

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

EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE POTASIO FOLIAR
SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAFÉ; COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

KELVIN GUDIEL VICENTE GIRÓN
CARNET 24895-07

COATEPEQUE, FEBRERO DE 2016
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE POTASIO FOLIAR
SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAFÉ; COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

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

POR
KELVIN GUDIEL VICENTE GIRÓN

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, FEBRERO DE 2016
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, 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

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. EFRAIN AMILCAR GALINDO LOPEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

LIC. ABEL ESTUARDO SOLÍS ARRIOLA
LIC. JAIME ORLANDO BARRIOS DE LEON
LIC. LUIS ALBERTO DE LEON MALDONADO

Guatemala 08 de febrero de 2016

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Kelvin Gudiel Vicente Girón, carné 24895-07, titulada: "Evaluación del Potasio foliar en diferentes frecuencias de aplicación, sobre la producción en cultivo café (*Coffea arabica* L.), Finca Rosario Quezada, Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Efraín Amilcar Galindo López.
Colegiado no. 2407
Cod. URL 10404



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06419-2016

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante KELVIN GUDIEL VICENTE GIRÓN, Carnet 24895-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06134-2016 de fecha 16 de enero de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE POTASIO FOLIAR
SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAFÉ; COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 4 días del mes de febrero del año 2016.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Mi Dios JEHOVA por darme la vida, la sabiduría, el entendimiento, la fortaleza, su bendición y por darme la oportunidad de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Licda. Ruth Villadeleon por darme la oportunidad de ejecutar y desarrollar la presente investigación.

Emanuel Galindo Ponciano por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Ing. Efraín Amílcar Galindo López, por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

A todas las personas que participaron e hicieron posible esta investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien me dio la vida, su infinito amor, me fortalece en los momentos débiles de mi vida y dame de su gran bendición juntamente con las personas que me rodean.

Mis padres: Adolfo Vicente Vail y Roselina Girón de Vicente a quienes quiero mucho, por tenerme paciencia en cada etapa de mi vida, por su inmenso amor, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mis hijos: Andree Marín Vicente Ambrocio y Kelvin Estuardo Vicente Ambrocio a quien los quiero mucho, son la razón de mi vivir, mi esfuerzo, mi alegría y la motivación de mi superación.

Mi esposa: Senda Noemí Ambrocio de Vicente, quien me apoyo moralmente, dándome de su comprensión y entendimiento en los momentos más difíciles de nuestras vidas que llevamos juntos.

Mi familia: Hermanos, sobrinos, tíos y primos que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis amigos: Por su compañerismo, apoyo incondicionalmente y formar parte de mi desarrollo profesional e integral, con mucho aprecio.

INDICE

	Pagina
RESUMEN.....	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 El cultivo de Café	2
2.1.1 Descripción botánica.....	2
2.1.2 Clasificación Taxonómica.	2
2.1.3 Variedad Catuaí	2
2.1.4 Exigencias Agroecológicas	3
2.1.5 Antecedentes de exportación del cultivo del café (Coffea arábica L.).....	3
2.1.5.1 Uso.....	4
2.1.5.2 Propiedades y composición del fruto de café.....	4
2.2 Ficha técnica del Cloruro de Potasio soluble 00-00-62	5
2.2.1 Solubilidad en agua.....	5
2.2.2 El cloruro de potasio tiene un pH neutro	5
2.2.3 La conductividad Eléctrica (CE) de Cloruro de Potasio.....	5
2.3 Cloruro de Potasio 00-00-62	6
2.3.1 Descripción del Potasio.....	6
2.3.2 Comportamiento del Potasio en el Suelo	6
2.3.3 Descripción de la deficiencia del Potasio en el cultivo del café.....	7
2.3.4 Funciones del Potasio (K) en el cultivo de café	7
2.4 Funciones del Cloro (Cl).....	8

2.5 Absorción del Elemento de Potasio en el cultivo de café	9
2.5.1 Procedimiento básico para efectuar estudios de absorción	9
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.1 Definición del problema.....	11
3.2 Justificación del trabajo	11
IV. OBJETIVOS.....	13
4.1 General	13
4.2 Específicos.....	13
V. HIPÓTESIS DE TRABAJO	14
VI. METODOLOGÍA	15
6.1 Localización del experimento	15
6.1.1 Ubicación geográfica.....	15
6.1.2 Condiciones edafoclimáticas.....	15
6.2 Material experimental	16
6.3 Descripción de los tratamientos	16
6.4 Tratamientos evaluados	17
6.5 Diseño experimental.....	18
6.6 Modelo estadístico	18
6.7 Unidad experimental.	18
6.8 Croquis de campo.	19
6.9 Manejo del experimento.	20
6.9.1 Inventario de plantas de 16 años de edad	20
6.9.2 Muestreo de suelo y foliar	20
6.9.3 Aplicación del fertilizante potásico foliar.....	20

6.9.4 Cosecha.....	20
6.10 Variables de respuesta.....	21
6.10.1 Rendimiento bruto.....	21
6.10.2 Rendimiento neto	21
6.10.3 Volumen del fruto	21
6.10.4 Análisis de relación beneficio/costo por tratamiento	22
6.11 Análisis de la información.....	22
6.11.1 Análisis estadístico.....	22
6.11.2 Análisis económico	22
6.12 Tiempo de ejecución de la investigación.....	22
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	23
7.1 Rendimiento bruto	23
7.2 Rendimiento neto	25
7.2.1 Peso de café Pergamino.....	25
7.2.2 Peso de rendimiento vano	27
7.3 Volumen del fruto	29
7.3.1 Volumen en uva	29
7.3.2 Volumen en pergamino	30
7.4 Análisis económico.....	31
VIII. CONCLUSIONES	32
IX. RECOMENDACIONES	33
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
XI. ANEXOS	37

INDICE DE CUADRO

Página

Cuadro 1. Valor nutricional en 100 gramos (15 tazas)	4
Cuadro 2. Fórmula: KCl.....	5
Cuadro 3. Dosis y día de aplicación de los tratamientos de KCl (00-00-62).....	17
Cuadro 4. Rendimiento bruto de los cinco tratamientos evaluados expresado en Kg.uva/ha.	23
Cuadro 5. Análisis de varianza de rendimiento bruto Kg.uva/ha.	23
Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey al 5% de la variable rendimiento bruto en Kg.uva/ha.	24
Cuadro 7. Rendimiento pergamino de los cinco tratamientos evaluados expresado en 25	
Cuadro 8. Análisis de varianza en rendimiento pergamino en Kg/ha.	25
Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey al 5%de la variable rendimiento neto en Kg.Per./ha.....	26
Cuadro 10. Rendimiento vano de los tratamientos evaluados expresado en kg/ha.	27
Cuadro 11. Análisis de varianza en rendimiento vano en Kg/ha.	27
Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey al 5%de la variable rendimiento vano en Kg./ha.	28
Cuadro 13. Volumen de uva de los tratamientos evaluados expresado en cm ³ /fruto....	29
Cuadro 14. Análisis de varianza en volumen de uva expresado en cm ³ /fruto.	29
Cuadro 15. Volumen del grano de los tratamientos evaluados expresado en cm ³ /grano.	30
Cuadro 16. Análisis de varianza en volumen de pergamino expresado en cm ³ /grano..	30
Cuadro 17. Beneficio/costo de los tratamientos evaluados.	31

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Curva de absorción del potasio.	10
Figura 2. Esquema de una unidad experimental con sus dimensiones, señalando la parcela bruta y la parcela neta.....	19
Figura 3. Distribución gráfica de los tratamientos y repeticiones en el campo definitivo.	19

INDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1. Inventario de plantas de cada parcela.....	38
ANEXO 2. Aplicación del fertilizante foliar Cloruro de Potasio 00-00-62.....	38
ANEXO 3. Corte de café en las parcelas del ensayo.	39
ANEXO 4. Costo por cada tratamiento evaluado.	39

EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE POTASIO FOLIAR SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAFÉ; COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la finca Rosario Quezada del municipio de Colomba C.C, Quetzaltenango. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación del fertilizante Cloruro de Potasio foliar 00-00-62, en diferentes frecuencias de aspersión, dejando un tiempo de treinta días en cada aspersión; el tratamiento 1 su frecuencia fue de dos aspersiones, el tratamiento 2 su frecuencia fue de tres aspersiones, el tratamiento 3 su frecuencia fue de cuatro aspersiones, el tratamiento 4 su frecuencia fue de cinco aspersiones y el tratamiento 5 su frecuencia fue de una sola aspersión, sobre el rendimiento y las características del fruto en el cultivo café (*Coffea arábica* L.). Se utilizó el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, en donde se obtuvo diferencia significativa en el análisis de varianza. Se empleó la prueba de medias de Tukey $\alpha = 0.05$, para las variables rendimiento bruto, rendimiento neto y volumen del fruto en cereza y grano. El tratamiento que obtuvo mejor respuesta en la producción del cultivo de café fue la aplicación de tres aspersiones de Cloruro de Potasio foliar, con una dosis de 1 Kg/ha en cada aspersión. Se obtuvo los siguientes resultados: en el rendimiento bruto su producción es de 14,969.01 Kg café uva/ha, en el rendimiento neto en café pergamino de primera, se redujo la conversión, obteniendo 2,548.40 Kg café pergamino/ha, se necesitó 5.87 Kg café uva para 1 Kg café pergamino y en café pergamino vano fue de 91.85 Kg/ha, determinando que en 100 Kg de café uva se obtiene 0.61 Kg café pergamino vano. Esto se debe a la respuesta de la planta a la aplicación del potasio en el tiempo óptimo necesitado para el proceso fisiológico en la formación del fruto. En el aspecto económico, el de mejor relación Beneficio: Costo mostró fue tratamiento dos equivalente a 2.68: 1, con una diferencia promedio de Q. 0.20 en su beneficio, por cada quetzal invertido. Por lo que se recomienda incluir este tratamiento en el programa de fertilización dentro del cultivo de café.

EVALUATION OF FOLIAR POTASSIUM APPLICATION FREQUENCY ON THE COFFEE YIELD; COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO

SUMMARY

This research study was carried out in Rosario Quezada farm, municipality of Colomba C.C, Quetzaltenango. The objective of the same was evaluate the application of foliar 00-00-62 Potassium Chloride fertilizer at different spraying frequencies, leaving a 30-day period between each spraying. In treatment 1, the frequency included two sprayings, treatment 2 consisted of a two sprayings, treatment 3 included four sprayings, treatment 4 consisted of five sprayings, and treatment 5 consisted of a single spraying frequency on the yield and fruit characteristics of coffee (*Coffea arabica* L.). A randomized block design with five treatments and four replicates was used, in which a significant difference was obtained in the analysis of variance. A Tukey's range test $\alpha = 0.05$ was used for the variables: gross yield, net yield, and fruit volume in coffee cherry and bean. The treatment that obtained the best treatment in the production of coffee was the one that consisted of three applications of foliar-applied Potassium Chloride, with a dose of 1 Kg/ha in each spraying. The following results were obtained: in the gross yield its production was of 14,969.01 Kg cherry coffee/ha, in the net yield of first quality parchment, the conversion was reduced, obtaining 2,548.40 Kg of parchment coffee/ha, requiring 5.87 Kg of cherry coffee for 1 Kg of parchment coffee and regarding hollow parchment coffee it was of 91.85 Kg/ha, determining that in 100 Kg of cherry coffee, 0.61 Kg of hollow parchment coffee is obtained. This is due to the plant's response to the application of potassium at the optimal time needed for the physiological process in the fruit formation. In economic terms, the best cost-benefit relation was obtained with treatment 2, equivalent to 2.68:1, with an average profit difference of Q. 0.20 [equivalent to US\$ 0.03] per every invested quetzal. Therefore, it is recommended to include this treatment in the coffee production fertilization program.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala la mayoría de los caficultores tienen este cultivo como único medio de subsistencia, por la baja en los precios de este producto, deciden reducir costos de producción, por lo que los productores utilizan menos insumos como son; el uso de fertilizantes, por ser éste uno de los que ocupan el mayor gasto dentro de la producción. Esta medida sin ninguna base agroeconómica, en muchos casos agravan la situación económica.

Según Molina E. (2010) la fertilización foliar es el principio de aplicación de nutrimentos a través del tejido foliar, principalmente a través de las hojas, que son los órganos donde se concentra la mayor actividad fisiológica de la planta. La fertilización foliar es una excelente alternativa para aplicar micronutrimentos, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas dentro del proceso fisiológico de los frutos. Sirviendo de complemento para el suministro de elementos mayores durante ciertos periodos definidos de crecimiento de la planta, no sustituyendo la fertilización al suelo como sucede con los elementos esenciales menores minerales.

La investigación se realizó con la finalidad de identificar el efecto de la aplicación del fertilizante foliar Cloruro de Potasio en el rendimiento máximo de la producción durante la etapa de corte o cosecha del fruto de café, determinando que tratamiento fue oportuno en la etapa fenológica de la producción del cultivo de café. Esta investigación se planteó con cuatro tratamientos con tuvieron diferentes frecuencias de aplicación del fertilizante y uno que fue el testigo relativo con una sola una aplicación, siendo en total cinco tratamientos en el ensayo.

Las aplicaciones del fertilizante foliar de cuatro tratamientos iniciaron a los 60 días después de la floración, en cada frecuencia se dejó un tiempo de 30 días de una aplicación a otra, a excepto del testigo relativo que se hizo aplicación única a los 90 días después de la floración.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 El cultivo de Café

2.1.1 Descripción botánica

Según Café de Colombia (2015). El café pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Esta familia tiene características fáciles de conocer, en donde la planta es arbórea en forma de arbusto, las hojas de color verdes siempre están en pares, no tienen divisiones y los bordes son lisos; en las flores blancas tubulares están los órganos de los dos sexos, son flores hermafroditas; las bayas esféricas, generalmente cada fruto tiene dos semillas de color gris verde

2.1.2 Clasificación Taxonómica.

Mora S. (2008), cita en Café - Ministerio de Agricultura y Ganadería la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Sud-división: Angiospermae

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Gamopétalas inferioriadas

Orden: Rubiales

Familia: Rubiáceas

Género: *Coffea*

Especie: *Arábica-Canephora*

2.1.3 Variedad Catuai

Según ANACAFE (2011), es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil, las selecciones de las primeras cuatro

generaciones dieron líneas con fruto rojo y amarillo; las primeras introducciones de Catuaí al país se realizaron alrededor de 1970.

2.1.4 Exigencias Agroecológicas

2.1.4.1 Clima

AGROINFORMACION (2015), el café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7.500 m³/ha) hasta 3000 mm (30.000 m³/ha). Además, la respuesta fotosintética y síntesis bioquímica de la planta se ve muy influida por el período climático del año. Así los diferentes niveles de clorofilas, carotenóides, etc., se ven modificados en función de las temperaturas, de la intensidad luminosa.

2.1.4.5 Suelo

Según De León. (2008), los suelos volcánicos, que poseen una alta capacidad de intercambio básico, son los más adecuados para todas las especies de *Coffea*.

- Suelos ácidos, preferiblemente con pH entre 5,5 y 6,5.
- Suelos profundos y bien drenados.
- Las raíces necesitan mucho oxígeno, por ello, los suelos arcillosos o poco drenados no son apropiados, y por otro lado, los suelos arenosos y poco densos carecen de la capacidad suficiente de retención de agua.

2.1.5 Antecedentes de exportación del cultivo del café (*Coffea arábica* L.)

La Asociación Nacional del Café (Anacafé) de Guatemala dijo en un comunicado que las exportaciones de los productores locales se ubicaron en la cosecha cafetalera anterior, que comprende el período de octubre de 2012 a septiembre de 2014, los cafetaleros guatemaltecos exportaron un total de 3,706,622 sacos de 60 kilos (ANACAFE 2015).

El mercado para la mayor exportación son: Estados Unidos (40%), Japón (15%), Alemania (9%), Belgica (9%), Canadá (8%), Italia (6%) y el resto de los países que son 53 (13%) (BANGUAT 2012).

Según BANGUAT (2012). La actividad cafetalera aporta aproximadamente el 13.8 % del producto interno bruto (PIB) generando alrededor de 68 % de divisas al país.

Respecto a la creación de empleos, con datos de BANGUAT se generan 467 mil empleos, directos e indirectos para la caficultura. (Prensa Libre).

2.1.5.1 Uso

El café es utilizado en bebidas, pastelería, heladería, como abono orgánico (pulpa de los frutos), alimento para ganado (pulpa seca o fresca), perfumería, entre otros (INNATIA, 2008)

2.1.5.2 Propiedades y composición del fruto de café

Según SUPRACAFE (2010). Todos sabemos que el café contiene cafeína, al igual que el té o el chocolate. Pero, sabía que en cada taza de café podemos encontrar también vitaminas, minerales, antioxidantes (polifenoles) y cientos de sustancias químicas diferentes responsables de su inconfundible aroma y sabor.

Cuadro 1. Valor nutricional en 100 gramos (15 tazas)

Contenido.	Cantidad.
Valor energético	757 kj - 182 kcal
Proteínas	13,5 (g)
Hidratos de Carbono	0,1 (g)
- de los cuales azúcares	0,1 (g)
Grasas	14,2 (g)
- de las cuales saturadas	2,5 (g)
Fibra alimentaria	39,0 (g)
Sodio	0,03 (g)
Antioxidantes (polifenoles)	2,0 (g)

Fuente: SUPRACAFE, (2010).

2.2 Ficha técnica del Cloruro de Potasio soluble 00-00-62

El Cloruro de Potasio Soluble, también llamado MOP o KCl, es un fertilizante concentrado en potasio, 99.6% soluble en agua. Es una opción para aportar en fertirriego, ideal para subir la conductividad eléctrica en ciertas etapas fenológicas de los cultivos.

Cuadro 2. Fórmula: KCl

Características	Cantidad.
K20 %	62.0 - 62.6
Humedad H20 %	0.05 - 0.20
Cloruro de Potasio, como KCl %	98..90
K %	151.87
Cl %	47.54
Insolubles en agua %	0.04
Apariencia	Polvo blanco
Densidad kg/m3	1,245

Fuente: Ficha técnica ISAOSA. (2012)

2.2.1 Solubilidad en agua

A una temperatura del agua de 20°C, solubilidad (g/1000g agua) 220, se disuelven 220 gramos en 1000 gramos de agua.

2.2.2 El cloruro de potasio tiene un pH neutro

- Concentración (%) 1,
- pH 7.

2.2.3 La conductividad Eléctrica (CE) de Cloruro de Potasio

- Concentración (%) 1
- EC (Ms/cm) 1.92

2.3 Cloruro de Potasio 00-00-62

Según ISAOSA (2012), el cloruro de potasio soluble es un fertilizante sólido 100% soluble en agua, con alta concentración de potasio. Su concentración típica es 00-00-62 con una pureza de 99%. El cloruro de potasio tiene una solubilidad de 220 gramos por litro.

2.3.1 Descripción del Potasio

PROMIX (2015), el potasio se encuentra dentro de la solución de las células de la planta y se usa para mantener la presión de turgencia de la célula (lo que significa que evita que la planta se marchite prematuramente). Además, el potasio cumple un rol en la formación correcta de estomas (células usualmente ubicadas en el envés de la hoja, que se abren y se cierran para permitir la salida de vapor de agua y de gases residuales) y actúa como un activador de enzimas.

El potasio es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de las plantas. Se considera segundo luego del nitrógeno, cuando se trata de nutrientes que necesitan las plantas y es generalmente considerado como el "nutriente de calidad". El potasio afecta la forma, tamaño, color, sabor y a otras medidas atribuidas a la calidad del producto (SMART 2015).

2.3.2 Comportamiento del Potasio en el Suelo

Según TUESTA C. (2012), a pesar de que la mayoría de los suelos son ricos en Potasio (K), solo una mínima parte (2%) de éste es disponible para la planta. Existe K no disponible el cual es fuertemente retenido por los minerales primarios del suelo (rocas). El K es liberado en la medida que los minerales se meteorizan o descomponen por acción de la temperatura y humedad. Hay K lentamente disponible, el cual queda atrapado o fijado en las capas de algunos tipos de arcillas, estas capas de arcilla se contraen o expanden por efecto de la humedad, proceso que permite atrapar los iones de Potasio (K+) haciéndolos lentamente disponibles para la planta.

El Potasio es fundamental en el proceso de la fotosíntesis, la deficiencia reduce la fotosíntesis e incrementa la respiración celular, resultando en una reducción de la acumulación de carbohidratos y por consecuencia un efecto adverso en el crecimiento y producción de la planta. Es esencial para la síntesis de proteínas, es determinante en la descomposición de carbohidratos y por tanto en proveer energía para el crecimiento de la planta. Proporciona a la planta mayor resistencia al ataque de enfermedades. Es determinante en la formación y carga de frutos y llenado de grano. También incrementa la resistencia de la planta a las heladas. Una planta bien nutrida con Potasio tiene una mayor capacidad de soportar condiciones de estrés por falta de agua, esto ya que es determinante en la capacidad de los estomas en abrir y cerrar cuando la planta está sometida a condiciones de sequía (TUESTA CHICHIPE, Fernando Michel 2012).

2.3.3 Descripción de la deficiencia del Potasio en el cultivo del café

Miguel F. (2012), la deficiencia de K en el cafeto se caracteriza al comienzo por una mancha a manera de banda de color amarillo pardo en el margen de las hojas. Estas se tornan necróticas más tarde. Un halo amarillo limita la necrosis del borde. Las manchas aparecen primero en las hojas viejas y debe tenerse sumo cuidado en no confundirlas con los efectos producidos por la sequía, exceso de sodio en las hojas, efectos del viento y ciertos ataques de hongos. En caso de duda tome muestras de tejido foliar y envíelas para el análisis químico correspondiente y así determinar los niveles del elemento.

2.3.4 Funciones del Potasio (K) en el cultivo de café

Según ANACAFE (2011), las funciones del potasio en el cultivo son las siguientes:

- El potasio lo requieren los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes, lo que confirma su alto requerimiento por la planta de café.
- Como activador enzimático, se sabe que más de 60 enzimas son activadas por este elemento.
- Está presente en todos los tejidos vegetales y tiene gran movilidad.

- Incrementa el efecto del nitrógeno y contribuye a la fijación del nitrógeno atmosférico, y acelera y mejora el flujo y translocación de los metabolitos.
- Controla el nivel hídrico de las hojas, mejora el estado de la planta en épocas secas y el efecto de bajas temperaturas.
- Propicia mejores sistemas de conducción internos, y le da resistencia a plagas y enfermedades
- Aumenta el peso de los frutos y granos, haciendo a éstos más azucarados, mejor calidad, resistencia del grano y de mejor conservación.

La fertilización foliar tiene innegables ventajas sobre la aplicación de fertilizante al suelo. El fertilizante aplicado a las hojas es absorbido en una elevada proporción, no inferior al 90%. Por el contrario los fertilizantes aplicados al suelo se pierden en un 50% o más, por diferentes motivos (Leite et al, 1996).

La práctica de la fertilización foliar con diferentes nutrientes ha sido probada en otros países con resultados positivos.

La aplicación vía foliar de sustancias nutritivas o correctoras tiene gran importancia y hay muchos estudios realizados sobre sus beneficios en la agricultura moderna tales como:

- Fertilización complementaria con alto valor agregado.
- Condiciones del suelo no suficientemente óptimas.
- Enfermedades o nematodos que limitan la absorción por la raíz.
- Nutrición correctiva cuando se detectan deficiencias.
- Promotor de crecimiento, floración y/o desarrollo de fruto durante las etapas críticas de la planta.

2.4 Funciones del Cloro (Cl)

Responsable de la expansión de la lámina foliar y su turgencia, y contribuye en la calidad de los frutos y el crecimiento de las raíces (ANACAFE 2011)

2.5 Absorción del Elemento de Potasio en el cultivo de café

2.5.1 Procedimiento básico para efectuar estudios de absorción

Según Bertsch F. (2003), citado por Espinoza J. (2005), la cantidad de nutrientes absorbida por una planta se obtiene la relación entre el peso seco de los tejidos y concentración de nutrientes en esos tejidos. Estos datos se pueden obtener una sola vez en el ciclo de vida del cultivo, preferiblemente al final cuando la absorción ha llegado a su nivel máximo. También se pueden obtener datos en varias etapas durante el ciclo, asociadas a cambios fenológicos, cuando se quiere elaborar las curvas de absorción.

Se debe muestrear de un lote con plantas de excelentes condiciones y que tenga rendimientos altos. Determinar las etapas fenológicas más importantes en el ciclo del cultivo. Tomar un mínimo de 3 repeticiones por etapa fenológica y por tejido. Calcular el peso seco para cada punto de muestreo y para cada repetición (mínimo 3). El peso seco total (kg/ha.) extrapolando el valor obtenido en el área muestreada a una hectárea (en ocasiones se pueden usar cierto número de plantas para el muestreo y se extrapola teniendo en cuenta el número total de plantas en una hectárea del cultivo). Graficar la curva de crecimiento poniendo las etapas fenológicas (tiempo) en el eje de las X y el peso seco para cada tejido muestreado y el total de cada punto en el eje de las Y. Las muestras secas se envían al laboratorio para el análisis de los nutrientes en los tejidos y con esta información se procede a calcular la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo multiplicando el contenido del nutriente por el peso del tejido luego de la extrapolación correspondiente. Con los datos obtenidos se dibuja la curva de absorción para cada nutriente en la misma forma como se lo hizo para la curva de acumulación de materia seca. (Bertsch F. 2003, citado por Dr. Espinoza J. 2005)

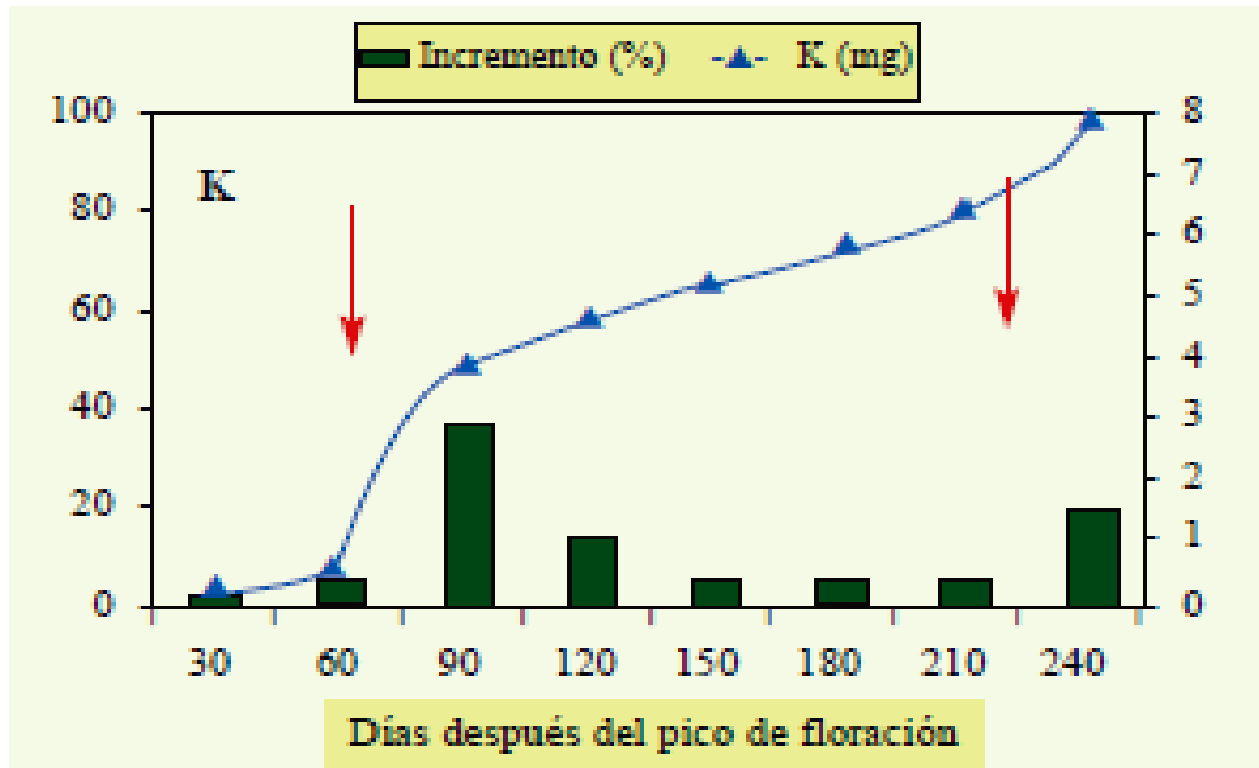


Figura 1. Curva de absorción del potasio.

Fuente: (Bertsch F. 2003, citado por Dr. Espinoza J. 2005).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema

Según TUESTA C. (2012), a pesar de que la mayoría de los suelos son ricos en Potasio (K), solo una mínima parte (2%) de éste elemento es aprovechado por la planta, el resto del elemento de K es fuertemente retenido por los minerales primarios del suelo (rocas). En el suelo hay K lentamente disponible, el cual queda atrapado o fijado en las capas de algunos tipos de arcillas, estas capas de arcilla se contraen o expanden por efecto de la humedad, proceso que permite atrapar los iones de Potasio (K+) haciéndolos lentamente disponibles para la planta.

Existen diversas razones tanto técnicas como económicas para buscar la optimización en la utilización de potasio, algunas de ellas es la dificultad de proporcionar materia orgánica en cantidad suficiente para realizar aportes importantes al cultivo o para mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, teniendo conocimiento que el elemento de K es liberado en la medida que los minerales se meteorizan o descomponen por acción de la temperatura y humedad.

La fertilización foliar es el principio de aplicación de nutrimentos a través del tejido foliar, principalmente a través de las hojas, que son los órganos donde se concentra la mayor actividad fisiológica de la planta (Molina E. 2010).

Actualmente los caficultores de la región Sur Occidental en la mayoría han eliminado la aplicación del fertilizante foliar principalmente el elemento de Potasio durante el proceso fisiológico del crecimiento del fruto en la planta del cultivo de café, siendo este un problema para la producción, lo cual este elemento es recomendado y necesario en el proceso fenológico del fruto.

Se necesita saber el tiempo relativo del requerimiento del elemento de Potasio que la planta requiere para el desarrollo fenológico del fruto, para ello se plantea una evaluación determinando el tiempo óptimo en que la planta aprovecha el elemento a través del rendimiento del fruto durante la producción.

3.2 Justificación del trabajo

La planta del cultivo de café, requiere el elemento de Potasio en la mayor parte de la etapa fenológica del fruto, según estudios la planta del cultivo de café empieza a absorber el elemento de Potasio después del pico de floración, con un porcentaje mínimo de 4% a los 30 días, aumentando al 7% de absorción a los 60 días, obteniendo el mayor índice en absorción de 38% a los 90 días, bajando a 18% a los 120 días, durante los días 150, 180 y 210 se mantiene con el índice en 7% de absorción, incrementándose finalmente a 20% de absorción a los 240 días (Bertch F. 2003).

Durante la etapa fenológica del fruto en el cultivo de café, se ha observado que la planta del cultivo de café manifiesta síntomas de deficiencia de Potasio a través de las hojas, debido a que la planta absorbe la mínima parte (2%) de este elemento en el suelo, siendo incapaz de suplementar y completar el llenado del grano en su etapa fenológica de crecimiento y provocando el aborto de algunos frutos, el resto del elemento es retenido por los minerales primarios del suelo (rocas).

Considerando toda esta información se hace un análisis para proponer alternativas de solución a los sucesos provocados por la deficiencia de potasio. Donde se planteó una investigación que llene las expectativas de rendimiento adecuado con alto grado de calidad del grano, reducir los síntomas de la deficiencia de Potasio y contrarrestar el aborto de los frutos obteniendo una buena producción.

Considerando lo anterior se evaluó cinco tratamientos con diferente frecuencia de aplicación de potasio en forma foliar después del pico de floración del cultivo del café, en la finca El Rosario Quezada de Colomba Costa Cuca.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

- Medir el efecto de diferentes frecuencias de aplicación de Potasio, en el periodo de su exigencia fisiológica para el llenado del grano de café.

4.2 Específicos

- Evaluar el rendimiento del fruto en café uva, café pergamino de primera y café pergamino vano en la producción de café con los programas de aspersión de fertilizante potásico.
- Determinar el efecto de los programas de aspersión con fertilizante potásico, midiendo las características del fruto de café: volumen de café uva, volumen de café pergamino de primera y la conversión del fruto en café uva a café pergamino respectivamente.
- Identificar el programa de aspersión de fertilizante potásico que permita obtener la mejor relación de beneficio/costos en la producción.

V. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- Al menos un programa de aspersión de fertilizante Potasio foliar mejora el rendimiento de la producción del cultivo de café.
- Al menos un tratamiento de Potasio foliar evaluado obtendrá las características en volumen del fruto en uva y grano de café, y la conversión del fruto uva a grano o pergamino.
- Al menos un tratamiento de Potasio foliar evaluado obtiene mejor relación beneficio/costo.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Localización del experimento

6.1.1 Ubicación geográfica

La unidad de estudio se ubica sobre la ruta nacional que entronca con la carretera CA – 2, ruta del pacífico a la altura del kilómetro 213, al sur – este del municipio de Colomba Costa Cuca, del departamento de Quetzaltenango; ubicándose a 14° 39' 32" Latitud Norte y 91° 48' 45" Longitud Oeste, respecto al meridiano de Greenwich, a una altura de 579 msnm, de acuerdo a las zonas de vida de Holdridge.

6.1.2 Condiciones edafoclimáticas

Según de la Cruz (1982), basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, ubica al municipio de Colomba Costa Cuca dentro de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical templado.

El clima es templado. Presentando un promedio de temperatura Máxima de 30 °C., y Mínima de 17 °C. con una media anual de 26.5 °C. De acuerdo a los registros que se llevan en la finca, se tiene un promedio de 4500 mm anuales, distribuidos en 170 días de lluvia, dentro de los meses de mayo a noviembre.

Los suelos del municipio de Colomba Costa Cuca están desarrollados sobre aluviones cuaternarios, pertenecen a la división fisiográfica de suelos de la serie Ixtán arcillosos, dentro del Subgrupo “B” suelos profundos de 0.72 a 0.9 m., desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro, en relieve suave, productivos y bien drenados. Los suelos se clasifican dentro de la clase agrologica II y III de acuerdo a parámetros que para el efecto se utilizan (Simmons, Tarano, y Pinto, 1959).

6.2 Material experimental

Para este ensayo se utilizó el material siguiente:

- Plantas de café, variedad Catuaí de 16 años de edad. Esta proviene de un cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra. Con la Variedad Catuaí se obtiene un 15 y 20% de mayor producción en comparación con la variedad Caturra. (ANACAFE 2011).
- Microelemento foliar evaluado, el cloruro de potasio (KCL), con una concentración del 00-00-62.
- Mochila de 16 litros con boquilla de material Latón, acero inoxidable 303, 316 con rosca: Gas (BSPT) tipo cono vacío con una presión de 40 Psi (Libras/Pulgada/Cuadrada), para aplicaciones foliares.
- Nylon plástico de diferentes colores para identificar los tratamientos.
- Madera con su respectiva rotulación.
- Canasta plástica para la recolección del fruto.
- Sacos plásticos para depositar el fruto.
- Marcador para rotular los sacos plásticos.
- Probeta de 1000 mL para medir el volumen del fruto en uva y grano.
- Beneficio (despulpadora incorporada a presión de agua, sacos plásticos, cubetas plásticas para quitar el mucilago después de las 24 horas de fermentación, patio de secado)

6.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se evaluaron con la fertilización foliar de Cloruro de Potasio 00-00-62, en donde los tratamientos con numeración uno, dos, tres y cuatro, tuvieron diferentes frecuencias de aplicación, con un intervalo de 30 días entre una aplicación a otra, iniciando la primer aplicación a los 60 días después de la floración del cultivo de café y una dosificación de 3 Kg/Ha., esta dosificación se dividió de acuerdo a la cantidad de aplicación de cada tratamiento, a excepto el tratamiento cinco solo se le hizo una aplicación a los 90 días con una dosificación de 2.5 Kg/Ha., por ser el tratamiento

relativo, este tratamiento se basa al plan y dosis de fertilización de la finca, en cuanto a la dosificación los primeros tratamientos se les aumentó medio Kg/Ha., por la razón de la división de las dosis en sus frecuencias, mientras más frecuencias tiene el tratamiento es menor su dosis para ello. Las aplicaciones se formularon en el siguiente orden:

- Tratamiento 1 (T1). Con una aplicación de dos aspersiones del fertilizante Cloruro de Potasio foliar a los 60 y 90 días después de floración.
- Tratamiento 2 (T2). Con una aplicación de tres aspersiones del fertilizante Cloruro de Potasio foliar a los 60, 90 y 120 días después de la floración.
- Tratamiento 3 (T3). Con una aplicación de cuatro aspersiones del fertilizante Cloruro de Potasio foliar a los 60, 90, 120 y 150 días después de la floración.
- Tratamiento 4 (T4). Con una aplicación de cinco aspersiones del fertilizante Cloruro de Potasio foliar a los 60, 90, 120, 150 y 180 días después de la floración
- Tratamiento 5 (T5). Con una aplicación de una sola aspersión del fertilizante Cloruro de Potasio foliar a los 90 días después de la floración, este tratamiento fue el testigo relativo.

6.4 Tratamientos evaluados

Cuadro 3. Dosis y día de aplicación de los tratamientos de KCl (00-00-62).

Clave	Dosis/Ha	Día de aplicación después de la floración.
T1	3 kg/Ha.	60 y 90
T2	3 kg/Ha.	60, 90 y 120
T3	3 kg/Ha.	60, 90, 120 y 150
T4	3 kg/Ha.	60, 90, 120, 150 y 180
T5 (Testigo)	2.5 kg/Ha.	90

6.5 Diseño experimental

$$GL = (T-1)(R-1).$$

Para la evaluación se utilizó el diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 20 unidades experimentales.

6.6 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variables respuesta, rendimiento bruto, rendimiento neto, volumen del fruto en uva y pergamino y relación beneficio/costo.

U = Efecto de la media general.

T_i = Efecto de la i -ésima frecuencias de aplicación foliar del potasio.

B_j = Efecto de j -ésimo bloques

E_{ij} = Error experimental asociado a la i - j -ésima unidad experimental.

6.7 Unidad experimental.

- Cada parcela bruta fue de 9 metros de ancho por 8.25 metros de largo con un total de 74.25 m² por parcela y el total del área del ensayo es de 1,485 m².
- Cada parcela neta fue de 4.5 metros de ancho por 4.5 metros de largo con un total de 20.25 m² por parcela.
- La distancia de siembra esta de 1.50 metro entre surco por 1.50 metros entre plantas con un diseño de siembra de triangulo, cada parcela tiene 6 surcos en la cual 3 surcos de 6 plantas y las otras tres de 5 plantas.

- El total de plantas por parcela bruta es de 33, por bloque de 165 y por el ensayo un total de 660 plantas brutas.
- El total de plantas por parcela netas fue de 14, por bloque de 70 y por el ensayo un total de 280 plantas netas.

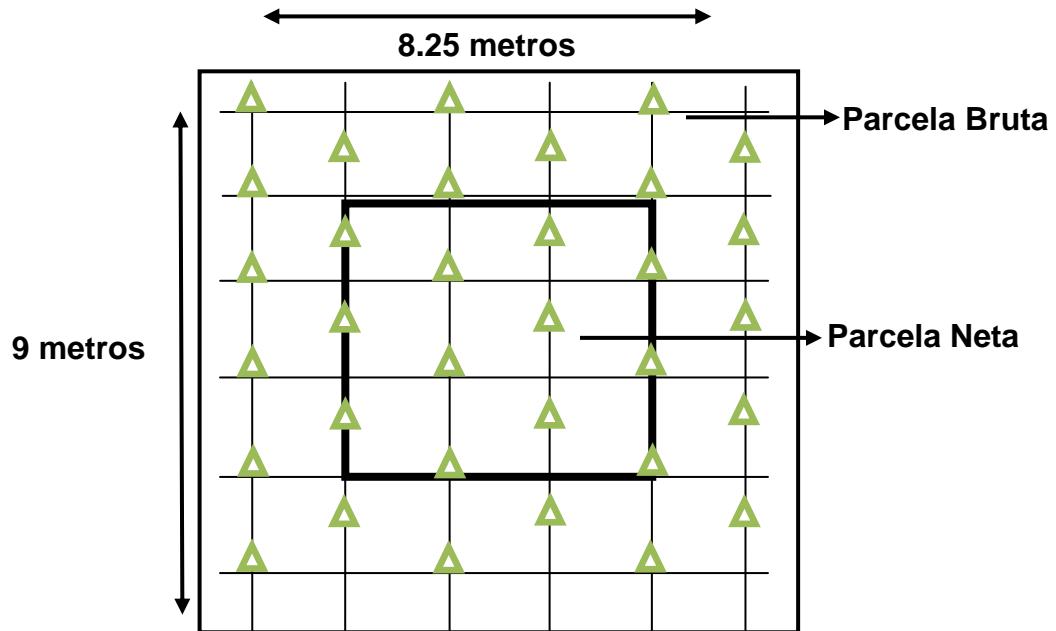


Figura 2. Esquema de una unidad experimental con sus dimensiones, señalando la parcela bruta y la parcela neta.

6.8 Croquis de campo.

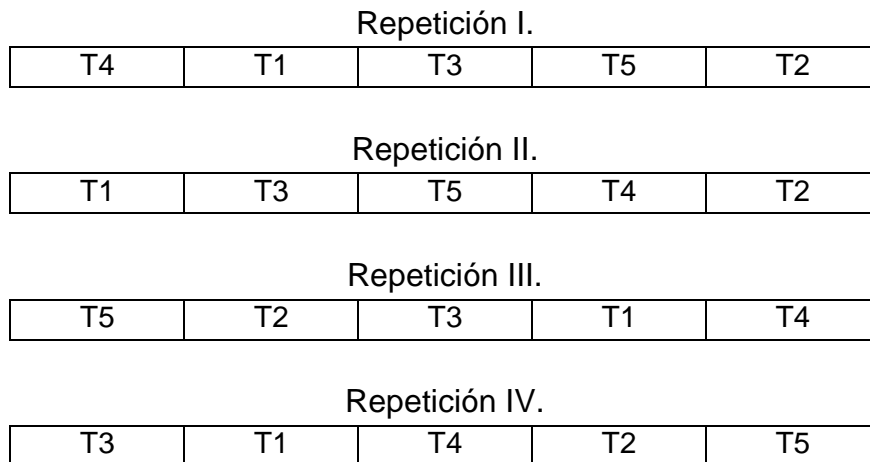


Figura 3. Distribución gráfica de los tratamientos y repeticiones en el campo definitivo.

6.9 Manejo del experimento.

6.9.1 Inventario de plantas de 16 años de edad

Se realizó un inventario para determinar el número de plantas en cada parcela (ver anexo 1), cada parcela bruta tenía 33 plantas y en el total del ensayo de 660 plantas, y la parcela neta tenía 14 plantas y el total del ensayo de 280 plantas.

6.9.2 Muestreo de suelo y foliar

Se realizó un análisis de suelos y foliar con fines de determinar el grado de fertilidad del suelo y las concentraciones de los elementos nutricionales en la planta.

6.9.3 Aplicación del fertilizante potásico foliar

Se diluyó 3 Kg./200lts/ha. de Cloruro de Potasio foliar y para su aspersion se utilizó mochila de 16 litros con boquilla cono vacío con una presión de 40 psi (ver anexo 2), que normalmente se utilizan para aplicaciones foliares. Se inició la aspersion a los 60 días después de la abertura de la floración cuando el fruto tenía la forma elíptica y medía 1.5 cm lo normal, con un intervalo de 30 días que en una de las unidades experimentales obtuvo un total de 5 aplicaciones terminando a los 180 días después de la floración.

6.9.4 Cosecha

Se inició a los 206 días después de la floración (ver anexo 3), donde se comenzó a realizar la cosecha, obteniendo 8 cortes durante su producción hasta los 315 días después de la floración, finalizando la cosecha del cultivo, que también dependió de la variedad y las condiciones edafoclimaticas.

6.10 Variables de respuesta

6.10.1 Rendimiento bruto

- Se pesó el fruto uva en Kg./ha. por cada unidad experimental, desde el primer corte hasta finalizar la cosecha, obteniendo el peso total de cada unidad experimental.

6.10.2 Rendimiento neto

- Se tomó el peso del café pergamino en Kg./ha., de cada unidad experimental desde el primer corte después de secado en patio hasta finalizar la cosecha, obteniendo el peso total de cada unidad experimental.
- El rendimiento vano del grano de café, expresado en Kg./ha., esta actividad se demostró en el proceso post cosecha, que fue cuando se despulpó el fruto, fermento y luego se procedió a lavar en el beneficio de la finca, con cada unidad experimental, hasta finalizar la cosecha, obteniendo el peso total y el porcentaje vano de cada unidad experimental.
- Se hizo la conversión de café uva a pergamino, en donde se identificó cuantos kilogramos de café en uva se necesitan para un kilogramo de café pergamino.

6.10.3 Volumen del fruto

- Se midió el volumen del fruto de café uva en una probeta de 1000 ml, al momento después del primer corte hasta finalizar la cosecha, obteniendo un volumen promedio de cada unidad experimental.
- Se midió el volumen del grano de café pergamino en una probeta de 1000 ml, después del despulpado y lavado del primer corte hasta finalizar la cosecha, obteniendo un volumen promedio de cada unidad experimental.

6.10.4 Análisis de relación beneficio/costo por tratamiento

- Se llevó un registro económico de cada uno de los tratamientos evaluados y al finalizar se hizo la relación beneficio/costo.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

Variables, rendimiento y volumen del fruto de la producción, se realizó un análisis de varianza y en los casos donde se encontró significancia entre tratamientos se efectuó una prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia.

6.11.2 Análisis económico

Una tecnología se considera válida si y solo si, satisface los criterios de eficiencia económica bajo las condiciones del agricultor, por esta razón se utilizó el parámetro relación beneficio/costo para evaluar cada tratamiento.

6.12 Tiempo de ejecución de la investigación

El tiempo estimado para el proyecto de tesis fue de 11 meses de investigación, se inició cuando empezó la floración en el cultivo del café (*Coffea Arábica* L.) que fueron los meses a finales de Enero, terminando a principios de Diciembre con el ultimo corte.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1 Rendimiento bruto

En el cuadro No. 4, se presentan los siguientes resultados que se obtuvieron de la variable rendimiento bruto en Kg. /ha. en café uva, en cada uno de los tratamientos con sus respectivos bloques, los cuales se les efectuó el análisis de varianza.

Cuadro 4. Rendimiento bruto de los cinco tratamientos evaluados expresado en Kg.uva/ha.

Tratamientos	Bloques				Media
	I	II	III	IV	
(T1) Dos aspersiones	12,047.41	11,333.33	11,784.69	10,812.35	11,494.44
(T2) Tres aspersiones	14,063.21	15,373.83	15,878.52	14,560.49	14,969.01
(T3) Cuatro aspersiones	13,325.93	13,562.96	12,960.49	12,562.96	13,103.09
(T4) Cinco aspersiones	12,813.83	13,080.00	12,293.83	12,092.35	12,570.00
(T5) Una aspersión testigo relativo	11,844.44	12,274.57	12,132.35	11,800.00	12,012.84

El cuadro No. 5, presenta el análisis de varianza, en donde la variable rendimiento bruto en café uva en Kg.uva/ha., donde muestra una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, por lo que se sometió a comparación de medias, utilizando el método de Tukey al 5%.

Cuadro 5. Análisis de varianza de rendimiento bruto Kg.uva/ha.

F.V	G.L	SC	CM	FC	F tab. 0.05	
Tratamientos	4	28,676,039.38	7,169,009.85	33.90	3.26	**
Bloques	3	1,675,706.46	558,568.82	2.64	3.49	NS
Error	12	2,537,590.05	211,465.84			
Total	19	32,889,335.89				

**= Significancia

NS= No significancia

En el cuadro 6, se presentan los resultados de la variable rendimiento bruto, obtenidos de la prueba de medias utilizando el método de Tukey $\alpha = 0.05$, el cual determino que el tratamiento dos (tres aspersiones) obtuvo el mejor rendimiento bruto de 14,969.01 Kg/ha., seguido por el tratamiento tres (cuatro aspersiones) con un rendimiento de 13,103.09 Kg/ha., el tratamiento cuatro (cinco aspersiones) con un rendimiento de 12,570.00 Kg/ha., mientras que los tratamientos dos y cinco (testigo relativo) no obtuvieron buenos rendimientos.

Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey al 5% de la variable rendimiento bruto en Kg.uva/ha.

Tratamientos	Rendimiento bruto Kg/ha	Prueba de medias Tukey
Tres aspersiones	14,969.01	A
Cuatro aspersiones	13,103.09	B
Cinco aspersiones	12,570.00	B
Testigo relativo	12,012.84	C
Dos aspersiones	11,494.44	C

La planta del tratamiento dos (tres aspersiones) obtuvo mayor índice de recepción del fruto y menor caída del grano al pie de la planta en el tiempo de mayor incidencias de lluvias observado en el área de campo, reteniendo el fruto hasta su etapa de cosecha, esto se debió a la participación del elemento de Potasio dentro del antagonismo catiónico, esta actividad es específica en los distintos procesos metabólicos fundamentales como la respiración, la fotosíntesis y la síntesis de clorofilas, aumentando la eficiencia de nitrógeno, estimulando la formación de los frutos. Siendo esta la razón, el tratamiento obtiene un porcentaje mayor en café uva durante la producción, mientras que en los demás tratamientos los frutos se notaban en mayor número botados por la planta, debido a este problema, fueron superados por el tratamiento dos (tres aspersiones) en la producción durante la investigación.

Esta actividad demuestra que la planta absorbió y aprovecho el elemento de Potasio en el proceso fisiológico de crecimiento del fruto, coincidiendo en gran parte en la curva de absorción del potasio en la planta, investigación de Bertsch F. 2003.

7.2 Rendimiento neto

7.2.1 Peso de café Pergamino

El dato obtenido de los resultados de las variable rendimiento pergamino en Kg./ha., con cada uno de los tratamientos en sus respectivos bloques, los cuales se utilizaron para la realización del análisis de varianza, se encuentran en el cuadro No. 7

Cuadro 7. Rendimiento pergamino de los cinco tratamientos evaluados expresado en

Tratamiento	Bloques				Media
	I	II	III	IV	
(T1) Dos aspersiones	1,996.54	1,906.67	1,935.80	1,960.49	1,949.88
(T2) Tres aspersiones	2,310.62	2,850.37	2,502.72	2,529.88	2,548.40
(T3) Cuatro aspersiones	2,263.21	2,137.78	2,335.31	2,122.96	2,214.81
(T4) Cinco aspersiones	2,194.57	2,059.26	2,002.47	2,108.15	2,091.11
(T5) Una aspersión testigo relativo	1,880.99	2,235.23	1,854.81	2,048.40	2,004.86

En la evaluación realizada, se encuentran una diferencia entre los tratamientos, mostrado en el cuadro No. 8, en donde se obtiene la FC. un valor de 9.65 que es mayor a los datos de la FT dando diferencia significativa, lo contrario a los datos de los bloques de cada tratamientos, donde no muestran diferencia significativa.

Cuadro 8. Análisis de varianza en rendimiento pergamino en Kg/ha.

F.V	G.L	SC	CM	FC	F tab. 0.05	
Tratamientos	4	907,222.26	226,805.57	10.57	3.26	**
Bloques	3	40,880.58	13,626.86	0.63	3.49	NS
Error	12	257,555.44	21,462.95			
Total	19	1,205,658.29				

* * = Significancia

NS= No significancia

En el cuadro 9, se presentan los resultados de la variable rendimiento neto en café pergamino de primera, obtenidos de la prueba de medias utilizando el método de Tukey $\alpha = 0.05$, el cual determino que el tratamiento dos (tres aspersiones) obtuvo el mejor rendimiento neto de primera de 2,548.40 Kg/ha., seguido por el tratamiento tres (cuatro aspersiones) con un rendimiento de 2,214.81 Kg/ha., mientras que los tratamientos uno, cuatro y cinco (testigo relativo) fueron los de menor rendimientos.

Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey al 5% de la variable rendimiento neto en Kg.Per./ha.

Tratamientos	Rendimiento neto Kg/ha	Prueba de medias Tukey
Tres aspersiones	2,548.40	A
Cuatro aspersiones	2,214.81	B
Cinco aspersiones	2,091.11	B
Testigo relativo	2,091.11	B
Dos aspersiones	1,949.88	B

El tratamiento que presento el mejor resultado para la variable rendimiento neto en café pergamino producto de primera, fue el tratamiento que se le aplico tres aspersiones de fertilizante foliar Cloruro de Potasio 00-00-62 con una dosis de un Kg/ha. por aspersión, obteniendo de 14,969.01 kg. café uva/ha. 2,548.40 Kg. en el proceso de beneficiado, donde en la conversión se necesitan 5.87 Kg. de café uva para obtener 1 Kg. en café pergamino de primera, teniendo un índice de 17.02% de café pergamino de primera. Superando al resto de los demás tratamiento en su conversión e índice de porcentaje de café pergamino de primera, estos resultados se debe a la participación del elemento de Potasio dentro del antagonismo catiónico, esta actividad participa en los distintos procesos metabólicos fundamentales como la respiración, la fotosíntesis y la síntesis de clorofilas, aumentando la eficiencia de nitrógeno, estimulando la formación de los frutos y el llenado en peso del grano.

7.2.2 Peso de rendimiento vano

Los datos de los resultados que se obtuvieron de las variable rendimiento vano en Kg./ha., con cada uno de los tratamientos en sus respectivos bloques, los cuales se utilizaron para la realización del análisis de varianza, se encuentran en el cuadro No. 10.

Cuadro 10. Rendimiento vano de los tratamientos evaluados expresado en kg/ha.

Tratamiento	Bloques				Media
	I	II	III	IV	
(T1) Dos aspersiones	76.54	80.00	75.56	77.04	77.28
(T2) Tres aspersiones	96.30	80.49	99.26	91.36	91.85
(T3) Cuatro aspersiones	80.99	85.43	84.44	88.89	84.94
(T4) Cinco aspersiones	78.02	71.11	80.49	71.60	75.31
(T5) Una aspersión testigo relativo	81.98	82.47	87.90	79.01	82.84

Dentro de los datos de la evaluación se encuentran una diferencia entre los tratamientos, mostrado en el cuadro No. 11 en donde se obtiene la FC. un valor de 7.69 que es mayor a los datos de la FT dando diferencia significativa, lo contrario a los datos de los bloques de cada tratamientos, donde no muestran diferencia significativa.

Cuadro 11. Análisis de varianza en rendimiento vano en Kg/ha.

F.V	G.L	SC	CM	FC	F tab. 0.05	
Tratamientos	4	689.70	172.42	7.69	3.26	**
Bloques	3	84.22	28.07	1.25	3.49	NS
Error	12	269.08	22.42			
Total	19	1,043.00				

**= Significancia

NS= No significancia

En el cuadro 12, se presentan los resultados de la variable rendimiento neto en café pergamino vano (segunda), obtenidos de la prueba de medias utilizando el método de Tukey $\alpha = 0.05$, el cual determina que el tratamiento dos (tres aspersiones), tratamiento tres (cuatro aspersiones) y el tratamiento cinco (testigo relativo) dieron mejor resultados, mientras que los tratamientos uno (dos aspersiones) y cuatro (cinco aspersiones), obtienen mayor diferencia a los primeros tratamientos con menor rendimiento.

Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey al 5% de la variable rendimiento vano en Kg./ha.

Tratamientos	Rendimiento vano Kg/ha	Prueba de medias Tukey
Tres aspersiones	91.85	A
Cuatro aspersiones	84.94	A
Testigo relativo	82.84	A
Dos aspersiones	77.28	B
Cinco aspersiones	75.31	B

El tratamiento dos (tres aspersiones) obtiene mayor recepción del fruto de fase fisiológica incompleta por la planta en el tiempo de mayor incidencia de lluvias, por lo general la planta de café no retiene el fruto de fase incompleta en las épocas de mayor precipitación pluvial, en esta ocasión hay recepción del fruto de café uva vano debido a la participación del elemento de Potasio dentro del antagonismo catiónico, esta actividad es específica en los distintos procesos metabólicos fundamentales como la respiración, la fotosíntesis y la síntesis de clorofilas, aumentando la eficiencia de nitrógeno, esta actividad hace más resistente al pedúnculo del fruto de café uva.

Esta actividad accede a obtener mayor número de grano de café vano en este tratamiento, más sin embargo es el tratamiento que presenta menor índice de porcentaje en el vaneado con el 0.61%.

7.3 Volumen del fruto

7.3.1 Volumen en uva

Los datos de los resultados que se obtuvieron de las variables en volumen uva expresado en cm^3/fruto , con cada uno de los tratamientos en sus respectivos bloques, los cuales se utilizaron para la realización del análisis de varianza, se encuentran en el cuadro No. 13.

Cuadro 13. Volumen de uva de los tratamientos evaluados expresado en cm^3/fruto .

Tratamiento	Bloques				Media
	I	II	III	IV	
(T1) Dos aspersiones	1.58	1.60	1.69	1.58	1.61
(T2) Tres aspersiones	1.61	1.56	1.53	1.48	1.55
(T3) Cuatro aspersiones	1.53	1.51	1.53	1.56	1.53
(T4) Cinco aspersiones	1.75	1.61	1.63	1.50	1.62
(T5) Una aspersión testigo relativo	1.53	1.52	1.54	1.78	1.53

El cuadro 14, presenta el análisis de varianza de la variable volumen uva expresado en cm^3/fruto , donde no muestra diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, Obteniendo un coeficiente de variación de 5.66%, por lo cual los datos son confiables.

Cuadro 14. Análisis de varianza en volumen de uva expresado en cm^3/fruto .

F.V	G.L	SC	CM	FC	F tab. 0.05	
Tratamientos	4	0.03	0.01	0.81	3.26	NS
Bloques	3	0.00	0.00	0.15	3.49	NS
Error	12	0.10	0.01			
Total	19	0.13				

NS= No significancia

7.3.2 Volumen en pergamino

Los resultados que se obtuvieron de las variables en volumen pergamino expresado en cm^3/grano , con cada uno de los tratamientos en sus respectivos bloques, los cuales se utilizaron para la realización del análisis de varianza, se encuentran en el cuadro No. 15.

Cuadro 15. Volumen del grano de los tratamientos evaluados expresado en cm^3/grano .

Tratamiento	Bloques				Media
	I	II	III	IV	
(T1) Dos aspersiones	0.30	0.28	0.29	0.27	0.29
(T2) Tres aspersiones	0.29	0.25	0.26	0.28	0.27
(T3) Cuatro aspersiones	0.25	0.27	0.24	0.28	0.26
(T4) Cinco aspersiones	0.30	0.29	0.28	0.27	0.29
(T5) Una aspersión testigo relativo	0.29	0.27	0.26	0.30	0.29

El cuadro 16, presenta el análisis de varianza de la variable volumen grano expresado en cm^3/fruto , donde no muestra diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, Obteniendo un coeficiente de variación de 5.57 %, por lo cual los datos son confiables.

Cuadro 16. Análisis de varianza en volumen de pergamino expresado en cm^3/grano .

F.V	G.L	SC	CM	FC	F tab. 0.05	
Tratamientos	4	0.00188	0.00047	1.99	3.26	NS
Bloques	3	0.00116	0.00039	1.63	3.49	NS
Error	12	0.00284	0.00024			
Total	19	0.00588				

NS= No significancia

7.4 Análisis económico

Para la realización del análisis económico se tomaron en cuenta los costos realizados con datos de la finca y los costos de la implementación del fertilizante foliar en cada tratamiento, el resto de actividad fue similar para toda la investigación. Los cuales se muestran de forma detallada en el anexo 4.

En el cuadro 17, se presentan de forma resumida los costos de producción y los ingresos que se obtuvieron en los tratamientos evaluados.

Cuadro 17. Beneficio/costo de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Producción primera kg/ha	Precio primera por kg	Producción vano kg/ha	Precio vano por kg	Ingreso total	Costos totales	Beneficio/Costo
Tratamiento 1	1949.88	Q. 22.00	77.28	Q. 2.20	Q. 43,067.38	Q. 17,510.32	Q 2.46
Tratamiento 2	2548.40	Q. 22.00	91.85	Q. 2.20	Q. 56,266.87	Q. 20,995.09	Q 2.68
Tratamiento 3	2214.81	Q. 22.00	84.94	Q. 2.20	Q. 48,912.69	Q. 19,371.97	Q 2.52
Tratamiento 4	2091.11	Q. 22.00	75.31	Q. 2.20	Q. 46,170.10	Q. 19,013.67	Q 2.43
Tratamiento 5	2004.43	Q. 22.00	82.84	Q. 2.20	Q. 44,279.71	Q. 17,607.41	Q 2.51

Para obtener el beneficio/costo se tomaron en cuenta el ingreso total y los costos totales de la producción, dividiendo el ingreso total de la producción con sus costos totales.

El tratamiento dos (tres aspersiones) tiene la mejor relación beneficio/costo debido al producto de calidad rentable para su comercialización, obtenido en la cosecha durante la investigación, superando al resto de los demás tratamientos con su beneficio/costo de 2.68: 1, teniendo Q. 0.25 de ganancia por cada quetzal invertido sobre el tratamiento que menos rentabilidad mostro, y Q. 0.17 de ganancia más con el tratamiento cinco por ser el testigo relativo y tener menos aplicación que el resto.

VIII. CONCLUSIONES

En el ensayo se evalúa el efecto de la aplicación de las diferentes frecuencias de aspersión del fertilizante foliar Cloruro de Potasio al 00-00-62 en la producción del cultivo de café (*Coffea arábica L.*), determinando que la parcela del tratamiento dos (tres aspersiones) obtiene la mejor producción con un rendimiento de 14,969.01 Kg. de café uva/Ha. y su proceso de beneficiado de 2,548.40 Kg. en café pergamino/ha. producto de primera.

Dentro de los tratamientos evaluados, el tratamiento dos obtuvo efecto en el rendimiento café uva, presentando en el beneficiado la mejor conversión a pergamino y disminuyendo su porcentaje de vaneos, el cual en la conversión se necesitan 5.87 Kg. de café uva para obtener 1 Kg. de café pergamino de primera y un porcentaje de 0.61% café vano, con estos resultados se demuestra la calidad del grano en la producción del cultivo de café, con la utilización del fertilizante foliar Cloruro de Potasio a una concentración de 00-00-62.

El análisis de relación beneficio/costo permitió identificar que el tratamiento dos (tres aspersiones) es el que mejor relación presenta respecto al resto, debido al volumen de producción que obtuvo en el proceso de investigación. Dando como resultado una relación de beneficio/costo de 2.68: 1.

IX. RECOMENDACIONES

Para mejorar la producción en el cultivo de café (*coffe arábica* L.) se recomienda la aplicación del fertilizante foliar Cloruro de Potasio al 00-00-62, con una dosificación de tres Kg./ha. en el tiempo oportuno que la planta necesite de este elemento. En este caso se recomienda el tratamiento dos, es decir tres aspersiones del fertilizante foliar Cloruro de Potasio al 00-00-62 con una dosis de 1 Kg./ha. en cada aspersión, iniciando a los 60 días después del pico de floración de la planta de café, dejando un tiempo de 30 días de una aspersión a la siguiente, terminando la última aspersión a los 120 días, para mejorar la recepción del fruto en la planta.

Para reducir el porcentaje de vaneos en el fruto de café pergamino se recomienda el tratamiento dos (tres aspersiones) de Cloruro de Potasio foliar al 00-00-62, por superar el volumen de producción al resto en el proceso de evaluación.

Se recomienda el tratamiento dos (tres aspersiones) por mejorar la relación beneficio/costo respecto al resto de los tratamientos, esto se obtiene debido al volumen de producción que presento en la investigación bajo las condiciones de suelos y clima de la finca El Rosario Quezada Colomba C. C. Quetzaltenango.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROINFORMACION (2015). Cultivo de café - AbcAgro. (En línea) Chile consultado el 29 de Octubre del 2015. Disponible en <http://www.abcagro.com/herbaceos/industriales/cafe3.asp>

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT) (2015). Exportaciones café Guatemala caen - Anacafé. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 12 de marzo de 2015. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/13NOT:NAC_Exportaciones_cafe_Guatemala_caen_noviembre_2013

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT) (2011). Semillas de las variedades de café cultivadas por Anacafé. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 10 de Noviembre de 2011. Disponible en www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Variedades_del_cafe

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT) (2011). Caficultura fertilización. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 10 de Noviembre del 2011. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Fertilizacion

BANGUAT (2014). Precio de café alienta economía nacional. Prensa Libre, Guatemala, GT. Feb. Actualizado y consultado el 29 de Octubre del 2015. Disponible en http://www.prensalibre.com/noticias/Precio-cafe-alienta-economia-nacional_0_1088891164.html

BANGUAT (Banco de Guatemala) (2012). Exportaciones realizadas. (en línea). Coatepeque, GT consultado el 12 de marzo de 2015. Disponible en http://www.banguat.gob.gt/estaeco/ceie/hist/pdfs/2011/TA/kG-116_2011.pdf

Bertsch F. (Centro de Investigación Agronómico, Universidad de Costa Rica) (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. Páginas 10 (En línea) San Jose, CR consultado el 10 de Noviembre del 2011. Disponible en

[http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/\\$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf)

Café de Colombia (2015). Botánica y fisiología del café. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 18 de Octubre del 2015. Disponible en http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno

De la Cruz S., J. R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala: Instituto Nacional Forestal. 42 p.

De León H. (2008). Como se cultiva el café. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 10 de Noviembre del 2011. Disponible en es.slideshare.net/furioso/como-se-cultiva-el-cafe-presentation.

INNATIA (2012). Café y Salud - Innatia. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 11 de Noviembre del 2011. Disponible en <http://www.innatia.com/s/c-cafe-salud.html>

ISAOSA (Ficha técnica) (2012). ISAOSA: PRODUCTOS SOLUBLES MOP Blanco. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 10 de Noviembre del 2011. Disponible en <http://isaosa.com/products>

Leite et al, (1996). Manejo del suelo.- AbcAgro. (En línea). Coatepeque, GT consultado el 11 de Noviembre del 2011. Disponible en <http://www.abcagro.com/herbaceos/industriales/cafe4.asp>

Molina Eloy, Meléndez G. (2002). nutrición mineral de las plantas - Centro de Investigaciones Agronómicas. UCR (En línea) Costa Rica consultado el 10 de Noviembre del 2011. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf> eamolina@cariari.ucr.ac.cr

Mora S. (2008). Clasificación Taxonómica del Cultivo de Café. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) (En línea) Region Norte, GT consultado el 20 de Octubre del 2015. Disponible en www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00080.pdf

Miguel F. (2012). Deficiencias Nutricionales del Cafeto – Uprn (En línea) Puerto Rico consultado el 24 de Octubre del 2013. Disponible en <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id25.htm>

PROMIX (2015) centro de formación. Rol del potasio en el cultivo. (En línea) Bogotá Colombia consultado el 29 de octubre del 2015. Disponible en <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>

Simmons, C. H., Tarano, J. M., & Pinto, J. H. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala. (P. Tirado Sulsona, Trad.) Guatemala: Jose de Pineda Ibarra. 175 - 293 p.

SMART (2015). Fertilizer Management Potasio en las plantas. (En línea) Bogotá Colombia consultado el 29 de Octubre del 2015. Disponible en www.smart-fertilizer.com/es/articles/potassium-in-plants

SUPRACAFE S. A. (2010). Información nutricional. (En línea) **Móstelos, España consultado y actualizado el 29 de Octubre del 2015. Disponible en** <http://www.supracafe.com/es/menu/coffee-culture/informacion-nutricional>

TUESTA CHICHIPE, Fernando Michel (2012). INFORMACION BASICA SOBRE FERTILIZANTES. (en línea). Recuperado 11 de febrero 2014. Disponible en: <http://www.es.scribd.com/doc/206500490/INFORMACION-BASICA-SOBRE-FERTILIZANTES>

XI. ANEXOS

ANEXO 1. Inventario de plantas de cada parcela.



ANEXO 2. Aplicación del fertilizante foliar Cloruro de Potasio 00-00-62.



ANEXO 3. Corte de café en las parcelas del ensayo.



ANEXO 4. Costo por cada tratamiento evaluado.

DESCRIPCION	T1	T2	T3	T4	T5
Arrendamiento	Q. 1,760.00	Q. 1,760.00	Q. 1,760.00	Q. 1,760.00	Q. 1,760.00
Mantenimiento de Cafetales	Q. 1,204.34	Q. 1,204.34	Q. 1,204.34	Q. 1,204.34	Q. 1,204.34
Fertilización	Q. 3,211.13	Q. 3,211.13	Q. 3,211.13	Q. 3,211.13	Q. 3,211.13
Control de plagas	Q. 17.12	Q. 17.12	Q. 17.12	Q. 17.12	Q. 17.12
Cosecha	Q.10,115.11	Q.13,172.73	Q.11,530.72	Q.11,061.60	Q.10,356.40
Beneficio	Q. 854.03	Q. 1,116.17	Q. 970.06	Q. 915.88	Q. 877.92
Aplicación de potasio	Q. 348.60	Q. 513.60	Q. 678.60	Q. 843.60	Q. 180.50
COSTO TOTAL/Ha.	Q. 7,510.32	Q.20,995.09	Q.19,371.97	Q.19,013.67	Q.17,607.41