3.** Se observa una mejor respuesta del Zinc, cuando se aplica en el periodo de 45 días después de secada la flor o posfloración.
  
- 4.** Para el Boro, la mejor respuesta se observa cuando se aplica al momento de secar la flor, y en prefloración.
  
- 5.** Para el Potasio, la mejor respuesta se observa cuando se aplica a los 150 días después de secar la flor o posfloración.

## **8. RECOMENDACIONES**

**1.** Cuando los valores en el análisis foliar de Boro, Zinc y Potasio, se encuentran abajo de los niveles críticos, en el límite o rango inferior, aplicar: 0.014gramos / planta de Boro, 0.017gramos / planta de Zinc, 0.935gramos / planta de Potasio.

**2.** Para las zonas de Alotenango, Sacatepéquez, y Gualán, Zacapa, se recomienda aplicar: 1.43 litros por hectárea de Boro, al momento de secar la flor. Aplicar 1.43 litros por hectárea de Zinc, a los 45 días después de secar la flor o posfloración, y la zona de Barberena, Santa Rosa, se recomienda aplicar: 1.43 litros por hectárea de Boro, al momento de secar la flor. Aplicar 1.43 litro por hectárea de Zinc, a los 45 días después de secar la flor o posfloración. Aplicar 7.79 kilogramos por hectárea de Potasio, a los 150 días de secar la flor o posfloración.

**3.** Las aplicaciones de Boro, Zinc y Potasio, deben realizarse en forma separadas, en el momento oportuno para cada elemento nutricional, realizar una sola aplicación de cada elemento y paquete nutricional, ya que reporta mayor producción, que dos aplicaciones del mismo nutriente, o mezcla.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del café, GT) .1991. Manual de caficultura. Guatemala. p. 67-82
2. \_\_\_\_\_.1998. Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala. 318 p.
3. \_\_\_\_\_.1999. Investigaciones y descubrimientos sobre el cultivo de café. Guatemala. 308 p.
4. Berthaud, J. 1986. Les ressources génétiques pour l'amelioration des caféiers africains diploïdes: evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses ... : consequences pour l'application. Paris, ORSTOM. 379 p. (Travaux et Documents no. 188).
5. Bornemisza, E. 1992. Fisiología de la nutrición del cafeto. In Seminario de nutrición y fertilización del café (1992. Guatemala). Memorias. Guatemala, ANACAFE / USAID / INPOFOS. 32p.
6. Bornemisza, E, Chaverri, G; Pérez, V. 1986. Algunos aspectos del abonamiento del cafeto con boro y calcio en las condiciones de la meseta central de Costa Rica. San José, Costa Rica, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 14 p.
7. Bornemisza, E; Chávez, F; Chavarri, G. 1967. Resultados del análisis foliar del cafeto en Costa Rica. San José, Costa Rica, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 39 p.
8. Camacho, C; Gonzáles, C. 1957. Síntomas de la deficiencia de boro en el cafeto. Costa Rica, Ministerio de Agricultura e industria. Boletín Técnico no. 11.
9. Camacho, C; Gonzáles, C; Guevara, L. 1968. Informe preliminar sobre el efecto del zinc, en la corrección de ciertas formas de crecimiento anormal del cafeto. Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industria. Boletín no.7.
10. Carvajal, JF. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa. 254 p.
11. Carvajal, JF; López, C. 1974. Hojas representativas para el análisis de nitrógeno, fósforo y potasio para fines de diagnostico en plantas de café. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Investigaciones Agronómicas. 14 p.
12. Carvalho, A. 1998. Principles and practices of coffee plant breeding for productivity and quality factors; Coffea arabica. In Coffea agronomy. London, Elsevier Applied Science 4:130-165.

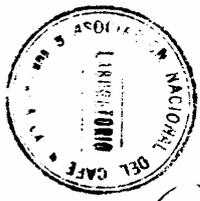
13. Girón, J. 1990 – 1991. Combinación de N, P, K, en tres épocas de aplicación en el cultivo de café: memoria técnica de investigación en café, 1990 – 1991. Guatemala, ANACAFE. 152 p.
14. Girón, J; López, E; López, H; Jiménez, H. 2003. Evaluación del cafeto en la producción de café de fuentes foliares de boro, zinc, y muriato de potasio. Guatemala, ANACAFE. 7 p. (Folleto no.1)
15. Girón, J; Villeda, A. 1986 – 1989. Evaluación de épocas de aplicación de nitrógeno y fuentes adicionales de fósforo y potasio en Guatemala: memoria técnica de las investigaciones en café 1986 – 1989. Guatemala, ANACAFE. 188 p.
16. INPOFOS (Instituto de la potasa y el fósforo, sw). 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Canadá. 55 p.
17. Jiménez, J. 1986. Especies y variedades de café. Revista Cafetalera no. 273: 7-11.
18. Mendoza, L. 1998. Respuesta del cafeto (Coffea arabica), a niveles y formas de aplicación de boro en Guatemala: memoria técnica de las investigaciones, en café 1986 – 1989. Guatemala, ANACAFE. 188 p.
19. Pérez, V. 1967. Algunas deficiencias minerales del cafeto en Costa Rica. San José, Costa Rica, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 26 p.
20. Pérez, V; Gutiérrez, G. 1986. Manual de recomendaciones para el cultivo del Café. Costa Rica, Instituto del café de Costa Rica: Convenio ICAFE, MAG. 120 p.
21. Summer, M; West, L; Leal, J. 1992. Suelos de la agroindustria cafetalera de Guatemala, región sur. Athens, GA, USA, Universidad de Georgia, Departamento de Agronomía. 18 p.
22. Tisdale, S; Nelson, W. 1997. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simón. 759 p.
23. Valencia, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Quito, Ecuador. INPOFOS. 61 p.
24. Zamora, L. 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Costa Rica, Instituto del Café de Costa Rica. 195 p.

**10. APENDICE**

Orden : 6561  
 Investigador : ING. JOSUE GIRON  
 Finca : CAPETILLO  
 Localización : Alotenango, SACATEPEQUEZ  
 Entrega : Viane

**Análisis Folia**

No.	Identificación	%							ppm		
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro
35704	Niveles Adecuados BORO ZINC 1999 21-02-01	[2.30-2.80] 2.89	[0.11-0.15] 0.09	[1.90-2.50] 1.69	[1.10-1.50] 1.51	[0.29-0.35] 0.44	[6.00-9.00] 12.60	[91.00-105.00] 150.50	[50.00-150.00] 152.70	[14.00-18.00] 8.40	[41.00-90.00] 39.78



*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jiménez  
 Jefe Laboratorio de Suelos

Orden : 4902  
 Investigador : ING. ELISEO LOPEZ  
 Finca : CAPUCAL  
 Localización : Gualán, ZACAPA  
 Entrega : Viene



No.	Identificación	Nitrógeno	Fósforo	%		Calcio	Magnesio	Cobre	Hierro	ppm		Zinc	Boro
										Manganeso			
	Niveles Adecuados	[2.30-2.80]	[0.11-0.15]	[1.80-2.50]	[1.10-1.50]	[0.28-0.35]	[6.00-8.00]	[91.00-105.00]	[50.00-150.00]	[14.00-18.00]	[41.00-60.00]		
28047	EL CAPUCAL	2.73	0.20	1.41	0.88	0.24	10.40	75.30	271.70	8.29	43.38		

Ing. Humberto Jiménez  
 Jefe Laboratorio de Suelos

Orden : 5681  
 Investigador : ING. JOSUE GIRON  
 Finca : LAS FLORES  
 Localización : Barberena, SANTA ROSA  
 Entrega : Viena



No.	Identificación	%							ppm		
		Nitrogeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro
	Niveles Adecuados	[2.30-2.80]	[0.11-0.15]	[1.90-2.50]	[1.10-1.50]	[0.29-0.35]	[8.00-8.00]	[91.00-105.00]	[50.00-150.00]	[14.00-18.00]	[41.00-90.00]
31523	EXP. FOLIAR 16-06-00	3.33	0.16	2.53	1.09	0.31	18.20	77.60	144.00	9.40	28.04



*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jiménez  
 Jefe Laboratorio de Suelos

Guatemala, Agosto 23 de 2006

Ing. Agr.  
Marino Barrientos García  
Director IIAA  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Ing. Marino Barrientos:

Por este medio le informo que he cumplido con el nombramiento que ese importante Instituto de Investigaciones Agronómicas me recomendara, en concordancia y de conformidad con el "Programa Extraordinario para la realización de Tesis de Grado para la carrera de Ingeniero Agrónomo", con ese fin asesoré el trabajo del estudiante Marco Tulio Guerra y Guerra con carné No. 86-13828, bajo el título "**SISTEMATIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LAS APLICACIONES FOLIARES DE Boro (B), Zinc (Zn), Potasio (K) Y SUS MEZCLAS, EN EL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica)**".

Al trabajo se le efectuaron las recomendaciones vertidas en las observaciones hechas al mismo, por lo que considero que este estudio satisface los requisitos para su aprobación como documento de graduación.

Atentamente,

Ing. Agr. Juan José Corado  
Colegiado No.3,310

Guatemala, Agosto 23 de 2006

Ing. Agr.  
Marino Barrientos García  
Director IIAA  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Ing. Marino Barrientos:

Por este medio le informo que he cumplido con el nombramiento que ese importante Instituto de Investigaciones Agronómicas me recomendara en concordancia y de conformidad con el “Programa Extraordinario para la realización de Tesis de Grado para la carrera de Ingeniero Agrónomo”, con ese fin asesoré el trabajo del estudiante Marco Tulio Guerra y Guerra con carné 86-13828, bajo el título “**SISTEMATIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LAS APLICACIONES FOLIARES DE Boro (B), Zinc (Zn), Potasio (K) Y SUS MEZCLAS, EN EL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica)**”.

Al trabajo se le efectuaron las recomendaciones vertidas en las observaciones hechas al mismo, por lo que considero que este estudio satisface los requisitos para su aprobación como documento de graduación.

Atentamente,

Ing. Agr. Walter García Tello  
Profesor Titular