



Universidad de Cienfuegos
Facultad de Mecánica y Agronomía

Tesis en opción al título de Ingeniera Agropecuaria

Título: Evaluación del efecto de la urea, azotobacter y fitomás aplicados vía foliar, en el desarrollo y producción del cafeto ***Coffea canephora***. Pierre ex Froehner, en Jibacoa.

Autor: Ariel González Olvera

Tutor: MSc. Ceferino González Fernández

“Año 54 de la Revolución”

Resumen.

El ensayo se realizó en la Estación de Investigaciones de Café de Jibacoa, con el objetivo de conocer el efecto de tres bioestimulantes foliares sobre el desarrollo y producción del *Coffea canephora*. Se utilizó Azotobacter, Urea y Fitomás en aspersión foliar, con un testigo sin aplicación de producto alguno, con un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas. Se evaluaron las variables del desarrollo y producción de las plantas, obteniendo un efecto positivo de la Urea sobre la altura, diámetro de la copa, diámetro del tallo y producción de café cereza, mientras que con Fitomás se obtuvo mayor diámetro del tallo y producción de café cereza; con Azotobacter no se encontraron diferencias significativas, no se observaron cambios en los contenidos foliares de N P K y se concluyó que se puede incrementar la producción con la aplicación foliar de Fitomás o Urea y que con esta última se incrementa el crecimiento vegetativo también.

Agradecimiento

Una investigación como ésta no sería posible sin la ayuda desinteresada de un grupo de valiosos compañeros, sería muy difícil mencionar en una pequeña síntesis a todos los que han contribuido de una forma u otra al desarrollo de este trabajo; sin embargo, presente están en las diferentes partes de esta obra.

Mi mayor gratitud a mi tutor el MSc, Ceferino González Fdez. quien con su esmerada dedicación y sabiduría ha contribuido decisivamente en mi formación profesional a los compañeros del grupo de Nutrición y demás compañeros de trabajo, los investigadores, los técnicos y otros obreros, que sin su aporte, cada uno en su función, no habría sido posible realizar todas las tareas que una investigación de este tipo requiere

A los compañeros del laboratorio de la Estación Experimental Escambray, que tuvieron la mejor disposición en realizar todos los análisis, a pesar de las limitaciones de recursos.

Índice:

Página:

Resumen	2
Agradecimiento	3
Dedicatoria	4
Introducción	5
Problema científico	7
Objetivos	7
Hipótesis	7
Revisión bibliográfica	8
Principios de la absorción de nutrientes por la hoja	13
Materiales y Métodos	17
Tratamientos y diseño	17
Resultados y Discusión	20
Conclusiones	23
Recomendaciones	24
Bibliografía	25

Dedicado a:

Dedico esta tesis en primer lugar a la Revolución que posibilitó que me formara como profesional y seguir una trayectoria de superación,

A los productores que encontraran una respuesta para las interrogantes que pudieran surgir en un futuro.

A mis hijas y mi esposa ya quisiera que les sirva como acicate para seguir siempre adelante.

Introducción

Los días felices de millones de personas comienzan con una taza de café caliente, donde el aroma se esparce por el hogar. Muchos países del Caribe se encuentran entre los principales productores de este grano, segundo producto más comercializado en el mundo, después del petróleo.

El cultivo del café representa uno de los productos agrícola más importantes en el mundo, genera ingresos a los países productores del orden de 55 000 millones de USD. Se calcula que alrededor de 100 millones de personas tienen dependencia directa o indirecta del café (Zonas Productoras 2009 y Montoya y Col. 2006).

El cafeto (*Coffea spp*) de la familia *Rubiaceae* originario de Etiopía, requiere para su correcto desarrollo temperaturas diarias entre 10 – 22 °C, de 1400 a 2200 mm de lluvia anualmente y un pH del suelo de 5 a 6 MINAGRI (1987). En Cuba se cultiva tradicionalmente en los cuatro sistemas montañosos: Sierra Maestra, Nipe-Sagua-Baracoa, Guamuhaya y Guaniguanico. Las especies que se cultivan son *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre. Reportado por Sánchez (2001)

Según informa González (2010) en Cuba se están obteniendo en la actualidad rendimientos por superficie cosechada de 0,11 ton/ha para el café arábigo y 0,19 ton/ha para el robusta, mientras los que aquí se consideran aceptables son de 0,34 ton/ha y 0,51 ton/ha respectivamente (no obstante haberse obtenido en áreas experimentales tanto como 1 ton/ha y 2 ton/ha respectivamente).

La disminución de la productividad de las áreas cafetaleras se debe a múltiples causas entre ellas se hace referencia a la necesidad de nutrientes. En la actualidad, la fertilización del cafeto ha estado limitada por la escasez de recursos financieros para adquirir estos productos químicos y por la necesidad de ir hacia una caficultora sostenible.

Es un hecho incuestionable de que toda planta bien nutrida utiliza al máximo su potencial genético para producir biomasa.

La fertilización foliar del cafeto ha sido estudiada por distintos investigadores (Carvajal 1984, Valencia 1998), y recomendada como una vía para

complementar la nutrición de las plantas y solucionar deficiencias minerales, rápidamente

Valencia (1998), señala que tanto el crecimiento como la diferenciación de los tejidos de las plantas de cafeto, son controlados por la acción de las fitohormonas naturales y que ciertos productos sintéticos pueden provocar efectos similares al de las fitohormonas

El *azotobacter chroococcum* (Biostim) se ha utilizado con éxito en varios cultivos por lo que se considera que su efecto sea estimulador, puesto que este tipo de bacteria es capaz de producir ciertos metabolitos que intervienen en el crecimiento de las plantas (Martínez, 1992, citado por Cupull en el 2002)

La urea, cuando se suministra foliarmente a los cultivos, penetra y actúa rápidamente, provocando cambios fisiológicos muy positivos. Rombheld y El-Foul (2002), señalan que la urea se absorbe en un tiempo de 0.5 a 1 hora, siendo el macronutriente que mas rápido se asimila por las plantas. Además plantean que durante la etapa de llenado del grano o de los frutos de los cultivos anuales, se produce una competencia para obtener asimilados por parte de diversas zonas de necesidad en la planta. En esta etapa las raíces no están adecuadamente suplidas de nutrientes y por tanto, la adquisición de nutrientes no es suficiente para suplir la demanda y la aplicación foliar puede complementar esta necesidad.

En cafeto se han aconsejado 1.5—3.0 kg de urea en 200 l de agua mezclada con fungicidas o productos que contengan B o Zn.

El Fitomás, es un bioestimulante creado en Cuba a partir de la caña de azúcar y va avanzando en sus niveles de generalización dadas sus bondades productivas y económicas. Hernández (2011) declara que este producto ha mostrado sus virtudes en cultivos como arroz, frijoles donde ha duplicado el número de vainas por planta y en caña de azúcar, aplicaron Fitomás a razón de 2 litros por hectárea y los rendimientos aumentaron en 7 a 8 t/ha.

El embrión de esta tecnología data del 2003 al crearse una planta piloto, obra de especialistas del ICIDCA y del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Desde su puesta en marcha pasan de 6 millones 500 mil litros y hasta

finales de diciembre de 2010 fueron beneficiadas con Fitomás 492000 ha de caña y 180000 de otros cultivos pero no en el cafeto.

Problema científico:

Ante la situación actual de la carencia de recursos económicos para la adquisición de fertilizantes y las demandas del cultivo, surge la siguiente interrogante:

¿Se podrá aumentar la producción cafetalera con la utilización de productos aplicándolos vía foliar y que actúen como estimuladores de las plantas?

Objetivo general:

Incrementar el desarrollo de las plantaciones de café y su rendimiento agrícola con el uso de aplicaciones foliares de diferentes productos.

Objetivos específicos:

1. Determinar el efecto de la aplicación de urea, azotobacter y fitomás aplicados foliarmente en las plantaciones de café.
2. Evaluar el desarrollo y producción de la plantación.
3. Determinar cual variante es más efectiva.

Hipótesis:

El cafeto es una planta que responde positivamente a las aplicaciones de productos biofertilizantes y plaguicidas por vía foliar. Por tanto, la urea, el azotobacter o el fitomás pudieran estimular el desarrollo y la producción de las plantaciones.

Capítulo I. Revisión Bibliográfica.

Origen del café.

El origen del café se sitúa en África, sin que se haya podido precisar la fecha exacta de su descubrimiento.¹ Se conoce sin embargo que para el siglo XV ya había pasado a Arabia, donde se produce el despegue de su cultivo y del arte de preparar la bebida, así como el nacimiento de los bares o casas de café (o simplemente *cafés*). Hacia 1610 se comienza a exportar el grano hacia Europa, donde la estimulante bebida tuvo excelente acogida y se afianzó su carácter social al proliferar los cafés, generalmente nutridos de artistas, intelectuales y elementos progresistas y revolucionarios (lo que valió a no pocos ser cerrados por los gobiernos). Similar explosión de consumo se produjo en Norteamérica desde 1668.

El cultivo tardó algo más en romper el monopolio árabe. Las leyendas de la India hablan del peregrino mahometano Baba Budan, que a su regreso de la Meca se trajo siete semillas, pero fueron los holandeses los que desarrollaron la producción a gran escala en Java (actual Indonesia) y el resto de sus colonias asiáticas.

Según los historiadores, no se ha podido precisar con exactitud como y cuando se sembró y cultivó por primera vez el café en Cuba, siendo las primeras noticias de su llegada unas semillas traídas de Haití hacia el año 1748 por el contador mayor de cuentas Don José Gelabert (según LaTorre, citado por Pérez de la Riva 1944), quien fomentó el primer cafetal en una finca de su propiedad en la cercanía del pueblo de Ubajay (hoy Wajay) en la provincia de la Habana siendo su principal objeto preparar una bebida o aguardiente con la fermentación de las cerezas pero dando poca o ninguna importancia a la cosecha o preparación d sus frutos.

Entre 1793 – 1795, 1798-1801 y 1802 se producen grandes oleadas de emigrantes procedentes de la India Santo Domingo lo que propició hacia 1805 que la producción de café en el país se considerara uno de los principales rubros exportables. Durante todo el principio del siglo XIX el número de

cafetales pequeños crece y se multiplica, pues el café, el azúcar y el tabaco especialmente los dos primeros eran los únicos productos fácilmente vendidos y exportables (Le Riverend, 1968)

El café es la infusión de mayor consumo después del té a nivel mundial y para su cultivo se dedican más de 11 millones de ha con una producción de aproximadamente siete millones de toneladas (Cuba. Ministerio de la Agricultura, 2003).

La producción mundial de café se basa fundamentalmente en dos especies comerciales: *Coffea arabica* y *Coffea canephora*; Brasil y Viet Nam son los mayores productores de ésta última.

El área de producción de Cuba es de 91.6 miles de ha, de las cuales se dedican al cultivo del Arábico 79.5 miles de ha y de Robusta 12.1 miles de ha de ellas en el escambray solamente 67 (Cuba. Ministerio de la Agricultura, 2003).

El café Robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner) es nativo de los bosques ecuatoriales de África, desde la costa oeste hasta Uganda y la parte sur del Sudán, lo mismo que de la parte de África occidental, entre las latitudes de 10° norte y 10° sur, en elevaciones desde el nivel del mar hasta más o menos 1000 metros de altura.

Haarer(1964)da la siguiente descripción de *C. canephora*: Se trata de un árbol o arbusto liso, con hojas anchas que a veces adquieren una apariencia corrugada u ondulante, oblonga elíptica, cortas, acuminadas, redondeadas o ampliamente acunadas en su base, de 15-30 cm de largo y 5-15 cm de ancho; la nervadura media es plana por arriba, prominente por debajo, las nervaduras laterales son de 8-13 pares; el peciolo es fuerte de 8-20 mm de largo; las estípulas interpeciolares son ampliamente triangulares, largas puntiagudas, connatas en su base, semipersistentes. Tiene flores blancas, algunas veces ligeramente difusas con rosa, en dos racimos axilares, sésiles, con o sin brácteas con hojas. La corola de 5-7 lóbulos, el tubo sólo un poco más corto que los lóbulos. Los estambres y el estilo bien salidos. Las bayas ampliamente elipsoides, más o menos de 8-16 mm, estriadas cuando secas. La planta es muy variable en su estado silvestre.

El café robusta fue utilizado por los nativos de toda el área de donde proviene, mucho antes que los europeos llegaran al África Ecuatorial. Los primeros colonizadores, al movilizarse al interior de esta parte de dicho Continente, encontraron árboles de café en parcelas alrededor de las villas, o en las junglas cercanas, que eran cosechados regularmente. Aún hoy, una parte importante del café robusta producido en África, proviene de pequeñas propiedades. La aparición del brote de roya por hemileia, en 1800 y años posteriores, y varios otros problemas, principalmente la falta de entendimiento en cuanto a las condiciones apropiadas de suelo y clima, forzó a los productores en el Lejano Oriente a abandonar el cultivo del café arábigo., el mismo fue sembrado en lugares de baja altitud con buenos rendimientos.

El café robusta aún se cultiva en localidades del Lejano Oriente y en aquellas localidades que son demasiado cálidas para que prospere el café arábigo.

La especie *Coffea canephora* Pierre (Robusta), llega a Cuba a finales de la década de los años 30 del siglo pasado, parece ser se introdujo del Brasil por funcionarios del extinto Instituto de Estabilización del Café, o por investigadores de una Estación Experimental de Café que existía desde la década de los años 30 del siglo pasado.

En Cuba el cultivo de cafetos de la especie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Robusta) se extiende en regiones que presentan limitaciones para los cafetos arábigos, principalmente porque se encuentran afectadas por la presencia de nemátodos, por ser zonas ubicadas por debajo de los 400 msnm o porque en general, responden a las condiciones edafoclimáticas que no permiten el desarrollo de cafetos de la especie *Coffea arabica* L. Entre las ventajas de su uso está la potencialidad productiva de estos cafetos, con rendimientos entre 1.5 y 2.0 t/ha de café comercial (López et.al., 1999).

Nosti (1970) explica que los elementos menores se pueden aplicar haciendo pulverizaciones de sus sales para que sean absorbidos por las hojas y que la adición directa al suelo no da resultados, porque son adsorbidos fuertemente por los coloides del suelo y no llegan a las plantas.

Diversos trabajos investigativos, en campo o en condiciones controladas han demostrado que las hojas de cafeto son muy eficientes en la absorción del N procedente de la urea, el P de diversas fuentes o el K.

Con el abonado foliar se pueden suministrar macronutrientes, siendo este el medio más rápido para corregir deficiencias eventuales. Aplicando los mismos aisladamente o en formulaciones, por otro lado, pueden ser incorporados como un complemento no como un sustituto de la fertilización al suelo.

Rena *et. al.* (2008) afirman que el abonado foliar con Cu o Zn es un medio altamente eficiente para garantizar zafras superiores, a la vez que Ramírez (2008) declara que constituye una práctica en el manejo de la fertilización en almacigales la aspersión foliar de elementos tales como: N, Zn y B que se aprovechan para adicionar algún fungicida para el control de enfermedades.

En café se ha comprobado experimentalmente la absorción foliar de soluciones acuosas de urea al 1%, bórax al 1%, sulfato de amonio al 3%, fosfato monoamónico (MAP) al 3%, cloruro de magnesio al 3% y sulfato de magnesio al 3%. El sulfato de hierro al 3% se absorbe pero no se trasloca dentro de la planta.

Según Boaretto *et. al.* (2002), hicieron aplicaciones foliares de diferentes concentraciones de Boro para estudiar su movilidad dentro de las plantas jóvenes de cítrico, en función del tiempo y consideran que la fertilización foliar se utiliza para prevenir deficiencias de microelementos. También Bolitaquea, *et al.* (2002) aplicaron Ca y B vía foliar en el cultivo de soya, con el objetivo de evaluar su efecto sobre el desarrollo vegetativo así como la calidad de la semilla. Las aspersiones fueron realizadas en cuatro épocas: Prefloración, floración, posfloración, y precosecha y lo compararon con un testigo no tratado, usaron como fuente el cloruro de Ca y borato de Na, emplearon 100 l. ha⁻¹

Los resultados del trabajo les permitieron concluir que la aplicación de Ca y B aumentó el peso de los granos, no afectó la calidad de la semilla y las mayores respuestas a Ca y B se observaron en las fases de floración y postfloración.

En el macizo montañoso Guamuhaya, González *et. al.* (1990) aplicaron micronutrientes (Zn, B y Mn) por vía foliar al cafeto y señalan que de esta forma

es posible suministrar al cultivo los micronutrientes que pueden ser deficitarios o estar inasimilables en el suelo.

Es muy importante seleccionar bien los productos a emplear vía foliar pues no todos son asimilados con igual facilidad. Andrade *et al.* (1997) trabajando con frijol (*Fasíolos vulgaris*, L) determinaron que el P foliar no influyó positivamente sobre la productividad de los tratamientos respecto al testigo sin tratar. Sin embargo son numerosos los trabajos donde se ha aplicado la urea vía foliar para corregir deficiencias de N.

La urea, cuando se suministra foliarmente a los cultivos, penetra y actúa rápidamente, provocando cambios fisiológicos muy positivos. Rombheld y El-Foul (2002), señalan que la urea se absorbe en un tiempo de 0.5 a 1 hora, siendo el macronutriente que mas rápido se asimila por las plantas. Además plantean que durante la etapa de llenado del grano o de los frutos de los cultivos anuales, se produce una competencia para obtener asimilados por parte de diversas zonas de necesidad en la planta. En esta etapa las raíces no están adecuadamente suplidas de nutrientes y por tanto, la adquisición de nutrientes no es suficiente para suplir la demanda y la aplicación foliar puede complementar esta necesidad.

Actualmente se ha generalizado la práctica de nutrición foliar a las posturas en la fase de vivero, como una forma de corregir deficiencias en el sustrato.

Además de su costo, la fertilización nitrogenada cuando se hace a través del suelo las plantas toman solamente una parte y mas del 50 % se pierde por distintas vías como la percolación o lixiviación con las aguas de lluvia, otra causa de grandes pérdidas es la volatilización.

Respecto a la urea, Lara *et al.* (2007) señala que cuando se aplica superficialmente al suelo, se producen pérdidas de N por volatilización en forma de amoníaco (NH_3) hasta un 50 % del aplicado. En Colombia, en suelos del valle del Cauca, Ordóñez *et al.* (2008) determinaron que cuando la urea se dejaba en la superficie del suelo las pérdidas fueron del 13.1 y 15.2 % de NH_3 , mientras que Leal *et al.* (2007) obtuvieron pérdidas del 30 y 35 %, similares a

las reportadas para el cultivo de la caña de azúcar, cuyos valores fluctuaron entre 35 y 36 % del N suministrado.

El Fitomás, es un bioestimulante creado en Cuba a partir de la caña de azúcar y va avanzando en sus niveles de generalización dadas sus bondades productivas y económicas. Hernández (2011) declara que este producto ha mostrado sus virtudes en cultivos como arroz, frijoles donde ha duplicado el número de vainas por planta y en caña de azúcar aplicaron Fitomás a razón de 2 litros por hectárea y los rendimientos aumentaron en 7 a 8 t.ha⁻¹

El Fitomás está formado por una mezcla de compuestos bioquímicos de elevada energía y sales minerales que contienen NPK que sirven como nutrientes y puede ser empleado en viveros, en semilleros o en cualquier otra fase vegetativa en cultivos tales como: cereales, tubérculos tabaco, forestales, flores y otros.

Actualmente, el ICIDCA ha creado una planta que ha producido más de 6 millones de litros y hasta finales de diciembre de 2010 fueron beneficiadas con Fitomás 492000 ha de caña y 180000 de otros cultivos, sin embargo no se conoce su efectividad y la mejor forma de su aplicación en el cultivo del café,

Dibb(2009) ha publicado sus consideraciones sobre las aplicaciones foliares de nutrientes destacando sus limitaciones y posibilidades las cuales pueden resumirse en los párrafos que mas abajo se describen:

Además de su costo, la fertilización nitrogenada cuando se hace a través del suelo las plantas toman solamente una parte y mas del 50 % se pierde por distintas vías como la percolación o lixiviación con las aguas de lluvia, otra causa de grandes pérdidas es la volatilización.

Principios de la absorción de nutrientes por las hojas.

Para lograr rendimientos de calidad y rentables, se deben considerar los siguientes aspectos con relación a la aplicación foliar de fertilizantes:

- Para un cultivo específico, cual es la mejor época de aplicación durante el ciclo de crecimiento. Cuantas aplicaciones se requieren para el rendimiento y calidad esperados.

- Que tipo de fertilizante o fórmula se debe aplicar.
- Que aditivos o acondicionadores se debe utilizar.

Para responder estas preguntas de interés en la fertilización foliar se necesita entender los procesos envueltos en la absorción de nutrientes por las hojas y en la distribución de estos dentro de la planta. Para que un nutriente cumpla una función en las hojas o para que sea traslocado de la hoja hacia otros órganos, se requiere un proceso de absorción vía membrana hacia el simplasto.

Mojado de la superficie de la hoja con la solución de fertilizantes

La superficie exterior de las células de las hojas está cubierta por la cutícula y una capa epicuticular de cera con fuertes características hidrofóbicas. Para facilitar la necesaria absorción de nutrientes se requiere utilizar aditivos (detergentes) para reducir la tensión superficial.

Penetración a través de la pared celular epidermal exterior

La pared celular epidermal exterior de las hojas está cubierta por una cutícula y una capa epicuticular de cera para proteger las hojas de una pérdida excesiva de agua por transpiración así como pérdida de nutrientes y otros solutos por lixiviación con la lluvia.

Esta protección se logra por las propiedades hidrofóbicas de la cutícula y la cera, las cuales están constituidas de largas cadenas de alcoholes, cetonas y ésteres de largas cadenas de ácidos grasos. Se han discutido varios caminos de penetración de los nutrientes a través de la pared celular. Un concepto generalmente aceptado es la penetración a través de poros hidrofílicos en la cutícula. Estos poros son ricos en pectina hidrofílica.

La absorción de solutos directamente a través de los estomas abiertos hacia los tejidos de la hoja (apoplastos de la hoja) es poco probable, debido a que las células guardianes están cubiertas de una capa cuticular. Sin embargo, existen reportes recientes de penetración de solutos por los estomas que consideran posible el proceso debido a que la capa cuticular del estoma tiene un contenido menor de ceras hidrofóbicas. Sin embargo, para considerar relevante la penetración de solutos por los estomas debe encontrarse un razón válida que

explique porqué no existen diferencias en absorción de nutrientes durante el día y durante la noche (estomas abiertos y cerrados).

Entrada de nutrientes en el apoplasto de la hoja.

El apoplasto de la hoja es un importante espacio ocupado por los nutrientes antes de la absorción a través de una membrana plasmática al simplasto de una célula individual. Los nutrientes entran en el espacio apoplástico después de la penetración de las paredes de las células epidermales exteriores, pero también llegan desde las raíces vía xilema. Las condiciones químicas del apoplasto (como pH) son decisivas para la posterior absorción en el simplastó y podrían ser manipuladas con adecuados aditivos.

Se ha demostrado también que los diferentes genotipos exhiben diferente penetración de nutrientes a través de las paredes celulares exteriores, lo que influye en la posterior absorción en las células interiores de la hoja.

Absorción de nutrientes dentro del simplasto de la hoja

Los principios generales de la absorción de nutrientes del apoplasto hacia el simplasto de la hoja son los mismos de la absorción de nutrientes en las células de las raíces. Se ha demostrado que la absorción es mayor:

- Cuando las moléculas son mas pequeñas en comparación con moléculas mas grandes (urea> quelato de Fe).
- Si las moléculas no tienen carga en comparación con iones [$\text{H}_3\text{BO}_3 > \text{B}(\text{OH})_4$...ácido bórico>borato].
- Cuando los iones tienen una carga en comparación con iones de dos o más cargas ($\text{K} > \text{Ca}$; $\text{H}_2\text{PO}_4 > \text{HPO}_4$).

Independencia de la actividad radicular.

Durante la etapa de llenado del grano o fruto de los cultivos anuales y perennes de alto rendimiento se produce una alta competencia para obtener asimilados (producto de la fotosíntesis). La adquisición de nutrientes por las raíces puede inhibirse también por la presencia de factores externos que reducen la actividad radicular. Estos factores físicos y químicos pueden ser: baja temperatura, compactación, falta de oxígeno, sequía, alta salinidad o pHs extremos.

Posibilidad de aplicación precisa de nutrientes en el tiempo.

Durante etapas específicas del crecimiento de la planta existen requerimientos más altos de nutrientes o de nutrientes específicos. La aplicación a las hojas es una mejor técnica para entregar estos nutrientes en la etapa requerida. Estas etapas de alta demanda se presentan generalmente durante el desarrollo floral y la polinización. Por ejemplo, en el mango la inducción foliar es promovida por la aplicación de nitrato (NO_3) y la iniciación de brotes en manzana por amonio (NH_4). En las condiciones mencionadas, la fertilización foliar como suplemento de aplicación de fertilizantes tiene efectos muy positivos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, sin embargo, no se debe descuidar el adecuado suplemento a las raíces.

Técnicas de aplicación consideraciones prácticas y aspectos económicos.

Además de los aspectos fisiológicos de la fertilización foliar se deben también

Considerar los aspectos técnicos de esta práctica. Debido a la baja movilidad de varios nutrientes dentro de la planta y la poca posibilidad de aplicar dosis altas (particularmente macronutrientes) se requieren repetidas aspersiones durante el ciclo de crecimiento de los cultivos. Además la fertilización foliar tiene solamente una eficacia de corto plazo, particularmente en los cultivos perennes. Por estas razones, la frecuencia de las aplicaciones foliares es decisiva para determinar la eficacia económica de la práctica. Aun cuando las dosis foliares son mucho más bajas que las aplicaciones al suelo, los altos costos en mano de obra de las repetidas aplicaciones foliares pueden hacer prohibitiva la práctica. Por ejemplo, en el caso de aliviar la clorosis causada por deficiencia de Fe usando quelatos, la utilización de quelatos menos estables para la aplicación foliar puede compensar por el costo de repetidas aplicaciones si se compara con el costo de aplicación de quelatos de Fe al suelo.

Una de las consideraciones más importantes es el escoger el apropiado compuesto foliar a utilizarse. El número de productos en el mercado es grande y es difícil para el agricultor el poder escoger el apropiado para cubrir las

necesidades del cultivo en una etapa específica de crecimiento. Lo rangos de concentraciones de nutrientes en estos productos pueden variar considerablemente lo que hace aun más difícil la decisión final.

En general, es aconsejable mantener una estrategia integrada de fertilización que utiliza la fertilización foliar como un suplemento de la fertilización al suelo

Materiales y Métodos

3.1. Ubicación

La investigación tuvo lugar en la Estación de Investigaciones de Café, desde el segundo semestre del 2010 hasta Enero del 2012, en Jibacoa, provincia de Villa Clara, que se encuentra ubicada en los 22° 02' de latitud Norte y 79° 50' de longitud Oeste con 340 m de altitud, con las siguientes condiciones climáticas: lluvia total anual 2141 mm, temperatura media 23,2° C, 82 % de humedad relativa y 1342 mm de evaporación; su distribución por meses se ofrece en la figura 1.

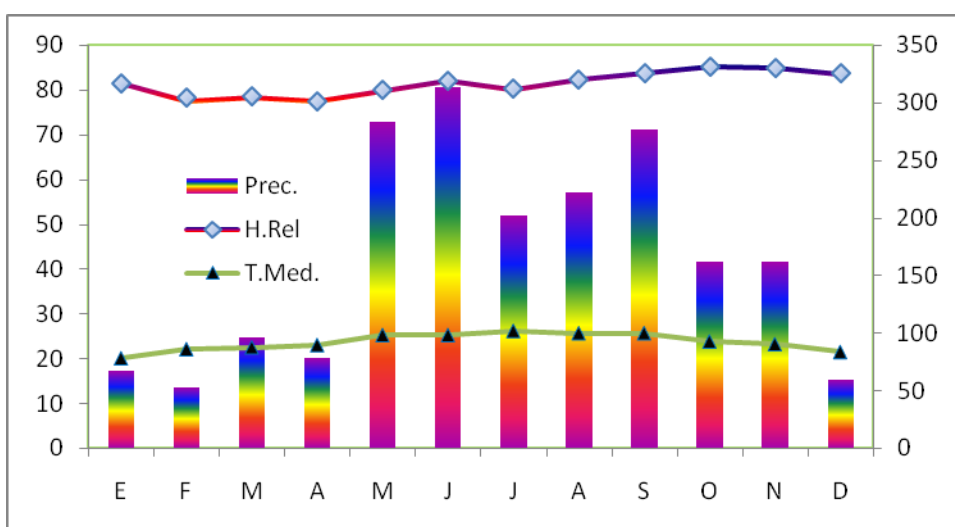


Figura 1. Comportamiento de las variables climáticas, temperatura media, humedad relativa y precipitaciones (Promedio 20 años)

Tratamientos y diseño

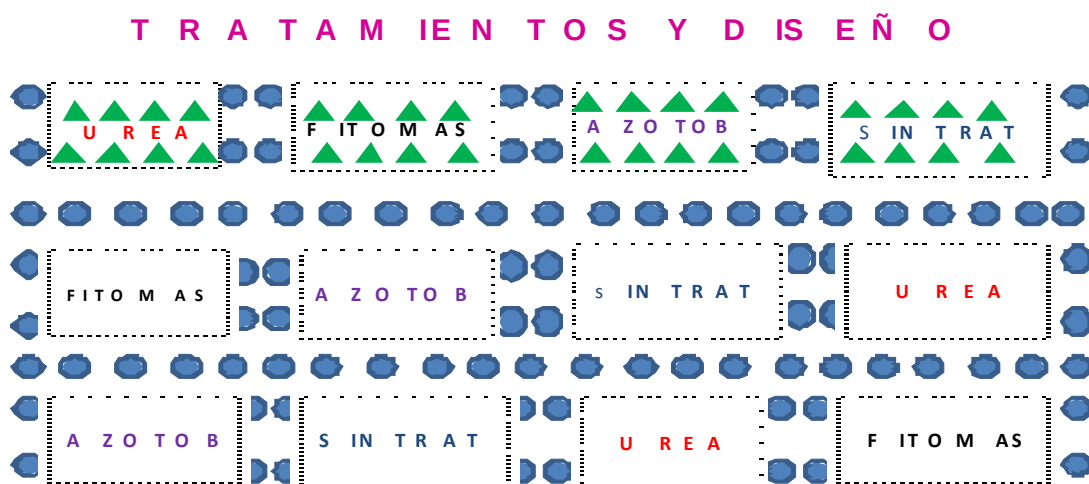
Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se optó por el montaje de un experimento en una plantación joven de *Coffea canephora* que tenía dos años de edad plantada en el año 2008, bajo sombra de guamo *Inga laurina*, en un suelo Fersialítico Pardo rojizo. Algunas de sus características agroquímicas se ofrecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunas características agroquímicas del suelo

Indicador	Valores
pH K Cl	4.85
MO %	3.54
P ₂ O ₅ mg/100g	4.51
K ₂ O mg/100g	12.44

El tratamiento con los estimuladores foliares se realizó de acuerdo con las distintas variantes:

1. Sin tratar (testigo)
2. Aplicación de urea foliar al 1 %
3. Aplicación de Azotobáctera foliar 1:10
4. Aplicación de Fitomas foliar (2 l.ha⁻¹)



Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas.

Las parcelas estaban compuestas por 8 plantas evaluables cada una, con una separación de dos plantas de borde mas una hilera de separación entre bloques.

El marco de plantación era de dos metros entre plantas por tres entre hileras

El biopreparado de azotobáctera tenía un título de 3×10^9 UFC/ml y se empleó con una dilución 1:10 a razón de 80cc/planta.

La cepa de *Azotobacter chroococcum* utilizada fue aislada de la rizosfera de plantas cafeto y se multiplicó en un medio de cultivo a base de miel final, levadura y CaCO_3 , recomendado por Cupull y Pérez (1992)

El Fitomás consistió en una dilución de extractos orgánico – minerales obtenidos a partir de derivados de la caña de azúcar con la siguiente composición:

Composición	g/l
Extractos orgánicos	150
Nitrógeno	55
Potasio	60
Fósforo	31

En el caso de la urea, se utilizó el producto comercial cuyo contenido de N. era del 46 %. Se diluyó un a razón de 150 g por mochila de 15 l, para obtener una concentración del 1 %

Las aspersiones foliares se realizaron con una mochila de espalda marca “Matabi” que aplica 300 l.ha^{-1} , en cuatro ocasiones: Junio, Septiembre, Enero y Abril

Se evaluó el desarrollo de las plantas en los indicadores; altura y diámetro de la copa, con una regla graduada preparada para este fin y el diámetro del tallo a 10 cm del suelo, con un pie de rey.

Se tomaron muestras foliares, 40 hojas del cuarto par por parcela, las que se enviaron al laboratorio de Barajagua para los análisis correspondientes; se hicieron dos muestreos: uno al comienzo, antes de la aplicación de los productos y el otro al final del ensayo

La producción de café cereza se obtuvo recogiendo las mismas cuando estaban maduras y pesando separadamente cada planta que al sumarlas daba el total por parcela y se convirtió a kg por ha.

El área se mantuvo limpia y atendida agrotécnicamente de acuerdo con las Instrucciones Técnicas para el cultivo (Cuba MINAG 2008)

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Resultados y Discusión.

Composición foliar: En la figura 2 se ofrecen los contenidos de N-P-K de las hojas tomadas antes y después del tratamiento, como puede apreciarse,

la plantación presenta buenos índices foliares característicos de una plantación bien nutrida de acuerdo con los valores obtenidos por Bustamante et. al. (2010) en la región oriental de Cuba, quienes estudiaron la nutrición del café robusta y obtuvieron como valores medios 2.83, 0.18 y 1.39 para N-P-K respectivamente.

No se obtuvieron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos, en ninguno de los elementos analizados.

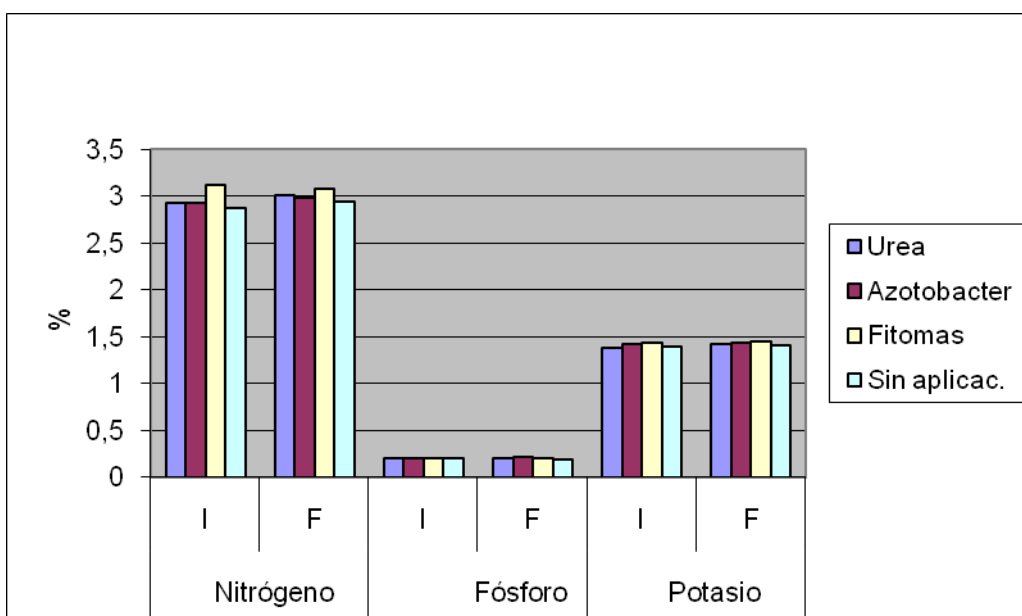


Figura 2 Contenidos de NPK en las hojas

Los índices de desarrollo morfológicos obtenidos a los 19 meses de edad de los cafetos (Tabla2) indican que estos se encontraban bien desarrollados, con una altura que supera el metro con un diámetro de copa muy similar como es característico de esta variedad, de acuerdo con Díaz (2007) y Bustamante et al(2010)

Tabla 2 Desarrollo morfológico de la plantación

Tratamientos	Altura(cm)		Diam.Copa(cm)		Diam. Tallo (cm)	
	I	F	I	F	I	F
Urea	117	187 a	115	183 a	2.77	5.02 a
Azotobacter	122	171 b	121	170 b	2.90	4.37 b
Fitomas	117	175 b	118	168 b	2.86	4.83 a
Sin aplicac.	115	178 b	116	170 b	2.75	4.24 b
Es±	2.39 ns	2.03**	1.69 ns	2.29 **	0.62 ns	0.152 **
Cv %	3.55	3.92	2.53	2.97	3.67	5.73

I= Inicio F = Final

Sin embargo, en la segunda evaluación, a los 30 meses (2 ½ años), la media en altura y diámetro de la copa era de 1.78 y 1.73 m respectivamente, valores muy buenos para el desarrollo de esta variedad según Bustamante (2010), pues esta es una especie de porte alto. Sin embargo, el análisis estadístico muestra un mayor desarrollo a favor de el tratamiento con Urea, donde las plantas fueron mayores en altura, diámetro de copa así como en diámetro del tallo, mientras que en la variante con Fitomas influyó positivamente en el diámetro del tallo solamente, pero no se diferenció significativamente de las variantes con azotobacter y sin tratar, en lo referente a la altura y diámetro de la copa.

Diversos investigadores Carvajal (1984), Valencia (1998), han comprobado que la Urea penetra con facilidad y rapidez en las hojas de las plantas provocando cambios fisiológicos muy positivos y han observado como se estimula el crecimiento y la producción. Rombheld y El- Foul(2002), señalan que la Urea se absorbe en un tiempo de 0.5 a 1 hora, siendo el macronutriente que mas rápido se asimila por las plantas.

Producción de café cereza:

La producción de café cereza, como aparece en la Tabla 3, fue estimulada por la aplicación de Fitomas y la Urea con aumentos del 39 y 31 %

respectivamente, se debe destacar el hecho de que la Urea aporta N que es un componente fundamental de los aminoácidos y se considera que la influye sobre todo en el desarrollo foliar y de acuerdo con Valencia (2008)

El Fitomas no sólo aporta N sino también P y K los que contribuyen a otras funciones importantes como son reacciones de aportes energéticos, formación y transporte de carbohidratos, entre otras. Su acción puede atribuirse a su composición química y biológica, pues de acuerdo con Hernández (2011) contiene varios tipos de aminoácidos y aporta NPK balanceadamente.

La aplicación realizada en Abril, posterior al a floración, pudo complementar la nutrición de las plantas en esta fase, respecto a este tema, Valencia (2008) explica gráficamente los porcentajes y momentos de mayor demanda de nutrientes por los cafetos donde se destacan las fases de pre y pos floración como determinantes para la producción.

El tratamiento con Azotobacter puede aportar fitohormonas importantes para el desarrollo de las plantas según Martínez, citado por Cupull (2006), sin embargo, en este caso no se apreció efecto positivo sobre la producción.

Tabla 3 Producción de Café cereza ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Rendimiento Relativo. (%)
Urea	1264 a	92
Azotobacter	954 b	69
Fitomas	1372a	100
Sin aplicac.	841 b	61
Es±	32.90 ***	
Cv %	5.16	

Debe señalarse que la producción obtenida corresponde primera cosecha o sea un despunte y no todas las plantas se encontraban produciendo a plena capacidad.

Conclusiones:

- No hubo variación en los contenidos de NPK en las hojas como consecuencia de las aplicaciones de los bioestimulantes foliares
- Las aplicaciones de Urea foliar produjeron un mayor crecimiento vegetativo de las plantas.
- El Fitomás también estimuló el incremento del diámetro del tallo.
- En la producción de café cereza el mayor incremento lo produjeron el Fitomás y la Urea, mientras que el azotobacter no tuvo efecto.

Recomendaciones:

- Continuar el estudio por un mayor tiempo
- Hacer valoración económica

Bibliografía

- Andrade, M., Kikuti, A. y Andrade, H. (1997). Reposta do feijoeiro (*Fasíolos vulgaris* L.) a dubacao foliar em solo com baixo teor de fósforo. *Ciencia e Agrotecnologia*, Lavras, 2, 174 – 181.
- Belitaquia, G., Silva, P.M. y Porrent, J.C. (2002). Aplicación foliar de Cay B y componentes de rendimiento y calidad de la semilla de soya. *Ciencia Rural*, 1, 32 – 34.
- Boaretto, R. M., Boaretto, A. E., Murask, T. y Silva, D. H. (2002). Absorcion foliar e Traslacacao do boro em plantas juvenes de citro. In: Reunión Brasileña de Fertilidad de Suelo y Nutrición de Plantas. Rio de Janeiro: SBSCS.
- Bustamante, C. (2010). Sistema de fertilización mineral y biofertilización de *Coffea canephora* Pierre cultivado bajo las condiciones de los macizos Sierra Maestra y Nipe. Baracoa: ECICC.
- Carvajal, F. (1984). Cafeto: Cultivo y Fertilización. Berna: Instituto Internacional de la Potasa.
- Cuba. MINAG. (2003). Situación y perspectiva de la producción del café en el país. La Habana: Ministerio de la Agricultura.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (1987). Instrucciones Técnicas para el Cultivo del Café y Cacao. La Habana: CIDA.
- Cupull, R., y Delgado, C. (2006). Efecto de dos biopreparados y micorrizas en la estimulación de la germinación el control de *Rhizoctonia solani* y el desarrollo de posturas de *Coffea arabica* L. *Centro Agrícola*, 2, 9 – 13.
- Díaz, W., Molina, G. Vázquez, E. y Reyes, R. (2010). Comportamiento morfológico y rendimientos en la primera cosecha de cafetos (*Coffea canephora*, P.) plantados bajo cuatro densidades. *Café y Cacao*, 3, 26-28.
- González, C., Vigoa, P. y Sánchez, C. (1990). Estudio de la necesidad de algunos microelementos en plantaciones de cafeto. Informe final de resultados. Estación Experimental de Suelos y Fertilizantes Escambray. Cienfuegos: manuscrito.

- González, J. A. (2010). La exportación de café cubano (1990-2007). Causas de su disminución y perspectivas. Tesis presentada en opción al grado de Máster, Universidad Agraria, La Habana.
- Lara, C., Komdorfer, W. y Motta, S. A. (2007). Volatilizacao de N – NH₄ na cultura de milho. Efeito da irrigacao e substituicao parcial da careia por sulfato de amonio. Ciencia do solo, 21, 481 – 487.
- Leal, V., Salamanca, J y Sadeghian, S. (2007). Pérdidas de suelo por volatilización en cafetales. Cenicafe, 3, 216 -226.
- Le Riverend, J. (1988). Historia de Cayajabo. La Habana: Academia de Ciencias.
- López, E. (1999). Cultivos de cafeto de la especie Coffea canephora. Pierre ex Froehner: Robusta.
- Martínez Viera, R. y Dibut, B. (2009). Utilización de nuevos paradigmas que permitan profundizar los conocimientos sobre las relaciones suelo – planta en condiciones tropicales. Cultivos Tropicales, 2, 5 – 9.
- Montoya, G. Cristancho, M. y Moncada, M. P. (2006). Análisis de secuencias de genes de Coffea arabica var. Caturra. Cenicafé, 2, 79-87.
- Nosti, J. (1970). Cacao y Café: La fertilización. La Habana: Revolucionaria.
- Ordóñez, S., Quintero, E. y Larrohondo, E. (2008). Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de N por volatilización en suelos del valle del Cauca, Carta trimestral. Cenicaña, 2, 4 – 9.
- Pérez de la Riva, F. (1984). El Café. Historia de su cultivo y explotación. La Habana: Jesús Montero.
- Primera Jornada Científica de Sanidad Vegetal- Cienfuegos. Cienfuegos: Ministerio de la Agricultura.
- Ramírez, E. (2008). Cultivo y Fertilización del cafeto en Costa Rica. San José: Instituto del Café.
- Rena, A., Malavolta, E. y Rocha, M. (2008). Cultura do cafeeiro. Factores que afetam a produtividade. Asscicao Brasileira para Pesquisas da Potasa e do Fosfato: PIRACICABA.

- Sánchez, C. (2001). Efecto de diferentes fuentes de abonos verdes sobre el desarrollo de las posturas de café en un suelo pardo gleyzoso. Centro Agrícola, 4, 35-39.
- Valencia, G. (2008). Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto. CENICAFE, 2, 10 – 15.
- _____. (1998). Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo.

Tabla 2 Contenidos de N P K en las hojas (%)

Tramamiento	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	I	F	I	F	I	F
Urea	2.93	3.01	0.20	0.21	1.38	1.42
Azotobacter	2.93	2.98	0.21	0.22	1.42	1.43
Fitomas	3.12	3.08	0.21	0.21	1.44	1.45
Sin aplicac.	2.87	2.94	0.20	0.19	1.40	1.41
Es±	0.064 ns	0.056ns	0.008 ns	0.007ns	0.052 ns	0.059ns
Cv %	3.77	3.80	6.95	6.41	6.65	6.74

I= Inicio F= Final