

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE HUMATO DE POTASIO EN ALMÁCIGO DE CAFÉ EN TUBETE
TESIS DE GRADO

GABRIELA LUZ MARÍA VALENZUELA FAJARDO
CARNET 23511-10

ESCUINTLA, OCTUBRE DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE HUMATO DE POTASIO EN ALMÁCIGO DE CAFÉ EN TUBETE
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
GABRIELA LUZ MARÍA VALENZUELA FAJARDO

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA

ESCUINTLA, OCTUBRE DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULLIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

Guatemala, 10 de octubre 2018

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Presente

Honorables Miembros:

Por este medio informo a ustedes que he asesorado a la estudiante Gabriela Luz María Valenzuela Fajardo, carné: 23511-10, en la elaboración de su tesis de grado titulada: **"EVALUACIÓN DE HUMATO DE POTASIO EN ALMÁCIGO DE CAFÉ EN TUBETE"**.

Considero que la misma cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar, por lo que tiene mi visto bueno y sugiero se proceda a la publicación de la misma.

Sin otro particular,

Atentamente



Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz

Asesor

Código URL 21767



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 061036-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante GABRIELA LUZ MARÍA VALENZUELA FAJARDO, Carnet 23511-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06188-2018 de fecha 6 de octubre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE HUMATO DE POTASIO EN ALMÁCIGO DE CAFÉ EN TUBETE

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de octubre del año 2018.

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios: por darme el don de la vida, por guardar cada uno de mis pasos, por sus inmensas bendiciones y por brindarme la sabiduría para ser mejor cada día.

Mi mamá: por su amor, por su entrega invaluable al formarnos con valores para ser personas de bien y por sus oraciones cada día. ¡Gracias por creer en mí, mamita!

Mis hermanos: por su amor, su apoyo incondicional y por creer en mí. Son mi dúo favorito.

Mi familia: por su cariño y su presencia en mi vida, donde he aprendido que el valor de la familia y la esencia se expresan con las convivencias.

Universidad Rafael Landívar: por proveerme de mayores conocimientos y las herramientas necesarias para mi formación profesional.

Mis catedráticos: por los conocimientos transmitidos y el apoyo durante mis estudios universitarios. Especial agradecimiento a Ing. Raúl Alfaro por asesorarme en la elaboración y ejecución del trabajo final.

Mis amigos: por ser parte importante de mi formación profesional, crecimiento personal y por su cariño incondicional.

Pegón Piloncito: por abrirme las puertas de sus instalaciones y permitirme desarrollar la evaluación. En especial a Ing. Héctor Ramazzini por su apertura y a Ing. Walter Girón por su apoyo y asesoría en el transcurso de la evaluación.

DEDICATORIA

A

DIOS Todopoderoso que me dio la vida y guía cada uno de mis días.

MI MADRE Alicia Fajardo, este logro es de ambas. Porque su apoyo y amor han sido incondicionales.

MI PADRE Ely Valenzuela, porque sé que celebra en el cielo. Gracias por su amor papito.

MIS HERMANOS José y María, por su amor y apoyo sin condición. Por exhortarme a continuar y alcanzar mis metas.

MI FAMILIA Por su amor y apoyo en los momentos complicados, y por las alegrías compartidas.

MIS AMIGOS Por impulsarme a lograr mis metas, por su cariño y amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. BOTÁNICA DEL CAFÉ.....	3
2.2. MORFOLOGÍA DEL CAFÉ.....	4
2.2.1. Morfología de la variedad Sarchimor	4
2.3. CLIMA Y SUELO REQUERIDOS POR EL CAFÉ	4
2.4. ALMÁCIGO DE CAFÉ	5
2.4.1. Almacigo en bolsa.....	6
2.4.2. Almacigo al suelo.....	7
2.4.3. Almacigo en tubete	7
2.5. SUSTRATO	8
2.5.1. Turbas.....	8
2.5.2. Materia orgánica	9
2.6. SUSTANCIAS HÚMICAS	9
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	11
IV. OBJETIVOS.....	13
4.1. GENERAL	13
4.2. ESPECÍFICOS	13
V. HIPÓTESIS.....	14
VI. METODOLOGÍA.....	15
6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	15
6.1.1. Condiciones climáticas	16
6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL	16
6.3. FACTOR ESTUDIADO.....	16
6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	16
6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	17
6.6. MODELO ESTADÍSTICO	17

6.7.	UNIDAD EXPERIMENTAL	17
6.8.	CROQUIS DE CAMPO.....	17
6.9.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	18
6.9.1.	Preparación del sustrato y tubetes.....	18
6.9.2.	Trasplante a tubete	18
6.9.3.	Fertilización.....	18
6.9.4.	Aplicaciones de humato de potasio	19
6.9.5.	Manejo fitosanitario.....	19
6.9.6.	Toma de datos	19
6.10.	VARIABLES RESPUESTA.....	19
6.10.1.	Altura de planta	19
6.10.2.	Diámetro de tallo	19
6.10.3.	Biomasa radicular fresca y seca.....	20
6.10.4.	Rendimiento de biomasa aérea verde y seca.....	20
6.11.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	20
6.11.1.	Análisis estadístico	20
6.11.2.	Análisis económico.....	20
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
7.1.	ALTURA DE PLANTA	21
7.2.	DIÁMETRO DE TALLO	23
7.3.	PESO FRESCO DE RAÍCES	25
7.4.	PESO FRESCO DEL FOLLAJE	27
7.5.	PESO SECO DE RAÍCES	29
7.6.	PESO SECO DEL FOLLAJE	31
7.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	34
VIII.	CONCLUSIONES	35
IX.	RECOMENDACIONES.....	36
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.	16
Tabla 2. Valores medios de altura de plantas (cm) de café.....	21
Tabla 3. Resumen del análisis de varianza para altura de planta.	21
Tabla 4. Prueba de medias DGC para altura de plantas (cm).....	22
Tabla 5. Valores medios del diámetro de tallo (mm).	23
Tabla 6. Resumen del análisis de varianza para el diámetro del tallo.	23
Tabla 7. Prueba de medias DGC para diámetro del tallo (mm).....	24
Tabla 8. Valores medios de peso fresco de las raíces (g).....	25
Tabla 9. Resumen del análisis de varianza para el peso fresco de las raíces (g).	26
Tabla 10. Prueba de medias DGC para peso fresco de las raíces.....	26
Tabla 11. Valores medios de peso fresco del follaje (g).	27
Tabla 12. Resumen del análisis de varianza para peso fresco del follaje.	28
Tabla 13. Prueba de medias DGC para peso fresco del follaje.....	28
Tabla 14. Valores medios de peso seco de las raíces (g).	29
Tabla 15. Resumen del análisis de varianza para peso seco de las raíces (g).	30
Tabla 16. Prueba de medias DGC para peso seco de las raíces (g).....	30
Tabla 17. Valores medios de peso seco del follaje (g).	31
Tabla 18. Análisis de varianza para peso seco del follaje (g).....	32
Tabla 19. Prueba de medias DGC para peso seco del follaje.	32
Tabla 20. Costo unitario por planta producida por tratamiento.....	34
Tabla 21. Análisis económico por planta producida por tratamiento.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Almacigo de café en bolsa.	5
Figura 2. Almacigo de café en tubete.	6
Figura 3. Localización de la finca.	15
Figura 4. Croquis de campo.	18
Figura 5. Medias para altura de plantas (cm)	22
Figura 6. Medias para diámetro de tallo (mm)	25
Figura 7. Medias para peso fresco de raíces (g).	27
Figura 8. Medias para peso fresco del follaje (g).....	29
Figura 9. Medias para peso seco de raíces (g).	31
Figura 10. Medias para peso seco del follaje (g).....	33

EVALUACIÓN DE HUMATO DE POTASIO EN ALMÁCIGO DE CAFÉ EN TUBETE

RESUMEN

La evaluación se realizó en la finca Pegón Piloncito, ubicada en Villa Canales, empresa que se dedica a la producción de almácigo de café en tubete. El objetivo de la evaluación fue determinar el efecto de una fuente de humato de potasio en tres diferentes dosis, sobre la producción de plántulas de café en tubete. Los tratamientos evaluados fueron 12.5, 6.25 y 3.125 g/litro distribuidos en 5 aplicaciones; un testigo comercial sin aplicaciones de sustancias húmicas y el testigo absoluto sin fertilización. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental estuvo constituida por 25 plantas en tubete. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, biomasa radicular fresca y seca, biomasa aérea, y la rentabilidad de los tratamientos. Según los datos obtenidos en la investigación, se determinó estadísticamente con análisis de varianza ($P0.05$) que se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para todas las variables. Con base en el análisis económico, la mayor rentabilidad se obtuvo con el tratamiento comercial, con 90.72%.

I. INTRODUCCIÓN

La riqueza climática de Guatemala provee de gran variedad de microclimas, su particular relieve montañoso le confiere zonas de laderas y tierras altas con diferentes patrones de lluvias.

Los diferentes tipos de suelos hacen posible la producción de cafés diversos de muy alta calidad; teniendo la ventaja de poder elaborar diferentes mezclas de cafés según sea requerido en el mercado.

Guatemala ocupa el séptimo lugar en producción de café a nivel mundial. El grano totalizó US\$ 714.5 millones en las exportaciones del año 2013, siendo el tercer rubro de los productos más importantes con una participación del 7% (BANGUAT, 2014).

Los principales productos del sector cafetalero son café verde, café tostado y bebidas de café, representando 4% del producto interno bruto –PIB- guatemalteco en 2014. Guatemala exportó principalmente a EE.UU. (40%), Europa (30%) y Japón; el consumo interno es aún muy bajo, ya que se exporta alrededor del 98% de la producción nacional (BANGUAT, 2014).

Según Irigoyen (1997), la productividad de un cafetal es el resultado de una adecuada combinación de factores genéticos y tecnológicos (manejo) de la plantación con el ambiente del lugar escogido para el establecimiento. Un buen almácigo es parte del éxito de la futura plantación.

Una planta lista para el trasplante debe tener buena biomasa radicular, libre de enfermedades, raíces blancas, con puntos de crecimiento nuevos, pelos absorbentes, raíz principal recta y unitaria, entre otros; además, un grosor de tallo adecuado, hojas bien formadas, sanas y de buena coloración.

Uno de los problemas frecuentes en el almácigo de café es la heterogeneidad de las plantas al momento del trasplante a campo definitivo, ya que deben seleccionarse las mejores para que exista un buen desarrollo en el campo. El proceso de selección genera mayores costos por empleo de mano de obra; además, la pérdida de plantas por no cumplir los requerimientos deseados incrementa el costo por planta producida. Los humatos de potasio, llamados sustancias húmicas, mejoran las características físico-químicas de los suelos, tales como mayor capacidad de retención de humedad, aumentan la capacidad de intercambio catiónico y la porosidad del suelo, proporcionando un ambiente propicio para el desarrollo radicular y por ende, la parte aérea de las plantas.

En la presente investigación se evaluó el efecto de la aplicación de tres dosis de un humato de potasio, como mejorador de las condiciones físico-químicas del sustrato, en almácigo de café variedad Sarchimor, injertado y producido en tubete, buscando contribuir a la homogeneidad del almácigo. La investigación se realizó en la finca Pegón Piloncito, ubicada en el municipio de Villa Canales, Guatemala.

Según los datos obtenidos en la investigación, se determinó estadísticamente con análisis de varianza ($P0.05$) que se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para todas las variables. Con base en el análisis económico, la mayor rentabilidad la obtuvo el tratamiento comercial con 90.72%.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. BOTÁNICA DEL CAFÉ

El café (*Coffea arabica* L.) pertenece a la familia Rubiaceae, es un arbusto perenne originario de Etiopía (ANACAFE, 2006). Dicha familia de plantas tiene unos 500 géneros y más de 6,000 especies. La mayoría son árboles y arbustos tropicales que crecen en la capa más baja de los bosques (ICO, 2015).

Las variedades más conocidas son Typica y Borbón, pero a partir de éstas se han desarrollado muchas cepas y cultivares diferentes, como son el Caturra (Brasil, Colombia), el Mundo Novo (Brasil), el Tico (América Central), el San Ramón enano y el Jamaican Blue Mountain. El cafeto normal de arábica es un arbusto grande con hojas ovaladas verde oscuro. Es genéticamente diferente de otras especies de café, puesto que tiene cuatro series de cromosomas en vez de dos. El fruto es ovalado y tarda en madurar de siete a nueve meses. Contiene habitualmente dos semillas aplastadas (los granos de café); cuando sólo se desarrolla una semilla se llama grano caracol. El café arábica es a menudo susceptible a plagas y enfermedades, por lo cual la obtención de resistencia es uno de los principales objetivos de los programas de mejora vegetal. El café arábica se cultiva en toda Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y un poco en Indonesia (ICO, 2015).

Las dos especies más importantes de café desde el punto de vista económico son el *Coffea arabica* (café arábica), que supone más del 60% de la producción mundial – y el *Coffea canephora* (café robusta). Otras dos especies que se cultivan en mucha menor escala son el *Coffea liberica* (café libérica) y el *Coffea dewevrei* (café excelsa) (ICO, 2015).

2.2. MORFOLOGÍA DEL CAFÉ

El cafeto es una planta gimnosperma, leñosa, perennifolia, de producción bianual que prefiere crecer bajo sombra (Gómez, 2010).

Las primeras flores son producidas después de un año de edad, éstas son de color blanco cremoso y de aroma dulce, aparecen en racimos en las axilas de las hojas, la corola mide cerca de 20 mm de longitud, que en la parte más alta se divide en cinco pétalos (Clarke y Macrae, 1985, citados en Temis-Pérez, López-Malo y Sosa-Morales (2011). Después de que las flores se marchitan, los ovarios poco a poco se convierten en drupas ovaladas de hasta 18 mm de longitud y 10-15 mm de diámetro, éstos se convierten en lo que será más adelante el grano de café.

2.2.1. Morfología de la variedad Sarchimor

Plantas de porte intermedio, de estructura compacta de forma cónica, con altura de 1.90 a 2.40 metros, las bandolas forman un ángulo de 50 a 55 grados con el eje central, largo de bandolas de 0.90 a 1.20 metros, con entrenudos cortos. Los Sarchimores son de brote verde o bronce o ambos según la línea, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y media altura (ANACAFE, 2013).

2.3. CLIMA Y SUELO REQUERIDOS POR EL CAFÉ

Se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 hasta 3000 mm anuales. La distribución de la precipitación es en función del ciclo de la planta. Podemos decir que el cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano. Si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura desde 17 °C hasta un máximo de 27 °C en el año (Infoagro, s.f.).

2.4. ALMÁCIGO DE CAFÉ

El sistema actual de propagar el café por medio de plantas obtenidas de semilla en las plantaciones cafetaleras, incluye el sembrar las semillas en almácigos especiales, donde las plantas serán cuidadas hasta que se les trasplante en el campo. Si es posible se utiliza tierra virgen para minimizar las enfermedades. El material de siembra se selecciona cuidadosamente en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones locales, lo mismo que por su capacidad de alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y demás criterios. Cuando las plantas alcanzan una altura de 15 a 20 cm, o sea aproximadamente de seis a ocho meses después de la siembra, las plantas están listas para su trasplante (Infoagro, s.f.).

Aspectos que deben tomarse en cuenta para hacer un almácigo:

- a. De fácil acceso.
- b. Cercano a los semilleros.
- c. Topografía plana o moderadamente inclinada.
- d. Con disponibilidad de riego.
- e. Protección contra vandalismo, daño por animales y viento.

Tradicionalmente se han utilizado dos sistemas de almácigo: uno en bolsas de polietileno (Figura 1) y el otro en suelo (ANACAFE, 2006).



Figura 1. Almácigo de café en bolsa.

Ambos sistemas tradicionales presentan problemas, ya que se necesitan grandes extensiones de terreno, con las condiciones necesarias para el desarrollo eficaz de las plantas y con el sistema de bolsas se tiene el riesgo de contaminación del ambiente sino se reciclan de la forma adecuada (Herrera, García y Ure, 2015).

Como medida sustitutiva de la bolsa para almácigo, se ha empezado a utilizar “tubete” (Figura 2) de polietileno de alta densidad (rígido) como nueva tecnología para hacer más eficiente el proceso.



Figura 2. Almácigo de café en tubete.

Según ANACAFÉ (2006), la planta de café debe reunir ciertas características que son de importancia básica, que se indican a continuación.

- a. Tallo recto, vigoroso y sano.
- b. Plantas de dos a cuatro cruces.
- c. Follaje abundante y sano.
- d. El sistema radicular abundante y bien distribuido, mostrando la raíz pivotante sin deformaciones.

2.4.1. Almácigo en bolsa

La bolsa más adecuada es la de polietileno negro, perforada, de las siguientes medidas: de 3 milésimas de grosor y de 6 x 8 ó de 7 x 10 pulgadas, para una postura, y de 6 x 10 ó de 8 x 10, para dos posturas (ANACAFÉ, 2006).

Cada bolsa tiene un volumen significativo, por lo tanto el peso de cada una de ellas, al momento del trasplante en zonas poco accesibles complica mucho más la labor.

2.4.2. Almácigo al suelo

Según ANACAFÉ (2006), el sistema de siembra de los cafetos directamente al suelo, en tablones, es factible y muchas fincas en Guatemala lo prefieren y lo hacen con excelentes resultados, especialmente en la zona cafetalera del oriente del país. Se recomienda este sistema, si se pueden tener las condiciones siguientes:

- a. Personal técnico y de campo que debe estar suficientemente capacitado en el manejo del almácigo.
- b. Dar todos los pasos de la hechura y manejo, de acuerdo con un programa definido.
- c. Poner especial atención a la preparación de los cafetos para su trasplante al campo. El vigor vegetativo del tallo, ramas y hojas debe guardar relación con el crecimiento de las raíces. Las raíces merecen un cuidado especial para el trasplante, mayormente si se aplica la práctica de poda.

2.4.3. Almácigo en tubete

Una innovación en la tecnología convencional de producción de almácigos es la utilización de tubetes de polietileno de alta densidad, de los cuales se han realizado diversos ensayos, para determinar la mejor manera de producir una planta vigorosa (Blandón, 2008).

Este sistema de producción de almácigos es muy eficiente, ya que reduce el tiempo, la cantidad de sustrato y los tubetes poseen una vida útil mayor que la bolsa, por lo que reduce la contaminación ambiental al ser reutilizado hasta siete veces (Herrera, *et al.*, 2015).

2.5. SUSTRATO

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta (Infoagro, s.f.).

La caracterización de las propiedades físico-químicas de los sustratos (medios de crecimiento) es crucial para su uso efectivo y condiciona en gran medida el potencial productivo de las plantas, pues constituye el medio en que se desarrollan las raíces, las cuales tienen gran influencia sobre su crecimiento y desarrollo (Portal del Agro, 2015).

Existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, la época, los sistemas de propagación, el precio, la disponibilidad y las características propias del sustrato (Portal del Agro, 2015).

2.5.1. Turbas

Son materiales orgánicos (de origen natural) que están sometidos a descomposición biológica. Las turbas son fundamentalmente vegetales fosilizados.

Strasburger (citado en Cadahía, 2005) ha señalado que este material orgánico de origen natural está formado por restos de musgos y de otras plantas superiores, que se hayan en proceso de carbonización lenta, fuera del contacto con el oxígeno, por lo que conserva largo tiempo su estructura anatómica.

La turba fuertemente descompuesta o turba negra, de color oscuro, es la turba más antigua y ocupa los estratos inferiores. La congelación natural de estas turbas negras durante la estación fría (-5 °C durante al menos tres días) mejora sus propiedades y las hace muy adecuadas para la preparación de sustratos. La congelación del agua en la

masa de turba provoca la disgregación de las sustancias coloidales, resultando en una estructura más suelta y en un incremento del volumen poroso total, de la capacidad de retención de agua y de la aireación (Cadahía, 2005).

2.5.2. Materia orgánica

Es recomendable el uso de materia orgánica como fuente de nutrientes naturales, y para ello se recomienda que esté totalmente descompuesta, seca y desmenuzada (ANACAFÉ, 2006).

2.6. SUSTANCIAS HÚMICAS

Desde la más remota antigüedad se ha considerado a la materia orgánica (MO) del suelo como un factor esencial para la fertilidad del mismo, por sus numerosas cualidades beneficiosas. A ella pertenece un grupo de sustancias que en razón de sus propiedades han sido objeto de numerosas investigaciones, representando la parte mayoritaria de la materia orgánica (Stevenson, 1994; citado por Oliver, 2009). Se las denomina *sustancias húmicas* (SH) y a pesar que en la actualidad aún no se ha logrado establecer de forma definitiva su estructura, son de sobra conocidos y documentados sus efectos positivos (Hayes, 1991; citado por Oliver, 2009). Efectos, que si bien en un principio fueron atribuidos a la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (efectos indirectos), en las últimas décadas, también se ha propuesto una influencia directa en el crecimiento y nutrición vegetal, incrementando así la productividad de los cultivos.

Sequi (citado en Montero, 1999) mencionó algunos efectos favorables ejercidos por las sustancias húmicas en las propiedades del suelo. Un ejemplo es la estructura, la cual está determinada tanto por la materia orgánica como por los microorganismos. El balance de las sustancias húmicas en la solución del suelo es a menudo deficiente, por lo cual la adición de sustancias húmicas, puede ser efectiva. Las sustancias húmicas, producto final de la degradación de lignina, son moléculas poliméricas que contienen

proteínas y carbohidratos ligados a su estructura; la importancia ecológica que poseen estas sustancias es la conexión de los ciclos de los elementos, principalmente carbono, nitrógeno, fósforo y azufre (Swain, 1978; Stevenson, 1986; Condron *et al.*, 1993; citados por Montero, 1999).

Las sustancias húmicas actúan como agentes oxidantes o reductores de las condiciones y así alteran las propiedades químicas del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de las sustancias tiene significado práctico, se ha logrado deducir relaciones entre la magnitud de la CIC y el grado de humificación. Se han logrado valores de CIC que van de 150 a 450 meq/100 g de sustancias húmicas (Kazutate y Kamaguchi, 1964; Flaig *et al.*, 1975; citados por Montero, 1999).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En la producción de almácigo de café es importante hacer un uso racional de los recursos que se tienen en la finca y aplicar un manejo adecuado para lograr la mayor homogeneidad de plantas, que sean aptas para trasplante al campo definitivo y con esto la producción futura sea uniforme; esto también permite facilitar las labores de manejo en el cultivo ya establecido.

En los almácigos convencionales, donde no se tiene un cuidado riguroso, debe producirse un mayor porcentaje de plantas de lo que realmente se requiere en campo, ya que no todas son aptas para trasplante, por no cumplir con las características requeridas. Esto conlleva a un mayor uso de materiales, insumos y mano de obra, que se ven reflejados en el costo elevado por planta trasladada a campo definitivo.

Actualmente en el almácigo de la finca Pegón Piloncito se producen plantas de café, pero el desarrollo no es totalmente homogéneo, lo que implica tener que seleccionar las plantas que serán comercializadas y esperar que las no seleccionadas lleguen al estado apto o ser desechadas. La heterogeneidad de las plantas depende de muchos factores como fertilización, nivel de compactación del sustrato, contaminación, disponibilidad de los componentes de la mezcla, entre otros.

En la búsqueda de alternativas para incrementar la producción homogénea de café en tubetes, se han realizado evaluaciones de diferentes proporciones de materias primas para la composición del sustrato, obteniendo mejoras sustanciales en la homogeneidad y calidad de las plantas producidas.

En la presente investigación se evaluaron tres diferentes dosis de humato de potasio, buscando incrementar la capacidad de intercambio catiónico, la retención de humedad

y disminuir la variación en el aporte físico-químico del mismo. Y con esto, lograr obtener una mayor uniformidad y calidad en las plantas producidas, reduciendo costos.

IV. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de humato de potasio para la producción de almácigo de café (*Coffea arabica*) en tubete, en la finca Pegón Piloncito, Villa Canales, Guatemala.

4.2. ESPECÍFICOS

- Cuantificar el efecto de la aplicación del humato de potasio en la altura de las plantas.
- Estimar el efecto de la aplicación del humato de potasio en el diámetro de los tallos.
- Cuantificar el efecto de la aplicación del humato de potasio en la biomasa radicular, fresca y seca de las plantas.
- Estimar el efecto de la aplicación del humato de potasio en la biomasa aérea de las plantas.
- Determinar la rentabilidad económica de las aplicaciones de humato de potasio.

V. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los tratamientos dará como resultado mayor altura de plantas.
- Al menos uno de los tratamientos incidirá en el mayor diámetro de los tallos.
- Al menos uno de los tratamientos provocará mayor biomasa radicular en las plantas.
- Al menos uno de los tratamientos dará como resultado una mayor biomasa aérea en las plantas.
- Al menos con uno de los tratamientos se obtendrá una mayor rentabilidad.

VI. METODOLOGÍA

6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La finca Pegón Piloncito se localiza en la aldea El Jocotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala, a 6.5 kilómetros del desvío principal, ubicado en el kilómetro 36.5 de la carretera Guatemala-El Salvador (CA1) (Figura 3).

Está ubicada a una altitud de 1077 msnm y en las coordenadas geográficas 14° 20' 36.5" latitud norte (respecto al Ecuador) y 90° 30' 31.74" longitud oeste (respecto al meridiano de Greenwich).

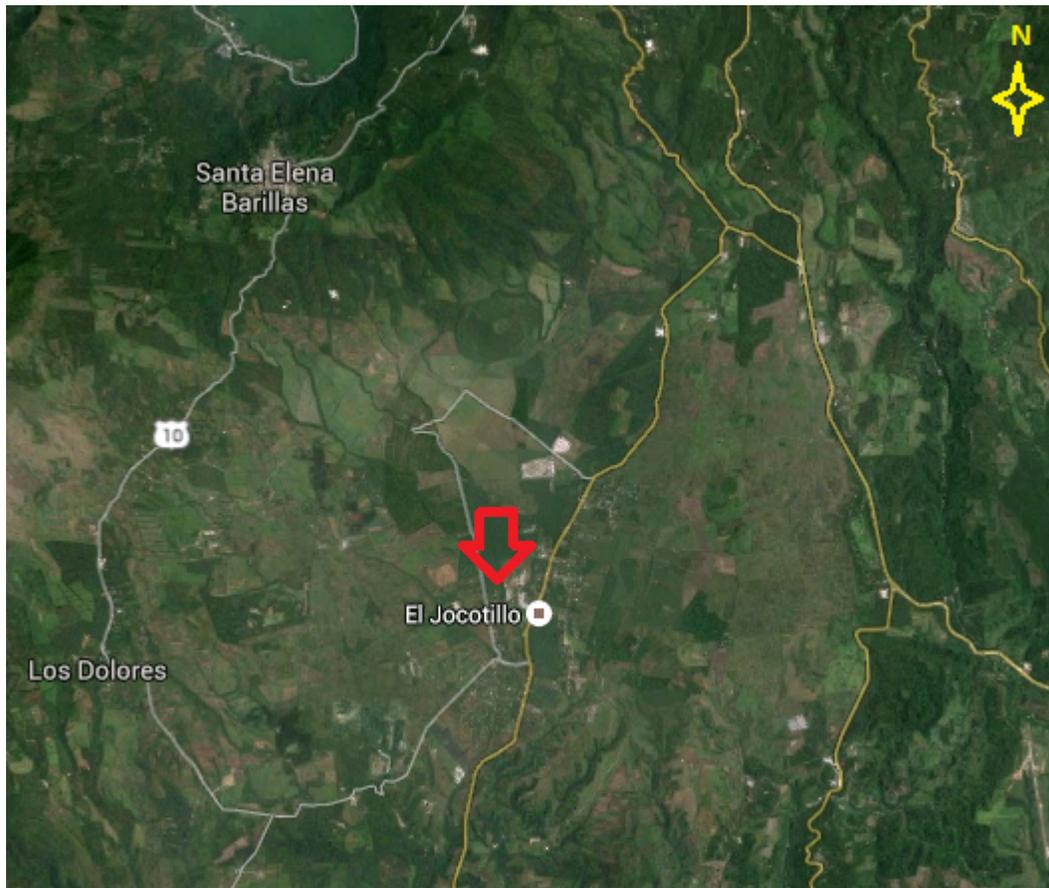


Figura 3. Localización de la finca.

6.1.1. Condiciones climáticas

Se presenta una precipitación pluvial promedio de 1285 mm anuales; la temperatura fuera de invernadero oscila, por ser un área ecotonal, entre 16-36 °C y de 19-42 °C dentro de los invernaderos. La humedad relativa fluctúa entre 30-60% fuera de invernaderos y de 37-92% dentro de invernaderos.

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

La evaluación se realizó en plantas de café (*Coffea arabica*) injertadas; porta injerto Nemaya, injerto Sarchimor, producidas en tubete de 250 centímetros cúbicos de capacidad, utilizando el sustrato de la finca (fibra de coco y peat moss).

6.3. FACTOR ESTUDIADO

Se estudió un solo factor: dosis de humato de potasio.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

La investigación se realizó con cinco tratamientos, los cuales se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Dosis / Aplicación	Dosis Total
T1	2.5 gramos/litro	12.5 gramos
T2	1.25 gramos/litro	6.25 gramos
T3	0.625 gramos/litro	3.125 gramos
T4	Testigo relativo (sin humato de potasio)	--
T5	Testigo absoluto (sin fertilización mineral)	--

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Tratamientos (t) = 5

Repeticiones (r) = 4

Unidades Experimentales = (t*r) = (5*4) = 20

6.6. MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria que representa la observación i-ésima del j-ésimo bloque.

μ = Efecto constante, común a todos los niveles. Media global.

T_i = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor principal.

B_j = El efecto producido por el nivel j-ésimo del factor secundario o factor de bloque.

E_{ij} = Error experimental en la unidad j del tratamiento i.

6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por 25 plantas en tubete.

6.8. CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en la figura 4.

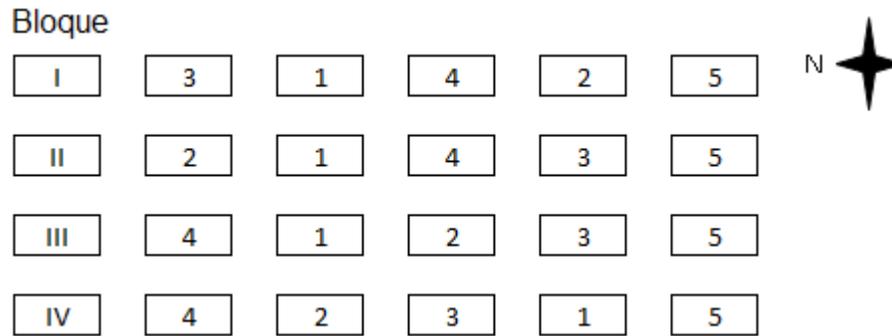


Figura 4. Croquis de campo.

Referencia:

T1= 2.5 g/l por aplicación

T2= 1.25 g/l por aplicación

T3= 0.625 g/l por aplicación

T4= Testigo relativo

T5= Testigo absoluto

6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1. Preparación del sustrato y tubetes

Se realizó la preparación del sustrato, utilizando peat moss y fibra de coco. Se llenaron los tubetes con la mezcla.

6.9.2. Trasplante a tubete

Se realizó el trasplante de las plántulas previamente injertadas, a los tubetes.

6.9.3. Fertilización

Se realizaron semanalmente fertilizaciones foliares complementarias de elementos menores (según el plan de fertilización de la finca, que no se detalla por políticas de la empresa).

6.9.4. Aplicaciones de humato de potasio

El humato de potasio fue aplicado manualmente una vez/mes, utilizando medidores volumétricos para hacer la aplicación tronqueada de las diferentes dosis.

- Aplicación 1: 8 días después del trasplante
- Aplicación 2: 38 días después del trasplante
- Aplicación 3: 68 días después del trasplante
- Aplicación 4: 98 días después del trasplante
- Aplicación 5: 120 días después del trasplante

6.9.5. Manejo fitosanitario

En toda el área experimental se hizo el manejo fitosanitario normal de la finca, para que fuera lo más homogéneo posible y que no se detalla por las políticas de la empresa.

6.9.6. Toma de datos

Se realizaron mediciones de las variables requeridas, a los 151 días después del trasplante.

6.10. VARIABLES RESPUESTA

6.10.1. Altura de planta

Se tomó la altura en centímetros desde la base del tallo hasta el ápice de cinco plantas por unidad experimental, tomadas al azar y se promedió el resultado. Se utilizó una regla milimetrada.

6.10.2. Diámetro de tallo

Se midió con un vernier (milímetros), tomando el dato a un cm de altura desde la base del sustrato. Las plantas muestreadas fueron cinco por tratamiento, tomadas al azar y se promedió el resultado.

6.10.3. Biomasa radicular fresca y seca

Se midió al finalizar el ensayo (g/planta); para ello se hizo un muestreo destructivo de cinco plantas por unidad experimental, tomadas al azar.

6.10.4. Rendimiento de biomasa aérea verde y seca

Se hizo la medición al finalizar el ensayo (g/planta); para ello se hizo un muestreo destructivo de cinco plantas por unidad experimental, tomadas al azar.

6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1. Análisis estadístico

Los datos de las variables respuesta se sometieron a un análisis de varianza -ANDEVA- y a los datos que presentaron diferencia significativa, se les realizó prueba de medias, por el método de DGC al 5% de error.

6.11.2. Análisis económico

Para el análisis económico se determinó la rentabilidad de cada tratamiento, tomando en cuenta los costos de cada uno.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = (\text{BE}/\text{CT}) * 100$$

Donde:

BE = Beneficio Económico (Ingresos – CT)

CT = Costo Total

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos se tomaron en la parcela neta, a los 151 días después del trasplante (21.5 semanas).

7.1. ALTURA DE PLANTA

Los valores de altura de las plantas fueron medidos desde la base del tallo hasta el ápice, haciendo uso de una regla graduada. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 2. Valores medios de altura de plantas (cm) de café.

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1	28.10	31.30	33.30	31.90
T2	26.20	29.90	26.60	32.10
T3	24.60	27.30	29.70	30.50
T4	26.10	29.20	28.00	28.00
T5	13.60	12.30	10.30	12.20

Para determinar si existía diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, se presenta en la tabla 3, un resumen del análisis de varianza (Andeva) realizado.

Tabla 3. Resumen del análisis de varianza para altura de planta.

F.V.	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor	C.V. (%)
Tratamiento	4	933.94	233.49	66.07	<0.0001 **	7.35
Bloque	3	27.42	9.14	2.59	0.1016 NS	
Error	12	42.40	3.53			
Total	19	1003.77				

** diferencia altamente significativa
NS = diferencia no significativa

El análisis de varianza realizado a los valores de altura de planta reflejó diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 7.35% lo que indica un alto grado de confianza en el manejo del experimento y de la variable en discusión; por lo tanto, se realizó la prueba múltiple de medias DGC, la cual se muestra en la tabla 4, con el propósito de definir qué tratamientos son los que más favorecieron la altura de plantas.

Tabla 4. Prueba de medias DGC para altura de plantas (cm).

Tratamiento	Altura (cm)	Grupo DGC *
T1	31.15	A
T2	28.70	A
T3	28.03	A
T4	27.83	A
T5	12.10	B

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba de medias no refleja diferencia significativa entre los tratamientos 1, 2, 3 y 4, con medias de 31.15, 28.70, 28.03 y 27.83 cm respectivamente, que forman un grupo; pero sí existe diferencia significativa con el tratamiento 5, cuya media fue de 12.10 cm.

Se observó además, tendencia a incrementar la altura de planta conforme se incrementó la dosis de humato de potasio (Figura 5).

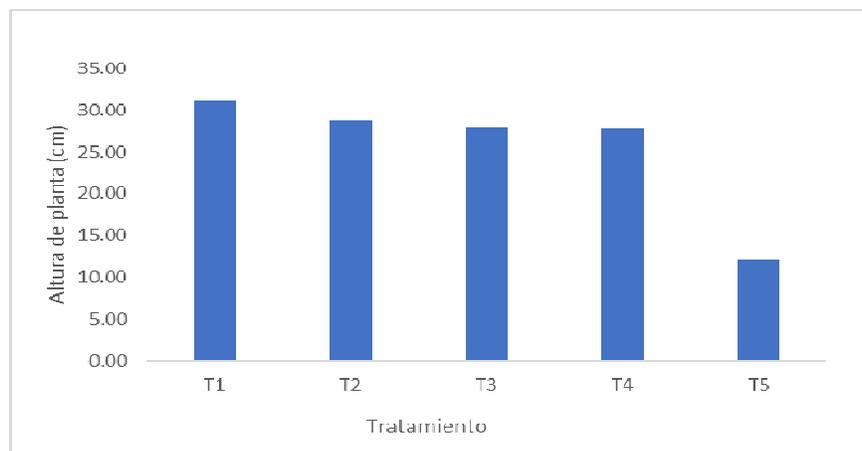


Figura 5. Medias para altura de plantas (cm)

7.2. DIÁMETRO DE TALLO

De acuerdo con la metodología propuesta, de medir la base del tallo con calibrador vernier, se tomaron las medidas del diámetro de tallo, datos que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Valores medios del diámetro de tallo (mm).

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1	6.24	5.50	5.26	5.86
T2	5.44	5.46	4.96	5.50
T3	4.96	4.82	6.16	4.66
T4	5.56	4.82	5.30	5.50
T5	4.08	4.08	2.98	3.78

Para determinar si existía diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar el análisis de varianza, un resumen del mismo se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Resumen del análisis de varianza para el diámetro del tallo.

F.V.	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor	C.V. (%)
Tratamiento	4	9.35	2.34	9.51	0.0011 **	9.83
Bloque	3	0.35	0.12	0.47	0.7085 NS	
Error	12	2.95	0.25			
Total	19	12.65				

** diferencia altamente significativa

NS = diferencia no significativa

Según el análisis de varianza realizado para diámetros de tallo, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 9.83%, que indica un alto grado de confianza en el manejo del

experimento y de la variable en discusión; por lo tanto, se aceptó la hipótesis planteada y se realizó la prueba múltiple de medias DGC (Tabla 7) para determinar esas diferencias.

Tabla 7. Prueba de medias DGC para diámetro del tallo (mm).

Tratamiento	Diámetro (mm)	Grupo DGC *
T1	5.72	A
T2	5.34	A
T4	5.30	A
T3	5.15	A
T5	3.73	B

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba múltiple de medias dio como resultado la formación de dos grupos; el grupo “A” conformado por los tratamientos 1, 2, 4, 3 con valores medios de 5.72, 5.34, 5.30 y 5.15 mm respectivamente, no presentando diferencia estadística significativa entre ellos y el tratamiento 5, con un valor medio de 3.73 mm, ubicado en el grupo “B”, es el único que presentó valores inferiores al resto de tratamientos, por lo que en esta variable, se considera el tratamiento menos recomendado.

Al igual que lo observado en la altura de plantas, se observó que hay tendencia a incrementar el diámetro del tallo, conforme se aumentaron las dosis de humato de potasio (Figura 6).

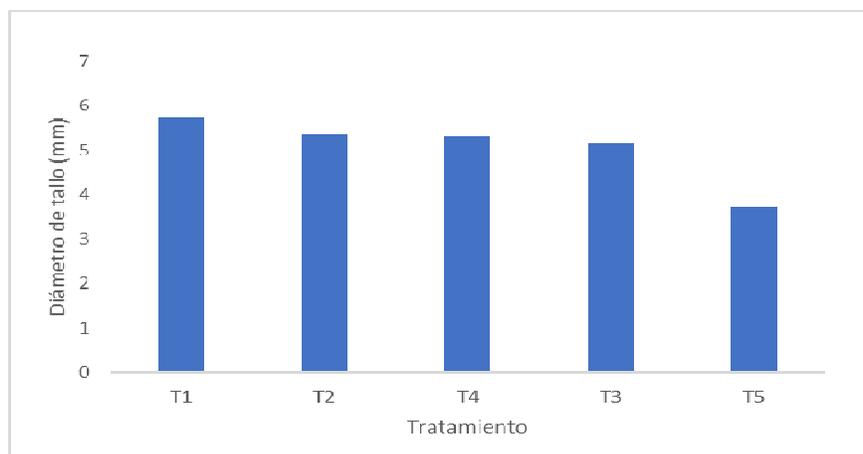


Figura 6. Medias para diámetro de tallo (mm).

7.3. PESO FRESCO DE RAÍCES

Tal como se indica en la metodología, los datos de peso fresco de raíces fueron medidos en gramos, haciendo uso de una balanza digital. En la tabla 8 se muestran los datos obtenidos.

Tabla 8. Valores medios de peso fresco de las raíces (g).

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1	21.00	16.80	11.20	13.60
T2	16.00	13.20	8.80	8.80
T3	16.20	10.80	12.20	8.00
T4	12.80	10.80	9.40	10.60
T5	5.80	3.00	3.00	4.60

Para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar el análisis de varianza, un resumen del mismo se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Resumen del análisis de varianza para el peso fresco de las raíces (g).

F.V.	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor	C.V. (%)
Tratamiento	4	280.91	70.23	19.70	<0.0001 **	17.43
Bloque	3	95.21	31.74	8.90	0.0022 **	
Error	12	42.78	3.57			
Total	19	418.90				

** diferencia altamente significativa

En el análisis de varianza realizado para peso fresco de raíces, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 17.43%, dentro de lo admisible, se acepta la hipótesis planteada y, tal como corresponde, se realizó la prueba múltiple de medias DGC, la cual se muestra en la tabla 10, con el propósito de determinar esas diferencias.

Tabla 10. Prueba de medias DGC para peso fresco de las raíces.

Tratamiento	Peso fresco de raíces (g)	Grupo DGC *
T1	15.65	A
T3	11.80	B
T2	11.70	B
T4	10.90	B
T5	4.10	C

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba de medias indica que el tratamiento 1, con 15.65 gramos fue superior a los tratamientos 3, 2 y 4, agrupados en “B” con valores medios de 11.80, 11.70 y 10.90 gramos respectivamente; valores estadísticamente superiores al tratamiento 5, con una media de 4.10 gramos, que se ubicó en el grupo C.

Para esta variable, se observó un mayor incremento en el peso fresco de raíces con la dosis más alta de humato de potasio (T1=12.5 g), con relación al testigo absoluto sus raíces tuvieron un peso en fresco de aproximadamente 3.82 veces superior; los

tratamientos T3 (3.125 g de humato), T2 (6.25 g de humato) y T4 (testigo relativo, sin humato), presentaron pesos de 2.88, 2.85 y 2.66 veces superiores al testigo absoluto (Figura 7).

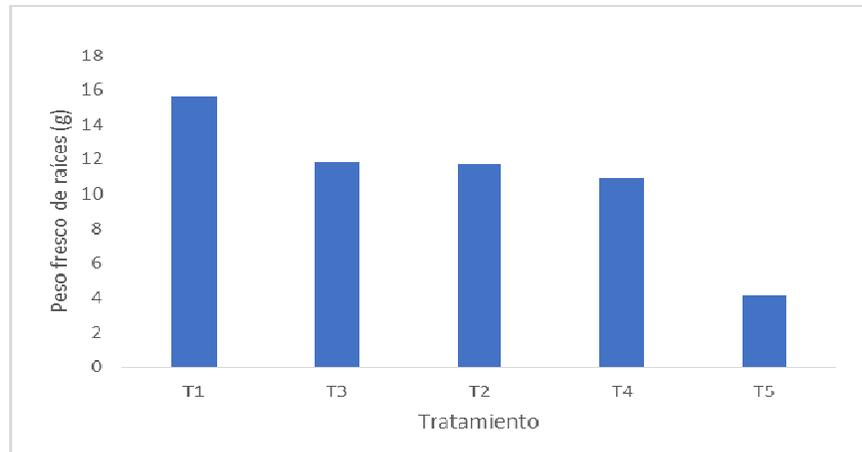


Figura 7. Medias para peso fresco de raíces (g).

7.4. PESO FRESCO DEL FOLLAJE

El peso fresco del follaje fue tomado en gramos, haciendo uso de una balanza digital. En la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11. Valores medios de peso fresco del follaje (g).

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1	20.60	20.80	19.80	23.20
T2	19.00	17.80	17.20	18.60
T3	17.60	15.60	21.40	18.00
T4	16.40	16.60	15.40	17.20
T5	5.80	4.60	2.20	3.60

Para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar un análisis de varianza, un resumen del mismo se presenta en la tabla 12.

Tabla 12. Resumen del análisis de varianza para peso fresco del follaje.

F.V.	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor	C.V. (%)
Tratamiento	4	709.17	177.29	69.59	<0.0001 **	10.25
Bloque	3	3.88	1.29	0.51	0.6845 ^{NS}	
Error	12	30.57	2.55			
Total	19	743.62				

** diferencia altamente significativa

NS = diferencia no significativa

El análisis de varianza refleja alta significancia estadística entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 10.25%, que indica un alto grado de confianza en el manejo del experimento y de la variable en discusión; por lo que se acepta la hipótesis planteada para esta variable y, se procedió a realizar la prueba de medias DGC (Tabla 13) para determinar esas diferencias.

Tabla 13. Prueba de medias DGC para peso fresco del follaje

Tratamiento	Peso fresco del follaje (g)	Grupo DGC *
T1	21.10	A
T2	18.15	B
T3	18.15	B
T4	16.40	B
T5	4.05	C

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba de medias muestra que el tratamiento 1, con una media de 21.10 gramos, fue superior a los tratamientos 2 y 3 (18.15 g), así como también al tratamiento 4 (16.40 g). Los tres tratamientos mencionados anteriormente (2, 3 y 4) conformaron un segundo grupo estadístico. El testigo absoluto conformó el último grupo estadístico (4.05 g).

Se observó un mayor incremento en el peso fresco del follaje con la dosis más alta de humato de potasio (12.5 g), comparado con el grupo B, que también demostró un

mayor incremento de la variable con el uso de humato; y una diferencia muy amplia con relación al testigo absoluto.

Con relación al testigo absoluto, el peso fresco de su follaje fue 5.2 veces superior. Los tratamientos T2 (6.25 g de humato), T3 (3.125 g de humato) y T4 (testigo relativo sin humato) presentaron pesos de 4.48 y 4.05 superiores al testigo absoluto (Figura 8).

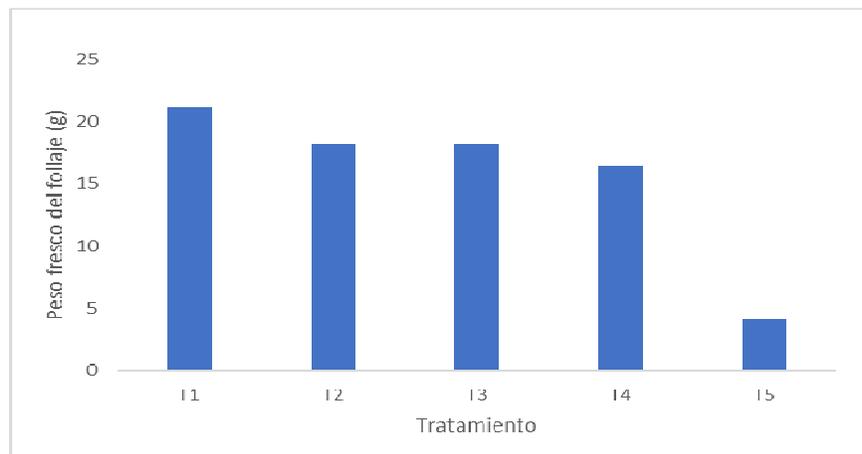


Figura 8. Medias para peso fresco del follaje (g).

7.5. PESO SECO DE RAÍCES

El peso seco de raíces fue tomado en gramos, con la ayuda de una balanza digital. En la tabla 14 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 14. Valores medios de peso seco de las raíces (g).

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1	14.00	12.00	10.70	12.30
T2	12.00	12.00	9.10	10.20
T3	11.10	8.90	10.50	7.70
T4	9.30	8.80	7.20	9.50
T5	5.50	5.10	3.80	5.20

Para determinar la existencia de diferencias significativas, se realizó un análisis de varianza, un resumen del mismo se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Resumen del análisis de varianza para peso seco de las raíces (g).

F.V.	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor	C.V. (%)
Tratamiento	4	4.93	1.23	30.65	<0.0001 **	10.84
Bloque	3	0.47	0.16	3.88	0.0375 *	
Error	12	0.48	0.04			
Total	19	5.88				

** diferencia altamente significativa

* = diferencia significativa

El análisis de varianza muestra una alta significancia entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 10.84%, que indica un alto grado de confianza en el manejo del experimento y de la variable en discusión; por lo que se realizó la prueba de medias DGC (Tabla 16) para determinar las diferencias.

Tabla 16. Prueba de medias DGC para peso seco de las raíces (g).

Tratamiento	Peso seco de raíces (g)	Grupo DGC *
T1	2.45	A
T2	2.17	A
T3	1.91	B
T4	1.74	B
T5	0.98	C

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba de medias indica que el tratamiento 1, con 2.45 gramos y el tratamiento 2, con 2.17 gramos, fueron superiores a los otros tratamientos; los tratamientos 3 y 4, con 1.91 y 1.74 gramos respectivamente, formaron un segundo grupo estadístico, y el tratamiento 5, con un valor medio de 0.98 gramos, fue el que presentó el menor peso seco de raíces (grupo C).

Se infiere que con las dosis más altas de humato de potasio, se presentaron los valores más altos de peso seco de raíces. Con relación al testigo absoluto, los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentaron peso seco de raíces de 2.5, 2.21, 1.95 y 1.78 veces superior, respectivamente (Figura 9).

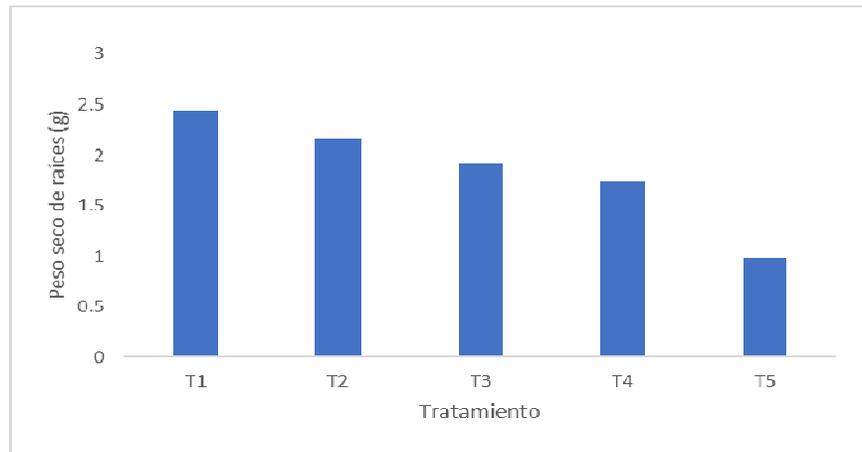


Figura 9. Medias para peso seco de raíces (g).

7.6. PESO SECO DEL FOLLAJE

Los valores de peso seco de follaje fueron tomados en gramos, haciendo uso de una balanza digital. En la tabla 17 se presentan los datos obtenidos.

Tabla 17. Valores medios de peso seco del follaje (g).

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1	6.00	5.80	5.88	6.04
T2	5.30	5.28	5.16	5.20
T3	5.44	4.66	4.40	4.68
T4	4.66	4.42	3.70	4.78
T5	1.90	1.06	1.08	1.40

Para establecer si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar un análisis de varianza, un resumen del mismo se observa en la tabla 18.

Tabla 18. Análisis de varianza para peso seco del follaje (g).

F.V.	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor	C.V. (%)
Tratamiento	4	49.68	12.42	189.00	<0.0001 **	5.90
Bloque	3	1.03	0.34	5.22	0.0155 *	
Error	12	0.79	0.07			
Total	19	51.49				

** diferencia altamente significativa

* = diferencia significativa

El análisis de varianza para peso seco del follaje refleja una alta significancia entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 5.90%, que indica un alto grado de confianza en el manejo del experimento y de la variable en discusión; por lo que se realizó la prueba de medias DGC (Tabla 19) para determinar esa diferencia.

Tabla 19. Prueba de medias DGC para peso seco del follaje.

Tratamiento	Peso seco del follaje (g)	Grupo DGC *
T1	5.93	A
T2	5.24	B
T3	4.80	C
T4	4.39	C
T5	1.36	D

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba de medias reflejó que el tratamiento 1, con 5.93 gramos de peso seco del follaje, fue superior significativamente al tratamiento 2, con 5.24 gramos; a su vez los tratamientos 3 y 4 formaron un tercer grupo estadístico, con 4.80 y 4.39 gramos, respectivamente. En el cuarto y último grupo se ubicó el testigo absoluto, con 1.36 g.

Se observó un mayor incremento en el peso seco de follaje con las dosis más altas de humato de potasio. El tratamiento 1 mostró un peso 4.36 veces superior al testigo absoluto; por su parte los tratamientos 2 y 3 tuvieron pesos secos del follaje 3.85 y 3.53 veces superiores al testigo absoluto. El tratamiento 4 (testigo relativo, sin humato de potasio), superó al testigo absoluto en 3.23 veces (Figura 10).

La característica de peso seco es muy importante, ya que influye en la adaptabilidad al trasplante a campo y disminución del estrés por pérdida de agua.

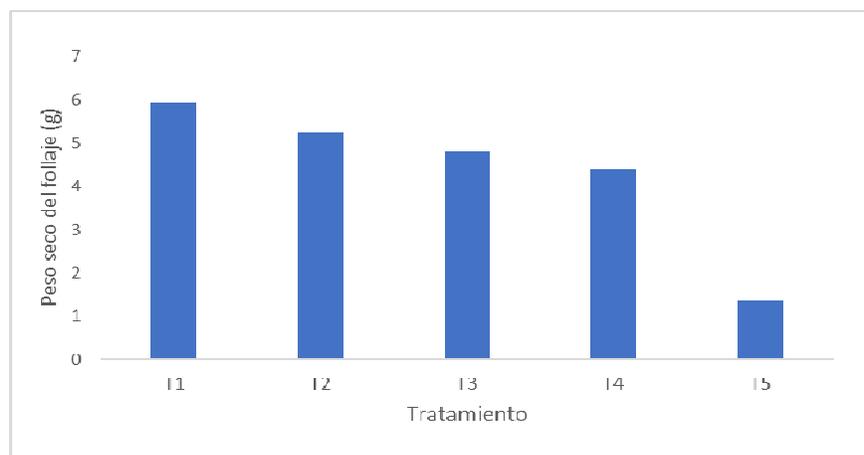


Figura 10. Medias para peso seco del follaje (g).

7.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

En la tabla 20 se presenta un resumen de los costos de cada tratamiento.

Tabla 20. Costo unitario por planta producida por tratamiento.

Descripción	T1	T2	T3	T4	T5
Costo mano de obra (Q)	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
Costo insumos agrícolas (Q)	0.500	0.500	0.500	0.500	-
Sustancias húmicas (Q)	0.005	0.003	0.001	-	-
Costo Total/planta (Q)	0.975	0.973	0.971	0.970	0.470

Con base en los costos anteriores y el precio de venta de cada planta, en la tabla 21 se presenta un resumen del análisis económico realizado a cada tratamiento.

$$\text{Rentabilidad} = (\text{BE}/\text{CT}) * 100$$

CT = Costo total

BE = Beneficio económico (Ingresos – CT)

Tabla 21. Análisis económico por planta producida por tratamiento.

Descripción	T1	T2	T3	T4	T5
Ingresos (Q)	1.850	1.850	1.850	1.850	-
Costo total (Q)	0.975	0.973	0.971	0.970	0.470
Beneficio Económico (Q)	0.875	0.878	0.879	0.880	(0.470)
Rentabilidad (%)	89.74	90.23	90.48	90.72	-100.00

El resultado del análisis de costos muestra que la rentabilidad de los tratamientos en orden descendente fue: 4 (90.72%), 3 (90.48%), 2 (90.23%), 1 (89.74%) y el tratamiento 5 con una rentabilidad negativa, ya que las plantas no son aptas para la venta.

Pese a que el tratamiento 1 no presentó la mejor rentabilidad, es necesario considerar el rápido crecimiento de las plantas, que seguramente represente un menor tiempo en almácigo en las futuras producciones y mejora en la rentabilidad.

VIII. CONCLUSIONES

Para las condiciones en que se realizó el experimento se concluye:

El humato de potasio no incrementó la altura de las plantas, en comparación con el testigo relativo (aplicación de fertilizantes, sin adición de humato), sin embargo, los tratamientos que incluyeron aplicación de humato de potasio mostraron tendencia a ser superiores.

La aplicación de humato de potasio no incrementó el diámetro de los tallos en las plántulas de café, en comparación con el testigo relativo; sin embargo, las dosis superiores de humato (12.5 y 6.25 g) mostraron tendencia a ser superiores.

Los pesos frescos de las raíces y del follaje presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento 1 (12.5 g de humato de potasio) el que mostró valores superiores en comparación con los otros tratamientos, en ambas características.

De acuerdo a los datos analizados, bajo las condiciones del experimento en estudio, se concluye que hay un efecto positivo del humato de potasio sobre el peso seco de raíces y del follaje, cuando éste se aplica adicional a los fertilizantes, en las dosis de 12.5 y 6.25 gramos.

La rentabilidad de los cuatro tratamientos con fertilizantes fue positiva, siendo mayor la rentabilidad del tratamiento 4 (testigo comercial) con 90.72%, ya que no se incurre en costo de humato de potasio; sin embargo, en las características antes mencionadas, existen un efecto positivo al aplicarlo. El testigo absoluto no es rentable, ya que las plantas no son aptas para el trasplante.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar el aporte de sustancias húmicas en almácigo de café en otras producciones para evidenciar el efecto del producto sobre las variables evaluadas.

Se recomienda evaluar el número de semanas en las cuales las plantas de café ya están listas para su trasplante al campo definitivo y saber con exactitud la reducción de los días en el vivero, para determinar la rentabilidad de la producción.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANACAFÉ. (Asociación Nacional del Café, Guatemala). (2006). *Guía Técnica de la Caficultura*. Edición 2006. Ciudad de Guatemala. 214 p.

ANACAFÉ. (2013). *El cafetal*. (Colección 2013, Edición No. 35). Guatemala, Guatemala.

BANGUAT. (2014). *Exportaciones del año 2013* (En Línea). Banco de Guatemala. Guatemala. Extraído el 18 de septiembre de 2015 http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/ceie/CG/2013/nota_comercio_mensual.htm&e=105187

Blandón, J. (2008). *Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización*. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 20 p. 2008.

Cadahía, C. (2005). *Fertirrigación*. Cultivos hortícolas y ornamentales. (3ª. Ed.), Inventario de materiales utilizados como sustratos o componentes de los sustratos en el cultivo sin suelo. (pp. 323-332). Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.

Gómez, O. (2010). *Guía para la innovación de la caficultura*. (En línea). San Salvador, El Salvador: FUNDESYRAM. Recuperado el 16 de septiembre de 2015 <http://www.fundesynam.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=2729>

Herrera, J. Garcia, H. y Ure, L. (2015). *Comportamiento de plantas de café en bolsas y tubetes*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Venezuela. 132-139 p.

ICO (International Coffee Organization). (2015). Aspectos botánicos. Recuperado el 18 de septiembre de 2015 www.ico.org/es/botanical_c.asp?section=Acerca_del_cafe

Infoagro. (s.f). El Cultivo de café. Recuperado el 16 de septiembre de 2015 <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe2.htm>

Irigoyen, J. N. (1997). *Producción de viveros de café en "tubetes" o "conos maceteros"*. (En línea). San Salvador, El Salvador: PROCAFE. Recuperado el 28 de septiembre de 2015 desde <http://www.jiffyca.com/pellets.htm>

Montero Coto, P. (1999). *Efecto de enmiendas orgánicas sobre la disponibilidad de fósforo en un andisol*. Tesis Maestro en Ciencias. Texcoco, Edo. De México. Colegio de Postgraduados. 26-29 p.

Oliver, M. (2009). *Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante. Recuperado el día 22 de septiembre de 2015 http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13432/1/tesis_oliver.pdf

Portal del Agro. (2015). Manejo de sustratos en la agricultura. Recuperado el 20 de septiembre de 2015 <http://www.portaldelagro.com/article&id=411:manejo-de-sustratos-en-la-agricultura>

Temis-Pérez, A., López-Malo, A. y Sosa-Morales M. (2011). *Producción de Café (Coffea arabica L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades*. Extraído el día 03 de octubre de 2015 [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-Temis-Perez-et-al-2011.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-Temis-Perez-et-al-2011.pdf)