

**EVALUACION DE LA FERTILIZACION EDAFICA EN CAFE (*Coffea arabica* L.)
MEDIANTE EL ANALISIS SENSORIAL Y CARACTERISTICAS FISICAS BAJO
DIFERENTES ALTURAS EN FUSAGASUGA-CUNDINAMARCA.**

**EVALUATION OF FERTILIZATION SOIL IN COFFEE (*Coffea arabica* L.)
THROUGH THE SENSORY ANALYSIS AND PHYSICAL CHARACTERISTICS
UNDER DIFFERENT HEIGHTS IN FUSAGASUGA-CUNDINAMARCA.**

Melo R., E.B¹; Piñeros R., J.B².

**Universidad de Cundinamarca; Facultad de Ciencias Agropecuarias;
Programa de Ingeniería agronómica. Fusagasugá, 2015.**

RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos fincas cafeteras en el municipio de Fusagasugá (Cundinamarca), en las veredas La Isla y Bethel. Se evaluó la fertilización edáfica en café (*Coffea arabica* L.) mediante el análisis sensorial y características físicas bajo diferentes alturas. La metodología utilizada para su desarrollo fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), estableciendo dos formulaciones (nitrógeno con el producto Nutrilife® a dosis de 80 g·L⁻¹ y boro con el producto Ascofol® a 38 g·L⁻¹) y tres repeticiones, para obtener en los tiempos de recolección de café las variables físicas (tamaño de grano, peso de grano y número de granos en rama) y sensoriales (acidez, cuerpo y sabor). La formulación con boro fue la que mejor comportamiento tuvo para las variables físicas y sensoriales, teniendo en cuenta que dentro de las plantaciones existieron factores que afectaron su disponibilidad como los contenidos de arcilla, los porcentajes de hierro y el pH). Comparando las fincas, los mejores resultados se registraron en la finca ubicada en la vereda Bethel a 1800 msnm, donde en tamaño de grano se obtuvieron granos supremo, con un peso promedio de 1.8 g y un número de granos en rama promedio de 30, en el análisis sensorial resultó una acidez media, un cuerpo medio y sabor dulce vinoso. Se concluye que la altitud es uno de los factores más importantes a la hora del establecimiento de cafetales, ya que ella aporta características de sello a la bebida de café. Las aplicaciones con boro mejoraron la perspectiva sensorial y el carácter físico, plantas con granos de mayor tamaño, aumento en peso de grano y un incremento en el número de granos en rama.

Palabras claves: medición, pesaje, tostión, bebida, catación.

¹ Edna Brilly Melo Restrepo, brillyrestrepo@hotmail.com

² Juan Bautista Piñeros Rodríguez, Jbpr9214@hotmail.com

ABSTRACT

This research was conducted in two coffee farms in the municipality of Fusagasuga (Cundinamarca), on villages Bethel and The Isla. The soil fertilization in coffee (*Coffea arabica* L.) was evaluated by sensory analysis and physical characteristics under different heights. The methodology used for its development was the design of randomized complete block design (RCBD), establishing two formulations (nitrogen product with Nutrilife® dose of $80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and boron Ascofol® product with $38 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) and three repetitions, in time for coffee harvesting physical variables (grain size, grain weight and number of grains in branch) and sensory (acidity, body and flavor). Boron formulation was the best performer had for physical and sensory variables, considering that in the plantations existed factors that affected its availability as the clay content, the percentages of iron and pH). Comparing the farms, the best results were recorded in the farm located in Bethel village at 1800 meters, where in grain size were obtained supreme grains with an average weight of 1.8 g and an average number of grains branch 30, sensory analysis was medium acidity, medium body and sweet flavor vinous. It is concluded that the altitude is one of the most important factors in the establishment of coffee as she brings stamp features coffee drink. Applications with boron improved the sensory perspective and the physical character, with plants with larger grains, increased grain weight and an increase in the number of grains stick.

Keywords: measuring, weighing, roasting, beverage, cupping.

INTRODUCCION

En Colombia el café es el cultivo más importante en el segundo en el renglón de la economía del país después del petróleo, este producto se comercializa a través intermediario, exportador y se compra por medio de la evaluación organoléptica es decir catación. Esta prueba de evaluación es realizada por un especialista llamado catador. Éste posee amplios conocimientos, experiencia y habilidades naturales para poder percibir cada uno de los atributos y defectos que pueda tener el café (8; 31), además está a cargo de fijar el precio dependiendo de los atributos del café.

El aporte de nutrimentos de aplicaciones de fertilizantes influye positivamente en el desarrollo del grano y por ende sobre la calidad física y organoléptica del café. Una planta de café mal nutrida, sin los elementos esenciales suficientes para su desarrollo (nutrientes) produce malas tazas de café o tazas planas, por no contar con los elementos nutricionales que favorezcan la formación de un café de buena calidad. El tipo de fertilización o abonamiento que se realiza influye en la calidad del café, donde la calidad física esta correlacionada con la calidad organoléptica, granos bien desarrollados y de mayor peso producen una mejor bebida.

El análisis sobre la altitud que se presenta en esta investigación permite observar cómo influye en la producción de granos con adecuados atributos en la taza de café, siempre cuidando de los procedimientos agronómicos tales como requerimientos del cultivo, tiempos de fertilización previa la cosecha y sombrero dentro del cultivo, ya que afectan en gran medida la calidad física del grano en tamaño, peso y número de granos en rama y sensorial como la catación de café. La investigación se basó en la búsqueda de elementos nutricionales que intervinieran positivamente en los caracteres evaluados y así poder generar patente en las enmiendas para la producción de cafés especiales, generando la apertura de nuevos mercados para los caficultores y reconocimiento del potencial de la zona para el establecimiento y desarrollo de este cultivo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Evaluar el efecto de la fertilización edáfica en café (*Coffea arabica* L.) mediante el análisis sensorial y características físicas bajo diferentes alturas en Fusagasugá-Cundinamarca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el efecto de la fertilización con nitrógeno y boro sobre la producción de grano en los estándares de alta calidad para las variables tamaño de grano, peso de grano y número de granos por rama.
- Analizar la influencia de la altitud y la fertilización con nitrógeno y boro en la calidad de la taza de café sobre las propiedades organolépticas acidez, cuerpo y sabor.
- Recomendar parámetros de manejo agronómico adecuados para el establecimiento y mantenimiento de cultivos de café en la zona estudiada.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

- **VEGETAL:** Plantas de café (*C. arabica* L.) variedad Castillo® de dos años de edad. Por cada finca había un total de 90 plantas, para un total de plantas de 180, todas bajo condiciones de sombrío.
- **INSUMOS:** 2 litros de los productos Ascofol® y Nutrilife®

- **EQUIPOS:** bomba de espalda de 20 litros, calibrador, cinta métrica, colorímetro, computador, dosificador de 250 ml, equipo de granulometría, gramera, medidor de humedad, molino, tostadora, trilladora.
- **UTENSILIOS:** balde, balde de recolección de café, bandejas, bolsas ziploc, cintas de demarcación, cucharas, escupideras, estacas de 1.30 mts de alto, filtro de agua, jarras, letreros de tratamientos, palas, pocillos de 200 ml, servilletas, vasos.
- **OTROS:** agua, papelería (formatos de catación SCAA), lápices, tablas, borradores, tajalápiz, libreta de campo.

METODOLOGIA

LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO: La investigación se llevó a cabo en el municipio de Fusagasugá (Cundinamarca), donde se ubicaron 2 fincas: una a 1800 msnm y otra a 1600 msnm bajo condiciones de sombrero y manejo agronómico igual. En la tabla 1 se observa los resultados del análisis de suelo llevado a cabo al inicio de la investigación.

Tabla 1. Análisis de suelo fincas:

Finca a 1800 msnm									
pH	CO	N	Ca	K	Mg	Na	Al	CICE	
	%			meq/100g					
5.5	1.3	0.11	7.15	0.34	1.43	0.07	0	9	
P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	textura
mg/kg						%			ArL
88	1.6	372	2.47	1.41	0.16	47	43	9	
Finca a 1600 msnm									
pH	CO	N	Ca	K	Mg	Na	Al	CICE	
	%			meq/100g					
5.2	1.36	0.12	13.1	0.18	3.49	0.14	2.02	18.9	
P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	textura
mg/kg						%			FAr
9.94	0.88	126	28.9	1.78	<0.12	34	29	37	

DISEÑO EXPERIMENTAL: Se aplicó un DBCA (diseño de bloques completamente al azar) en las 2 explotaciones agrícolas seleccionadas. El propósito del diseño fue comparar el efecto de las altitudes en la producción de granos de calidad con características organolépticas de calidad especial y superior.

TRATAMIENTOS: Para los tratamientos se establecieron las siguientes enmiendas: Nitrógeno, Boro y ninguna aplicación ó testigo. Se hicieron 2 aplicaciones con diferencias de 6 meses aproximadamente. En la tabla dos se describen los productos usados y su formulación para las aplicaciones.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos y dosis por producto

Tratamiento	Producto	Dosis	Vol. Usado del producto
Nitrógeno	Nutriline ®	80 g/L	250 ml
Boro	Ascofol ®	38 g/L	250 ml
Testigo	Ningún producto		

MUESTREO

Se realizaron los muestreos en todas las 10 plantas de café, para ello se tomaron de cada bloque de los tratamientos un peso de granos en cereza aproximado de 2,5 a 3 kg. De estos granos recolectados se tomaron los 10 granos para medición de tamaño y peso, se demarcó una rama de la parte media del árbol y se realizaba el conteo de los granos presentes. Los muestreos tuvieron lugar en las horas de la mañana para evitar la deshidratación de los granos y así poder realizar el proceso de beneficio hacia el mediodía por logística de cada finca. Después de 15 días del muestreo se recogían las muestras del secador parabólico de cada finca y se llevaba al Centro de Análisis de café de Alta Calidad, ubicado en el municipio de Sasaima (Cundinamarca).

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron las características físicas y sensoriales, en la tabla 3 se describe las variables físicas analizadas y los procedimientos para hallar el dato.

Tabla 3. Determinación de las características físicas

	Unidad	Herramienta	No de granos
Tamaño	mm	Calibrador	10
Peso	g	Balanza analítica	10
Número de granos en rama	N/A	N/A	Total planta

N/A: No Aplica

Para las características sensoriales se realizó la catación del café, se llevaron 250 g de café pergamino seco por muestra de cada tratamiento al laboratorio del

centro de catación, donde los resultados obtenidos se tomaron en cuenta las variables acidez, cuerpo y sabor por ser de importancia (8; 12; 23)

RESULTADOS

CARACTERISTICAS FISICAS

TAMAÑO DEL GRANO

Para la finca a 1800 msnm, las plantas del tratamiento con aplicaciones de nitrógeno mostraron una tendencia ascendente, que inició con un tamaño del grano 15.6 mm a los 730 DDS (días después de la siembra) y terminó con 16.04 mm a 1095 DDS, seguido de los granos con aplicaciones con boro que inició con tamaño de 17.33 mm a los 730 DDS y terminó con 18.63 mm a los 1095 DDS, y por último plantas sin ninguna aplicación inició con tamaño de grano de 14.43 mm a los 730 DDS y 16.24 mm a los 1095 DDS (figura 1)

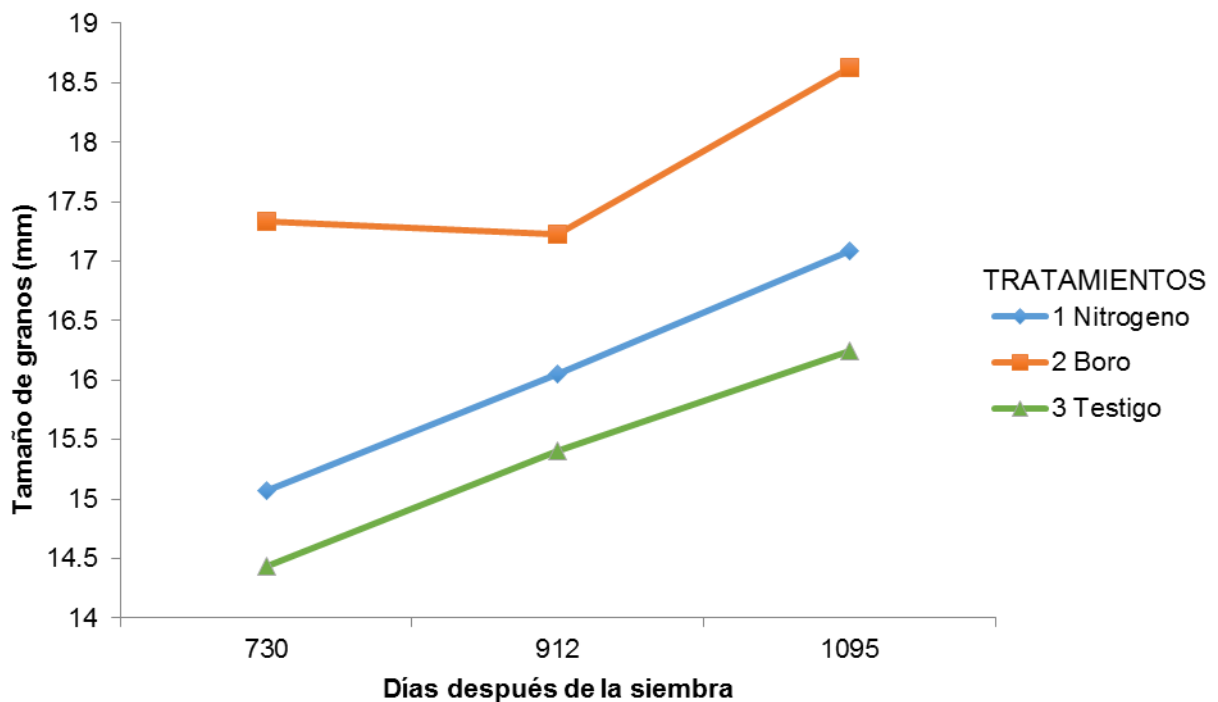


Figura 1. Tendencia del tamaño de granos (mm) de Café para tratamientos con nitrógeno y boro para la finca a 1800 msnm

Para la finca a 1600 msnm, las plantas del tratamiento con aplicaciones de nitrógeno mostraron una tendencia ascendente, que inició con un tamaño del grano 15.6 mm a 730 DDS y el terminó con 18.06 mm a 1095 DDS, seguido de los granos con aplicaciones con boro que inició con tamaño de 16.01 mm a los 730 DDS y terminó con 18.33 mm a 1095 DDS, y por último plantas sin ninguna aplicación inició con tamaño de grano de 14.33 mm a los 730 DDS y termino de 16.16 mm a los 1095 DDS (figura 2).

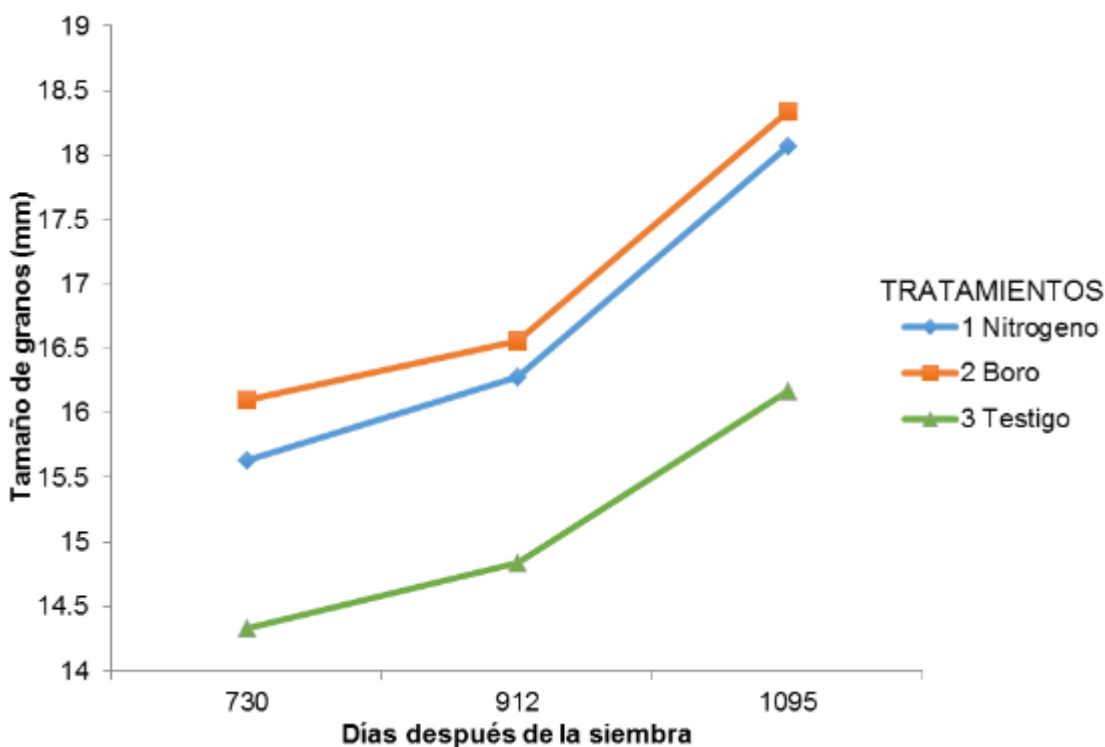


Figura 2. Tendencia del tamaño de granos (mm) de Café para tratamientos con nitrógeno y boro para la finca a 1600 msnm

PESO DE GRANO

Para la finca a 1800 msnm, las plantas del tratamiento con aplicaciones de nitrógeno mostraron una tendencia ascendente, que inició con peso de grano de 0.96 g a los 730 DDS y terminó con 2.52 g a los 1095 DDS, seguido de los granos con aplicaciones con boro que inició con peso de 1.11 g a los 730 DDS y el terminó con

2.37 g a los 1095 DDS, y por último plantas sin ninguna aplicación inició con peso de grano de 0.96 g a los 730 DDS y terminó de 2.28 g a los 1095 DDS (figura 3).

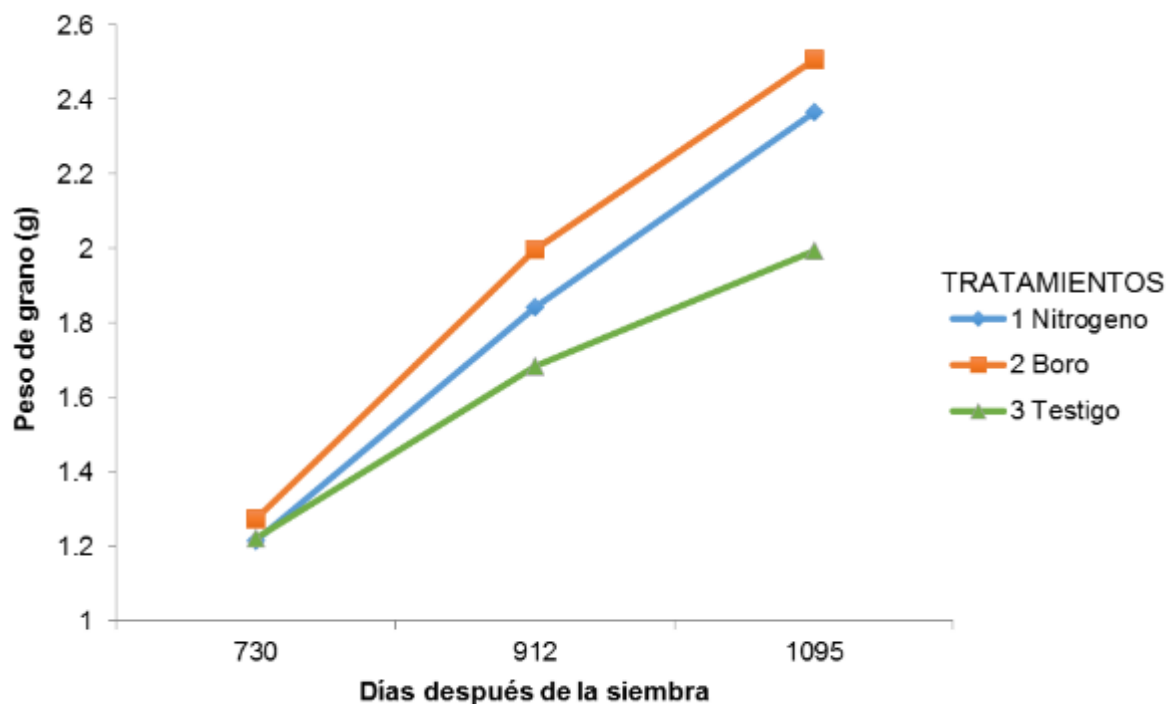


Figura 3. Tendencia del peso de grano (g) de Café para tratamientos con nitrógeno y boro para la finca a 1800 msnm

Para la finca a 1600 msnm, las plantas del tratamiento con aplicaciones de nitrógeno mostraron una tendencia ascendente, que inició con peso de grano de 1.21 g a los 730 DDS y el terminó con 2.36 g a los 1095 DDS, seguido de los granos con aplicaciones con boro que inició con peso de 1.27 g a los 730 DDS y terminó con 2.51 g a los 1095 DDS, y por ultimo plantas sin ninguna aplicación inició con peso de grano de 1.22 g a los 730 DDS y terminó de 1.99 g a los 1095 DDS (figura

4)

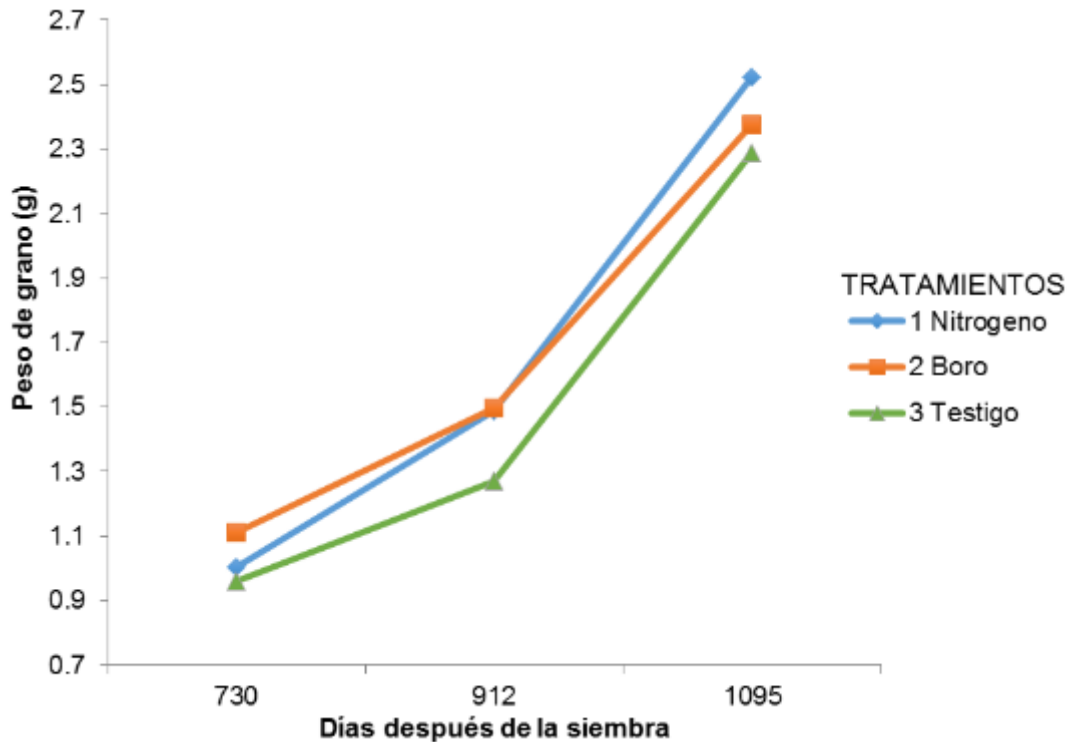


Figura 4. Tendencia del peso de grano (g) de Café para tratamientos con nitrógeno y boro para la finca a 1600 msnm

NUMERO DE GRANOS POR RAMA

Para la finca a 1800 msnm, las plantas del tratamiento con aplicaciones de nitrógeno mostraron una tendencia ascendente, que inició con número de granos 23 granos por rama a los 730 DDS y 37 granos por rama a los 1095 DDS, seguido de los granos con aplicaciones con boro que inició con 25 granos por rama a los 730 DDS y 40 granos por rama a los 1095 DDS, y por último plantas sin ninguna aplicación inició con 24 granos por rama a los 730 DDS y terminó con 34 granos por rama a los 1095 DDS (figura 5).

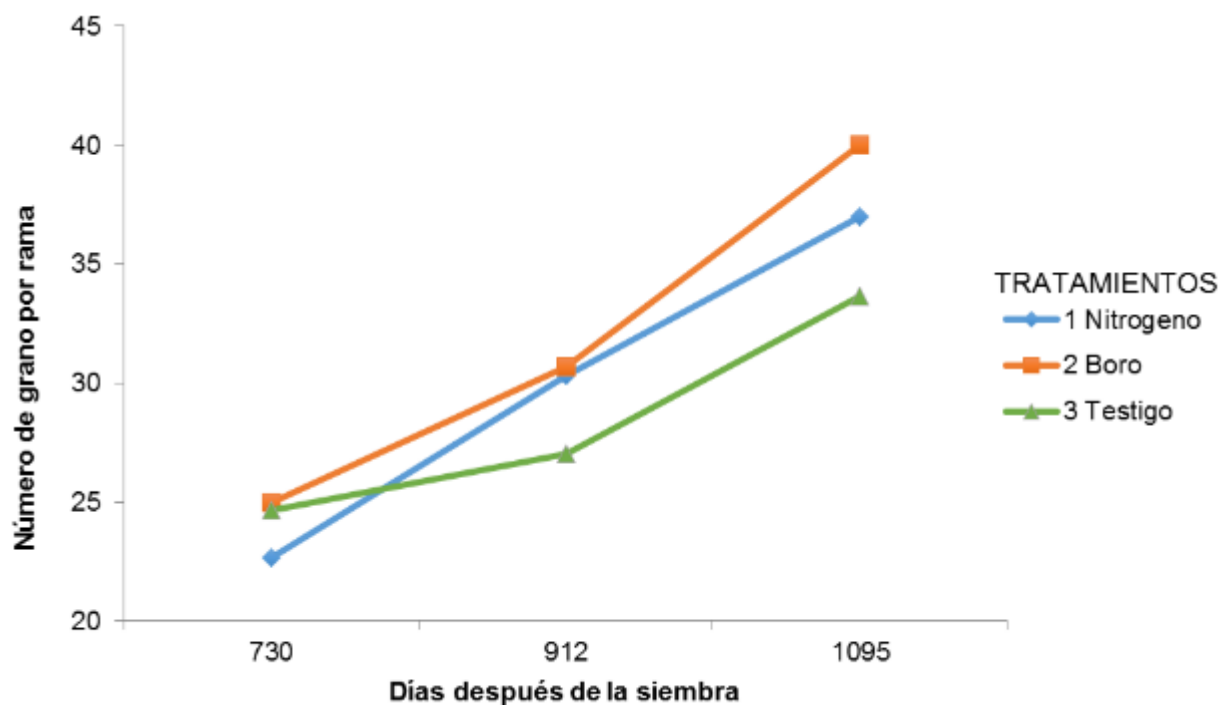


Figura 5. Tendencia del Número de granos en una rama de Café para tratamientos con nitrógeno y boro para la finca a 1800 msnm

De acuerdo con los resultados observados en la figura 12, que corresponde al número de granos por rama de la finca 1600 msnm, las plantas del tratamiento con aplicaciones de nitrógeno mostraron una tendencia ascendente, que inició con número de granos 19 granos por rama a los 730 DDS y el terminó con 29 granos por rama a los 1095 DDS, seguido de los granos con aplicaciones con boro que inició con 19 granos por rama a los 730 DDS y terminó con 29 granos por rama a los 1095 DDS, y por último plantas sin ninguna aplicación inició con 20 granos por rama a 730 DDS y terminó con 24 granos por rama a los 1095 DDS (figura 6).

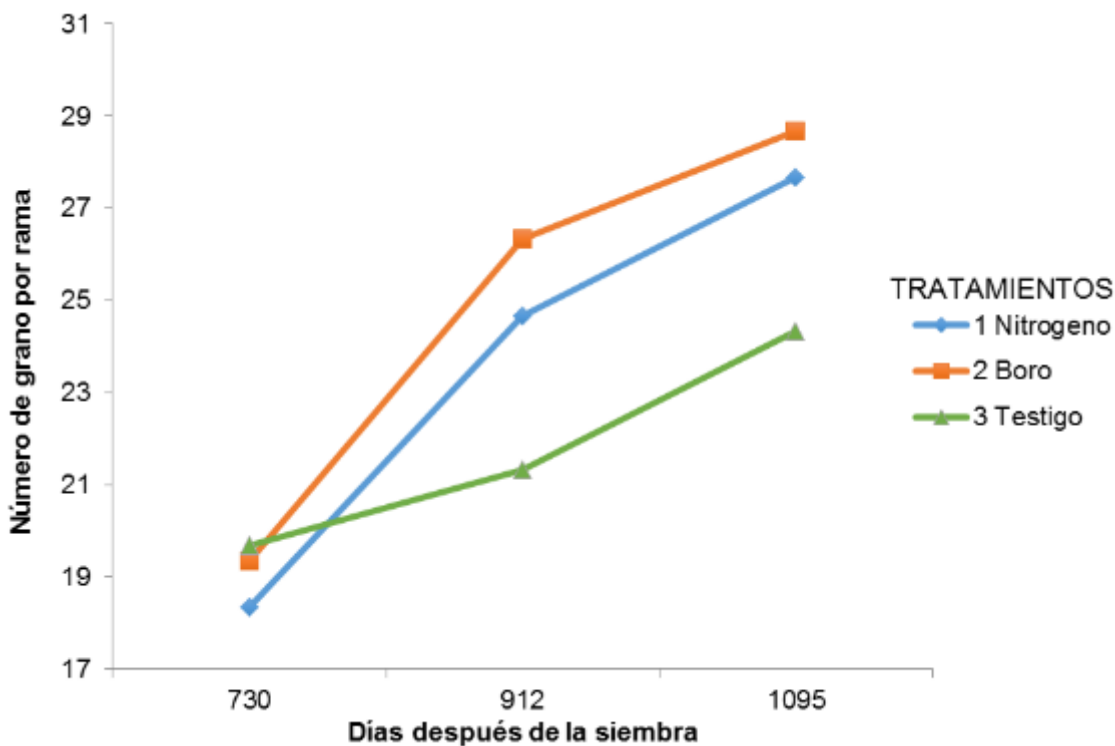


Figura 6. Tendencia del Número de granos en una rama de Café para tratamientos con nitrógeno y boro para la finca a 1600 msnm

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICA: ACIDEZ, CUERPO Y SABOR

ACIDEZ

Los tratamientos de la finca a 1800 msnm fueron superiores con respecto a los resultados de la finca a 1600 msnm, mostrando una tendencia ascendente. En la finca a 1800 msnm el tratamiento que presentó mayor acidez fueron los granos de las plantas con aplicación de boro que inició con una calificación de 62,5 puntos a los 730 DDS y terminó con 75 puntos 1095 DDS, seguido de la aplicación con nitrógeno que inició con 62.5 puntos a los 730 DDS y terminó con 65 puntos a los 1095 DDS y plantas sin ninguna aplicación inició con 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 62.5 puntos 1095 DDS. En la finca a 1600 msnm el tratamiento que presentó mayor acidez fueron los granos de las plantas con aplicación de boro que

inició con una calificación de 62.5 puntos a los 730 DDS y terminó con 70 puntos a los 1095 DDS, seguido de la aplicación con nitrógeno que inició con 60 puntos 730 DDS y terminó con 67.5 puntos 1095 DDS y plantas sin ninguna aplicación que inició con una calificación de 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 60 puntos a los 1095 DDS (figura 7)

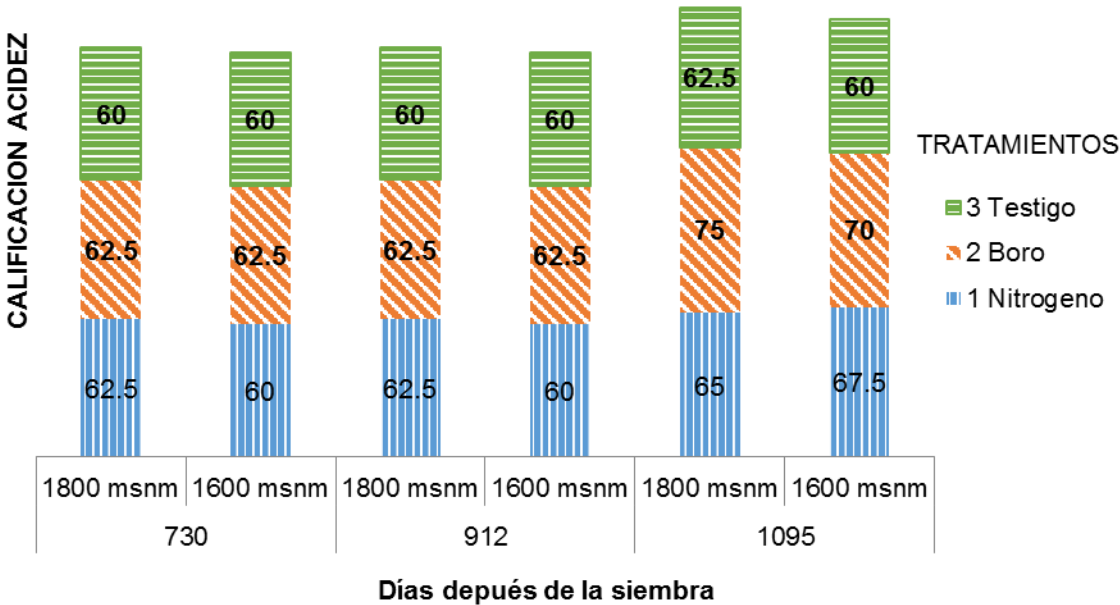


Figura 71. Calificación de la acidez para las fincas a 1800 y 1600 msnm para tratamientos con nitrógeno y boro

CUERPO

Los tratamientos de la finca a 1600 msnm fueron superiores con respecto a los resultados de la finca a 1800 msnm, mostrando una tendencia ascendente. En la finca a 1600 msnm el tratamiento que presentó mayor cuerpo fueron los granos de las plantas con aplicación de boro que inició con una calificación de 62,5 puntos a los 730 DDS y terminó con 70 puntos a los 1095 DDS, seguido de la aplicación con

nitrógeno que inició con 62.5 puntos a los 730 DDS y terminó con 70 puntos a los 1095 DDS y plantas sin ninguna aplicación que inició con una calificación de 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 60 puntos 1095 DDS. Para la finca a 1800 msnm el tratamiento que presentó mayor cuerpo fueron los granos de las plantas con aplicación de boro que inició con una calificación de 62,5 puntos a los 730 DDS y terminó con 70 puntos 1095 DDS, seguido de la aplicación con nitrógeno que inició con 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 62.5 puntos a los 1095 DDS y plantas sin ninguna aplicación inició con 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 62.5 puntos 1095 DDS (figura 8).

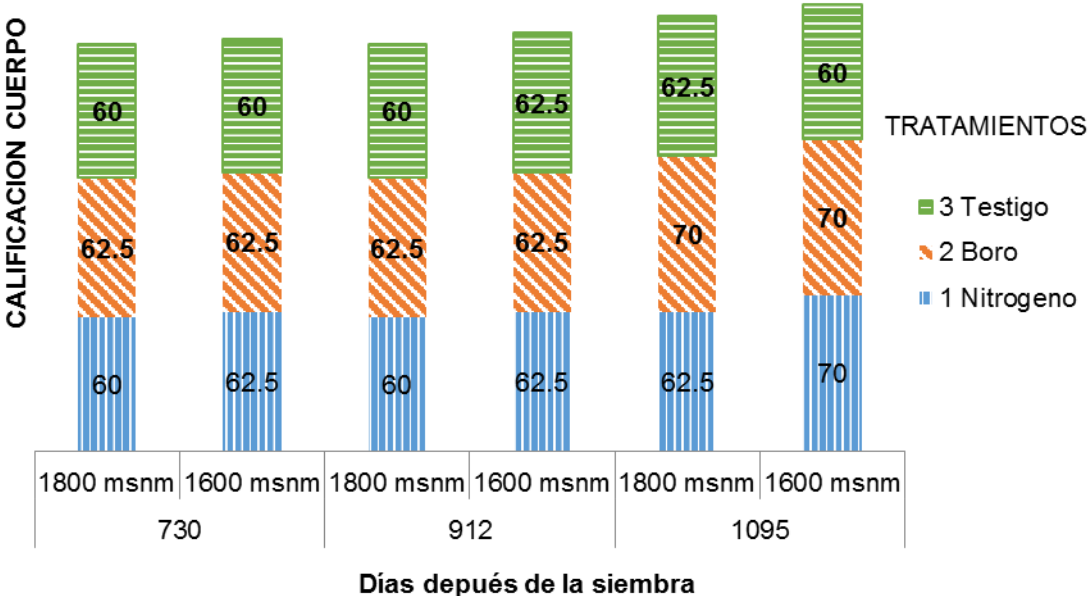


Figura 8. Calificación del cuerpo para las fincas a 1800 y 1600 msnm para tratamientos con nitrógeno y boro

SABOR

Los tratamientos de la finca a 1800 msnm fueron superiores con respecto de la finca a 1600 msnm, mostrando una tendencia ascendente. En la finca a 1800 msnm el

tratamiento que presentó sabor más agradable fueron los granos de las plantas con aplicación de boro que inició con una calificación de 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 75 puntos a los 1095 DDS, seguido de la aplicación con nitrógeno que inició con 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 65 puntos a los 1095 DDS y plantas sin ninguna aplicación inició con 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 65 puntos 1095 DDS. Para la finca a 1600 msnm el tratamiento que presentó sabor más agradable fueron los granos de las plantas con aplicación de boro que inició con una calificación de 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 72.5 puntos 1095 DDS, seguido de la aplicación con nitrógeno que inició con 60 puntos a los 730 DDS y terminó con 70 puntos a los 1095 DDS y plantas sin ninguna aplicación que inició con una calificación de 60 puntos 730 DDS y terminó con 62.5 puntos 1095 DDS (figura 9).

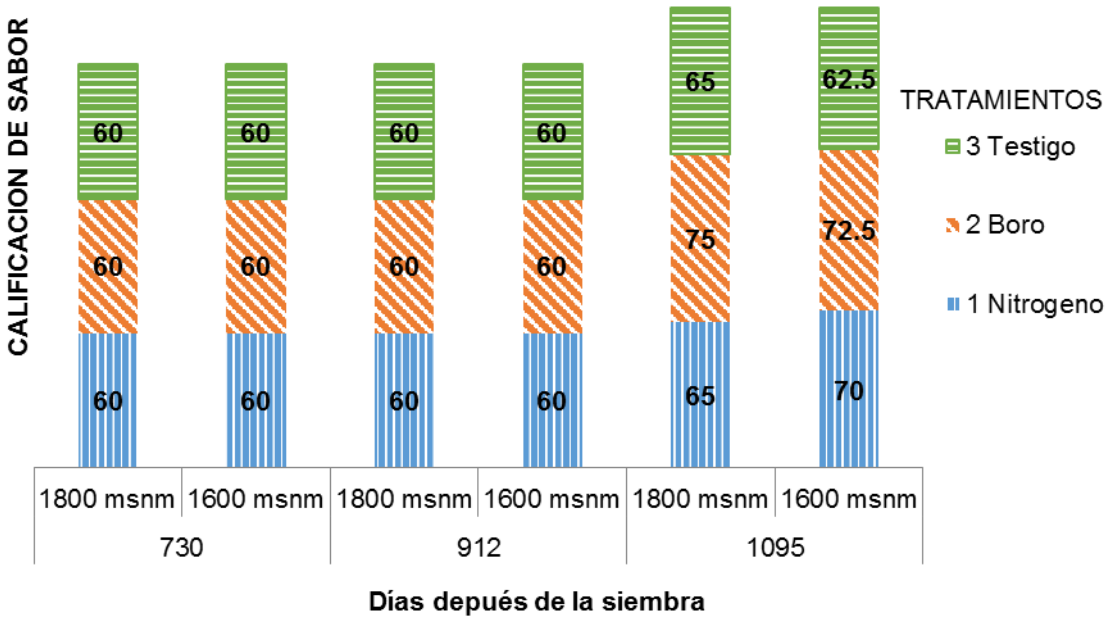


Figura 9. Calificación del sabor para las fincas a 1800 y 1600 msnm para tratamientos con nitrógeno y boro

RESULTADOS ESTADISTICA

CARACTERISTICAS FISICAS

TAMAÑO DEL GRANO

Para la finca a 1800 msnm el coeficiente de variación fue de 2,81%. La prueba de Tukey con 0.05% de confiabilidad arrojó diferencias significativas en los tres tratamientos al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en tres rangos (Tabla 4).

Tabla 41. Separación de medias entre tratamientos del tamaño del grano del café a junio-2014 para la finca a 1800 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	15.36a
Nitrógeno (1)	16.07b
Boro (2)	17.73c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Para la finca a 1600 msnm el coeficiente de variación fue de 2,15%. La prueba de Tukey con 0.05% de confiabilidad mostró diferencias significativas en los tres tratamientos, al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en la tabla 5.

Tabla 5. Separación de medias entre tratamientos del tamaño del grano del café a junio-2014 para la finca a 1600 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	15.11a
Nitrógeno (1)	16.66b
Boro (2)	17b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

PESO DE GRANO

Para la finca a 1800 msnm el coeficiente de variación fue de 11.2%. La prueba de Tukey con 0.05% arrojó diferencias estadísticas en los tres tratamientos, al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en tres rangos (tabla 6).

Tabla 6. Separación de medias entre tratamientos del peso del grano del café a junio-2014 para la finca a 1800 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	1.63a
Nitrógeno (1)	1.81ab
Boro (2)	1.93b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Para la finca a 1600 msnm el coeficiente de variación fue de 11.10%. La prueba de Tukey con 0.05% no mostró diferencias significativas en los tres tratamientos al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en un rango (tabla 7).

Tabla 7. Separación de medias entre tratamientos del peso del grano del café a junio-2014 para la finca a 1600 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	1.51a
Boro (2)	1.66a
Nitrógeno (1)	1.67a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

NUMERO DE GRANOS POR RAMA

Para la finca a 1800 msnm el coeficiente de variación fue de 6.95%. La prueba de Tukey con 0.05% arrojó diferencias estadísticas en los tres tratamientos al finalizar los muestreos los cuales se agruparon en tres rangos (tabla 8).

Tabla 8. Separación de medias entre tratamientos del Número de granos en rama del café a junio-2014 para la finca a 1800 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	28.44a
Nitrógeno (1)	30ab
Boro (2)	31.89b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Para la finca a 1600 msnm el coeficiente de variación fue de 8.17%. La prueba de Tukey con 0.05% arrojó diferencias significativas en los tres tratamientos al finalizar los muestreos, los cuales se agruparon en tres rangos (Tabla 9).

Tabla 9. Separación de medias entre tratamientos del Número de granos en rama del café a junio-2014 para la finca a 1600 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	21.78a
Nitrógeno (1)	23.56ab
Boro (2)	24.78b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICA: ACIDEZ, CUERPO Y SABOR

ACIDEZ

Para la finca a 1800 msnm el coeficiente de variación fue de 2.72% y en la de 1600 msnm el coeficiente de variación fue de 1.65%. La prueba de Tukey al 0.05% para la finca a 1800 msnm arrojó diferencias significativas entre ninguna aplicación y las aplicaciones con boro como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Separación de medias entre tratamientos del atributo acidez del café a junio-2014 para la finca a 1800 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	60a
Nitrógeno (1)	63.33b
Boro (2)	65b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

En la prueba de Tukey al 0.05% para la finca a 1600 msnm arrojó diferencias estadísticas entre ninguna aplicación y las aplicaciones con boro. Al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en la tabla 10.

Tabla 10. Separación de medias entre tratamientos del atributo acidez del café a junio-2014 para la finca a 1600 msnm

Tratamiento	Medias
Testigo (3)	60a
Nitrógeno (1)	62.50b
Boro (2)	63.33b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

CUERPO

Para la finca a 1800 msnm el coeficiente de variación fue de 2.07% y en la de 1600 msnm el coeficiente de variación fue de 1.04%. La prueba de Tukey al 0.05% para la finca a 1600 msnm en la característica cuerpo arrojó diferencias estadísticas entre las aplicaciones con nitrógeno y aplicaciones con boro al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en la tabla 11.

Tabla 21. Separación de medias entre tratamientos del atributo cuerpo del café a junio-2014 para la finca a 1600 msnm

Tratamiento	Medias
Nitrógeno (1)	60.83a
Testigo (3)	60.83a
Boro (2)	64.17b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

En la prueba de Tukey al 0.05% para la finca a 1800 msnm arrojó diferencias estadísticas entre las aplicación con nitrógeno y aplicaciones con boro, al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en la tabla 12.

Tabla 13. Separación de medias entre tratamientos del atributo cuerpo del café a junio-2014 para la finca a 1800 msnm

Tratamiento	Medias
Nitrógeno (1)	60.83a
Testigo (3)	60.83a
Boro (2)	65b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

SABOR

Para la finca a 1800 msnm el coeficiente de variación fue de 4.11% y en 1600 msnm de 1.06%. La prueba de Tukey al 0.05% para la finca a 1800 msnm arrojó diferencias significativas entre las aplicaciones de nitrógeno y aplicaciones con boro al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en la tabla 13.

Tabla 43. Separación de medias entre tratamientos del atributo sabor del café a junio-2014 para la finca a 1800 msnm

Tratamiento	Medias
Nitrógeno (1)	61.67a
Testigo (3)	61.67a
Boro (2)	65b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

La prueba de Tukey al 0.05% para la finca a 1600 msnm arrojó diferencias significativas entre las aplicaciones de nitrógeno y aplicaciones de boro al finalizar los muestreos, estos datos se agruparon en la tabla 14.

Tabla 5. Separación de medias entre tratamientos del atributo sabor del café a junio-2014, para la finca a 1600 msnm

Tratamiento	Medias
Nitrógeno (1)	60.83a
Testigo (3)	60.83a
Boro (2)	61.67b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

DISCUSION

TAMAÑO

La disminución del tamaño a los 912 DDS en la finca a 1800 msnm probablemente indica un déficit en manejo de la plantación; mezcla de los cafés verde, maduro y

sobre maduro en la cosecha y la presencia de hongos o ataque de insectos en las fases de producción (20).

El incremento pronunciado entre los 912 y 1095 DDS en la finca a 1600 msnm es debido a la madurez fisiológica del grano, ya este a los 1095 DDS se encontraba en su punto máximo de crecimiento (6).

La textura del suelo influye en la asimilación de los fertilizantes (24) en el caso de las fincas a 1800 msnm con textura Arcillo Limosa, que al presentarse estas condición es más difícil el movimiento de los elementos hasta las raíces y por consiguiente hay mínima absorción (2). Para la finca a 1600 msnm no se evidencian diferencias estadísticas entre las plantas tratadas con nitrógeno y boro, por lo que se puede inferir que la textura del suelo provocó lavado del fertilizante, debido a que la textura era franco arcillosa, lo cual pudo generar antagonismo en la disponibilidad de los elementos y por consiguiente no ser absorbido correctamente por las raíces, según lo reportado por Ursino *et al.* (50), además de la presencia de concentraciones de hierro que capturan los iones de boro y disminuye la disponibilidad del mismo (4). Sin embargo se encontró que las plantas con aplicaciones de boro obtuvieron mayor tamaño de grano debido a que en cafés de producción orgánica se espera un reciclaje de nutrientes por parte de las hojas de café que caen al suelo (46).

En el trabajo de Wrona y Kot (58), las fertilizaciones con nitrógeno no tienen un efecto significativo en el tamaño del grano, sin embargo en trabajos de Omotoso y

Akinrinde (41), reportan que las aplicaciones de nitrógeno deben ser justas de acuerdo al requerimiento de la planta y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, además se ha estudiado el efecto positivo de este elemento en conjunto con otros para calidad de tamaño (39), homogéneos para evitar que al tostar los granos sean irregular (32), mientras que la fertilización con boro, permite la movilización de los elementos en el árbol de café (9) indicando la sinergia de este elemento con otros a la hora del llenado de vertederos, contrastando esto con los resultados las dos finca.

Los resultados corroboran lo que dice Muschler (38) quien reporta que la sombra tiene un efecto sobre la obtención de un mayor porcentaje de frutos de buen tamaño de la clase de exportación. En estudios similares también se encontró que la producción de café bajo sombra favoreció la formación de frutos de mayor peso y tamaño (3; 47). El efecto directo de las condiciones de café bajo sombra generan que haya mayor contenido de materia orgánica, ya que las hojas que caen de los árboles sirven como sombrero para el café se incorporan al suelo generando materia orgánica (44).

Se puede decir que a mayores altitudes a 1800 msnm, se observa menor cantidad de granos dañados por broca y con defectos. El porcentaje de granos supremo (malla 17) tiende a ser mayor que la cantidad de grano 14/64 de pulgadas (22), observándose en a 1800 msnm un 70% de granos supremo que 17/64 pulgadas en lo muestreado a los 1095 DDS, mostrando el efecto de la altura en el grano.

PESO

La fertilización con nitrógeno ejerce un efecto significativo sobre peso de grano con cuatro o más aplicaciones de fertilización (28), razón por la cual no fue significativo el resultado ya que se ejecutaron dos aplicaciones.

Con respecto al bajo efecto de la aplicación de boro en las fincas a 1800 y 1600 msnm se atribuye a la cantidad de hierro y textura arcillosa del suelo por la cual retiene los iones de boro, impidiendo la asimilación por parte de la planta). (4; 32; 45; 55).

Los resultados coinciden con estudios hechos por Jaramillo y Guzmán (26) ; Wintgens (57) y Vaast *et al.* (53), quienes observaron que la disminución en la temperatura por efecto de la altura, favorece un alargamiento en el proceso de maduración de la cereza, que a su vez propicia un mejor llenado de grano y consecuente producción de granos de mayor peso y con mejor calidad de bebida. Además las condiciones de sombra influyen positivamente en el aumento del peso del grano (3; 37; 47).

Según Lara (28) la altitud es el factor más determinante en la definición de la calidad del café. Sombra, fertilización y rendimiento ejercieron un efecto positivo pero en menor intensidad que altitud. La altitud favoreció la producción de granos de mayor tamaño y peso, corroborando los datos obtenidos para la finca a 1800 msnm se presentaron diferencias estadísticas (tabla 12) en las plantas con aplicación de nitrógeno, con un peso final del grano 2.52 g a los 1095 DDS y ninguna aplicación

con un peso final del grano 2.28 g 1095 DDS. Con relación a la finca a 1600 msnm estadísticamente no se presentaron diferencias estadísticas, lo que quiere decir que hay una fuerte influencia de la textura del suelo, el clima y la cantidad de hierro son factores que no permitieron la asimilación por parte de la planta de este elemento, tal como lo reportan Salazar *et al* (48), donde la poca ganancia de biomasa es debido a los nutrientes que no llegan a los vertederos; además la demanda de nutrientes por las plantas de café no varía en virtud de la producción (19; 43).

NUMERO DE GRANOS POR RAMA

Los resultados para la finca a 1800 msnm muestran que no hubo diferencias estadísticas entre la aplicación con nitrógeno y ninguna aplicación, posiblemente a que la respuesta a la aplicación del nitrógeno no es alta en la primera cosecha, pero se incrementa con el paso del tiempo, debido a mayores requerimientos por parte de la planta y agotamiento de las reservas del suelo (44).

Las aplicaciones con boro en la finca a 1800 msnm mostraron diferencias estadísticas con respecto a ninguna aplicación, ya que la aplicación de este elemento mejora la apetencia de los insectos polinizadores (abejas) por las flores, ya que aumenta el nivel de néctar y se acorta la longitud del tubo de la corola, mostrándose las flores más atractivas para las abejas, incrementando la polinización y transporte de nutrientes para cuajado de frutos (4; 10).

Los resultados obtenidos en en las fincas a 1800 msnm y 1600 msnm revelan que pese a cierta similitud, entre los tratamientos (nitrógeno y testigo) la acumulación de

los nutrientes puede variar, dependiendo de las condiciones predominantes, con cultivo tecnificado variedad Castillo® caracterizado por requerir aplicaciones constantes de nutrientes como lo afirma Sadeghian *et al* (45) donde estos demandan una cantidad considerable de nutrientes para la formación del fruto, en especial potasio y nitrógeno.

Adicional a la fertilización es importante tener en cuenta los factores intrínsecos (temperatura, humedad relativa, humedad edáfica, textura del suelo, % materia orgánica, etc.) del cultivo, según lo señalado por Muñoz (36) expresa que la formación de un microclima más fresco en las plantaciones con alto porcentaje de sombra (45 a 60 %), es una condición ideal para obtener mejores frutos y granos de café, y los estudios desarrollados por Briceño y Arias (11) donde reportan un promedio de 103 frutos por rama en la cosecha, resultado dependiente de las condiciones climáticas del lugar y Laviola *et al* (30 y 29) quien afirma que la acumulación de macronutrientes cambia de acuerdo a la temperatura, factor climático afectado por la altitud.

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICA: ACIDEZ, CUERPO Y SABOR

ACIDEZ

Los resultados arrojados y contrastados en la finca a 1800 msnm con puntajes más altos que en la finca a 1600 msnm indica que a mayor altitud se presenta mayor acidez en los granos de café, tal como lo afirma el Centro de Comercio Internacional (15), Cleves (18) y Vaast *et al* (52), donde el café cultivado a mayor altitud suele desarrollar más atributos positivos, tales como acidez y aroma, definiendo así un mejor sabor y calidad de bebida. La acidez se incrementa con la altitud del área o

lote de café; resulta modificada también por el grado de madurez del fruto, por el tiempo transcurrido entre la cosecha y el despulpado y por ciertos factores climáticos (5).

Las diferencias estadísticas pueden atribuirse en gran medida a los procedimientos de fermentación y tostación (42). Sin embargo en la mejora de los compuestos químicos que participan en el grado de acidez la fertilización con nitrógeno influye durante el proceso de tostación aportando ácidos quínicos, cítricos, acéticos y málicos (22; 42). El boro permitió el transporte de azúcares y fotoasimilados dentro de la planta (4), este ayuda a que la movilización de la sacarosa sea más sencilla hacia los vertederos que en este caso serán los granos de café (22).

Por otra parte el sombrío es un factor que influye en los resultados positivamente. Santoyo *et al* (49); Vaast *et al* (53 y 51), esto se debe a que bajo condiciones de sombra la pulpa madura más lentamente por la menor temperatura producida por el sombrío, logrando de esta manera un mejor llenado de grano, favoreciendo la formación de granos grandes con mayor acidez, cuerpo y aroma.

CUERPO

Con respecto al efecto de los fertilizantes, se observó que hubo un efecto directo en la calificación cuerpo tal como lo reportan Cardoza y Jiménez (14), sin embargo el clima afecta el atributo cuerpo tal como se registró en la calificación de los catadores al final del estudio, resultados similares son reportados por Santoyo *et al* (49). No obstante el nitrógeno pudo no ser asimilado ya que la planta de café deja caer las hojas durante el proceso de la maduración de la cosecha, esto se debe

principalmente a la gran movilización de los nutrientes hacia los frutos, fenómeno que reduce su concentración en el tejido foliar. Por esta razón, en muchas ocasiones durante los años de alta producción ocurre una mayor caída de las hojas (16; 45), se cree que el boro apoya al transporte de lípidos y azúcares (4), por lo que es posible la diferencia estadística con respecto al nitrógeno.

Otro efecto de la fertilización es medida de acuerdo a la cantidad de sólidos solubles presentes en la bebida de café estimada desde la composición química del grano (22), además de factores netamente relacionados a los factores de molienda y preparación de la bebida (tiempo de contacto entre el café y el agua, la temperatura y calidad del agua); el boro ayuda al transporte de nutrientes dentro de la planta (27) dentro de los cuales se asocia a minerales, ácidos alifáticos y lípidos (42).

Según Burgos (13) y Erales (21), el cuerpo es una prueba en la taza de café, que indica su textura fuerte, regularmente deseable y que se encuentra por lo general en cafés cultivados en lugares altos. Sin embargo para la finca a 1600 msnm el resultado no aplica, con respecto a la finca a 1800 msnm en estudios similares se analizó la influencia de la altura para la mejora del atributo cuerpo realizado por Avelino *et al* (7), mencionando que los cafés a alturas mayores fueron de preferencia por los catadores por su sensación al paladar.

SABOR

El nitrógeno tuvo muy poco efecto en el sabor del café al no haber diferencias significativas entre las aplicaciones de nitrógeno (tratamientos 1) y ninguna aplicación lo que se puede atribuir a factores como textura de suelo (arcillo limoso

para la finca a 1800 msnm y franco arcilloso para la finca a 1600 msnm), lixiviación de los nutrientes y por ende poca absorción por parte de la planta (54). Además del efecto del pH sobre el nitrógeno al hacer que este elemento sea poco disponible para la planta (34).

Los resultados indican que en la finca a 1800 y 1600 msnm las aplicaciones con boro mostraron mayor calificación. Al gusto se percibe un sabor agradable sin ninguna alteración de defecto y según lo expuesto por Cardoza y Jiménez (14) y Menchu (33), las características organolépticas del café se complementan y dan para cada taza (muestra por tratamiento) un sabor determinado.

Las aplicaciones con boro marcaron un sabor agradable (dulce frutal, dulce caramelo) intenso al final en el tercer muestreo, estos resultados fueron por el efecto de la aplicación de este elemento ya que facilitó el transporte de azúcares apoyando a la síntesis de sacarosa, como lo reporta Alarcón (4).

Los resultados de las aplicaciones con nitrógeno (tratamientos 1) y ninguna aplicación para las fincas a 1800 msnm y 1600 msnm no mostraron diferencia estadísticas entre ellos, lo que se presume que a pesar de las aplicaciones con nitrógeno, estas no fueron suficientes, ya que es necesario realizar cuatro o más aplicaciones para analizar su efecto (28). El uso de fertilizantes nitrogenados incrementa el contenido de nitrógeno en el grano, con una débil correlación negativa a la calidad de la taza (aproximadamente 0.5%) (35), además no tiene efectos sobresalientes en la calidad del sabor agradable y según lo reportado por (40; 56)

el nitrógeno es un constituyente de un gran número de compuestos orgánicos, esenciales en el metabolismo de la planta, forma parte de la estructura de todas las proteínas y de los ácidos nucleicos (ADN, ARN).

Otro factor como la altitud tiene una influencia positiva en los resultados observados a pesar de que no hubo diferencias marcadas entre las aplicaciones de nitrógeno (tratamientos 1) y ninguna aplicación en las fincas a 1800 msnm y 1600 msnm presentó mayor puntaje en la finca a 1800 msnm a tal como lo reporta Avelino *et al* (7) donde cafés de baja altura dejan un sabor amargo y herboso que desaparece rápidamente y los cafés de altura tiene un sabor más conformado, ácido y dulzón que se prolonga por más tiempo en el paladar. También Acevedo (1) y Burgos (13) expresan que la altitud influye en la calidad del fruto, de sabor más agradable conforme es más alto sobre el nivel del mar.

Sin embargo en lo reportado por Clarke y Vitzhum (17) e Illy y Viany (25), el nitrógeno en el café almendra está conformado por las proteínas y los alcaloides en verde contiene 2.05 % del peso seco del grano y el café tostado 2.10%, el contenido de aminoácidos es mayor en los granos de café maduro que inmaduros, los alcaloides contribuyen con el sabor amargo del café arábica contiene 1.3% de cafeína y más cantidad de trigonelina 0.6 a 1.3% y ácidos clorogénicos. Confirmando lo anterior, Puerta (42) menciona que los compuestos químicos del café como proteínas, alcaloides, cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos afectan la característica sensorial sabor de la taza de café.

CONCLUSIONES

- El tamaño de granos de café con las aplicaciones de nitrógeno fueron influenciadas por la textura del suelo y pH en la finca a 1800 msnm haciendo que los granos fueran más pequeños con respecto a las aplicaciones de boro, sin embargo la altitud influyó positivamente en la producción de granos supremo.
- En la finca a 1600 msnm la mayor influencia para las aplicaciones de nitrógeno y boro fueron las concentraciones altas de hierro, textura del suelo y pH haciendo que no hubiera respuesta por parte de la planta y la presencia de granos vanos.
- El peso de grano de café en la finca a 1800 msnm con las aplicaciones de nitrógeno no fueron suficientes, pues la frecuencia de aplicación fue baja, por ello no hubo una mayor ganancia en peso de grano. La textura arcillosa del suelo influyó en las aplicaciones de boro sin embargo resultó mayor peso de grano con este tratamiento.
- En la finca a 1600 msnm las aplicaciones de nitrógeno y boro fueron influenciadas por concentraciones de hierro, porcentaje alto de arcilla y el clima (temperatura) mostrando la poca respuesta por parte de la planta en los frutos, encontrando que la altitud fue el factor que marcó la ganancia de peso de grano de café observado en la finca a 1800 msnm.
- Para la variable número de granos en rama de café, en las fincas a 1800 y 1600 msnm las aplicaciones con nitrógeno no mostraron respuesta en la planta por

condiciones de cultivo (concentraciones altas de hierro, pH y porcentaje de arcilla) y las aplicaciones con boro fueron las que marcaron mayor respuesta en número de granos en rama, por ser un elemento que está presente en las flores haciéndolas más apetecibles a los insectos polinizadores, entre otras funciones fisiológicas.

- La altitud fue un factor altamente influyente, ya que a mayor altura se propicia un microclima para que los elementos se concentren mejor en los vertederos e incrementen el número de granos en rama como lo fue en la finca a 1800 msnm.
- La acidez de la bebida de café con las aplicaciones de nitrógeno y boro para las fincas a 1800 y 1600 msnm no mostraron realce en la calidad de la bebida por condiciones de cultivo (concentraciones altas de hierro, pH y porcentaje de arcilla), debido a que este atributo es influenciado por la altitud, donde a mayor altura se mejora el atributo tal como se observó en el análisis de los catadores en la finca a 1800 msnm.
- El cuerpo de la bebida de café con las aplicaciones de nitrógeno para las fincas a 1800 y 1600 msnm no mostró realce en la bebida por condiciones presentes en el cultivo (pH muy ácido), por otro lado las aplicaciones con boro mostraron realce en el atributo ya que este elemento ayuda a la movilización de azúcares en la planta hacia los vertederos.
- El sabor de la bebida de café con las aplicaciones de nitrógeno para las fincas a 1800 y 1600 msnm no surtieron efecto por las condiciones de textura del suelo (contenido de arcilla), por lo que la planta no pudo asimilarlo y por consiguiente no marcó una mejora en este atributo.

- Las aplicaciones con boro sí marcaron un realce por parte de los resultados de los catadores ofreciendo un sabor más agradable a la bebida, sin embargo en la finca a 1800 msnm la bebida fue de mejor preferencia en su sabor porque las plantas se encontraban ubicadas a mayor altura, a diferencia de la finca a 1600 msnm.
- La mejor zona para el establecimiento de cultivos de café se debe encontrar a alturas mayores a los 1800 msnm, realizar estudios de suelos para hacer correcciones en el suelo para que sea apto para los cafetales y manejar dentro de la finca un sistema de sombrero natural para poder realizar manejos más amigables con el ambiente.

REFERENCIAS

- (1) ACEVEDO, W. 1994. Seminario regional sobre el mejoramiento de la calidad del café. San Pedro Sula, HN, IICA. 320 p.
- (2) AHUJA, L.R., J.W. NANEY, R.E. GREEN, AND D.R. NIELSEN. 1984. Macroporosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity and effects of land management. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 699–702.
- (3) ALARCON M, O; ALDAZABAL, M; MARTÍNEZ, J. 1996. Influencia del sol y la sombra en la calidad y el rendimiento del grano de café. Centro Agrícola 23(3): 1116.
- (4) ALARCON V, A. 2001. El boro como elemento nutriente esencial. Revista Horticultura 155.
- (5) ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1999. Manual de caficultura. Guatemala. 159p.

- (6) ARCILA, J.; JARAMILLO R., A. Relación entre la humedad del suelo y la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. Chinchiná: Cenicafé, 2003. Avances Técnicos N° 311. P.6
- (7) AVELINO, JACQUES.; BARBOZA, BERNARDO.; ARAYA, JUAN CARLOS.; FONSECA, CARLOS.; DAVRIEUX, FABRICE.; GUYOT, BERNARD.; CILAS, CHRISTIAN. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. En: J. Sci. Food. Agric. Vol: 85. No 11 (ago, 2005). P 1869–1876.
- (8) BARRIOS O, AW; OVALLE DE LA VEGA, CF; DAVILA R, RJ; VALDEZ L, RA; SOLÍS G, ME; MUÑOZ G, CR. 1998. Beneficiado Húmedo y su Control de Calidad. In Manual de Caficultura. ANACAFE. Ciudad de Guatemala. Guatemala. p 229-259.
- (9) BELLATO, A.C.S., MENEGARIO, A.A. & GINE, M.F. (2003). Boron isotope dilution in cellular fractions of coffee leaves evaluated by inductively coupled plasma mass spectrometry with direct injection nebulization (DIN-ICP-MS). J. Braz. Chem. Soc. 14, 269-273.
- (10) BERGMANN W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fisher. Verlag Jena.
- (11) BRICEÑO, J.; ARIAS, O. 1992 Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L). Crecimiento vegetativo y productivo de tres cultivares. Agronomía Costarricense 16(1): 125-130.
- (12) BROWNBRIDGE, J; GEBREIGZABHAIR, E. 1968. The quality of some of the main Ethiopian mild coffees. Turrialba 18(4): 361-372.

- (13) BURGOS R., E. Determinación de los tipos de café (*Coffea arabica* L.), que se producen en la región del Trifinio-Guatemala y descripción de sus sistemas productivos: estudio de la zona cafetalera que comprende altitud entre 800-1200 m.s.n.m. Chiquimula-Guatemala. 2003. P 6,7, 9-11. Trabajo de investigación (optar al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- (14) CARDOZA O, M.F.; JIMENEZ M, E. O. Evaluación de rendimiento del grano de café (*Coffea arabica* L.) bajo la influencia de diferentes manejos agroforestales en Masatepe, Nicaragua. Managua-Nicaragua. 2007. P 17-18, 32, 36, 41-42. Trabajo de investigación (optar al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Agraria. Facultad de Agronomía.
- (15) CCI. 1992. Café: Guía del Exportador. Suiza. Centro de Comercio Internacional (CCI). 402 p.
- (16) CHAVES, J.C.D., Y J.R. SARRUGE. 1984. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante um ciclo produtivo. Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brasil) 19(4):427-432.
- (17) CLARKE, R.J.; VITZHUM, O.M. Coffee recent developments. Inglaterra: Blackwell science, 2001. 257p.
- (18) CLEVES S, R. 1998. Tecnología en Beneficiado de Café. San José, C.R. 223 p.
- (19) CORREA, J.B., A.W.R. GARCIA, Y P.C. DA. COSTA. 1986. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13. São Lourenço, Dezembro 2–5, 1986. Rio de Janeiro, Ministério da Indústria e do Comércio–Instituto Brasileiro do Café, pp. 35-41.

- (20) DUICELA, L.; FARFAN, D.; GARCIA, J.; CORRAL, R. Y CHILAN, W. 2004. Post Cosecha y Calidad del Café Arábigo. Primera edición. COFENAC, ULTRAMARES, PROMSA. Manta, Ecuador. 56 P.
- (21) ERALES, R. 1985. Vocabulario cafetalero. Revista Cafetalera 54: 15.
- (22) GAST, F; BENABIDES, P; SANZ, J; HERRERA, J; RAMIREZ, V; CRISTANCHO, M; MARIN, S. Manual del cafetero colombiano. FNC-Cenicafé. 2013.
- (23) GEEL, L; KINNEAR, M; KOCK, H. 2005. Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee. Food Quality and Preference 16: 237-244.
- (24) HORN, R.; SMUCKER, A. 2005. Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. Soil and Tillage Research 82: 5-14.
- (25) ILLY, A.; VIANI, R. Espresso coffee: the science of quality. Amsterdam: Elsevier, 2005. 398p.
- (26) JARAMILLO R, A; GUZMAN M, O. 1984. Relación entre la temperatura y el crecimiento en Coffea arabica L. variedad Caturra. CENICAFE 35(3): 5765.
- (27) JONES JR. J.B. 1998. Plant nutrition manual. CRC Press LLC. Boca Ratón. Florida.
- (28) LARA E, L. D. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (Coffea arabica L. var. caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Turrialba-Costa

Rica. 2005. P 8-10,16 73-74. Trabajo de investigación (magister en Agroforestería Tropical). CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Escuela de posgrados.

(29) LAVIOLA, B.G., E.P. MARTINEZ, L.C.C. SALOMÃO, C.D. CRUZ, S.M. MENDONÇA, Y L. ROSADO. 2008. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. Biosci. J., Uberlândia, 24(1):19-31.

(30) LAVIOLA, B.G., E.P. MARTINEZ, L.C.C. SALOMÃO, C.D. CRUZ, Y S.M. MENDONÇA. 2007. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1451-1462.

(31) LINGLE, T. 1999. Fundamentos para la catación de café ABECAFE abril-mayo-junio p 21-23.

(32) MALAVOLTA, E. 1993. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro. Colheitas econômicas máximas. São Paulo. Agronômica Ceres. 210 p.

(33) MENCHU, J. 1967. Cualidades de la bebida del Café: Aroma, Cuerpo, Acidez y Sabor. El café de Nicaragua 191: 16-18.

(34) MINGORANCE, M.D. El suelo, regulador fisicoquímico de elementos traza para las plantas. Editorial CSIC. España. 129p-141p. 2010.

(35) MOJICA, R. Factores que influencia la calidad de taza del café. [En línea]. 2014. Nicaragua: Benicafé SAS. Disponible en internet: <http://es.slideshare.net/RobertoMojica/factores-que-influencian-la-calidad-de-taza-del-caf> Consultado en Marzo de 2015.

- (36) MUÑOZ, G 1997. Importancia de la sombra en el cafetal, Agroforestería en las América pp. 4(13) 25-29.
- (37) MUSCHLER, R. 2001. Shade improves coffee quality in a suboptimal coffee zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems* (85): 131-139.
- (38) MUSCHLER, R.G. 1999a. Arboles en cafetalesd. Turrialba, Costa rica, CATIE. Módulo de enseñanza agroforestal. No 5. 137p.
- (39) NAKASHGIR, G.H. Influence of potassium on nitrogen utilization by maize under dryland conditions as affected by water storage. *Advances in Plant Science*. 1992. 5:134-142.
- (40) NAVARRO, S. Y G. NAVARRO. 2000. Química agrícola. Ediciones Mundiales Prensa, Madrid.
- (41) OMOTOSO, S; AKINRINDE, E. Effects of nutrient sources on the early growth of pineapple plantlets (*Ananas comosus* (L) Merr) in the nursery. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2012. Vol. 20(2) 2012: 35-40
- (42) PUERTA Q., G.I. Composición química de una taza de café. Chinchiná: CENICAFE, 2011. 12 p. (Avances técnicos No. 414).
- (43) RIAÑO, N.M., J. ARCILA, A. JARAMILLO, Y B. CHAVES. 2004. Acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos por *Coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. *Cenicafé (Colombia)*, 55(4):265-276.
- (44) SADEGHIAN K., S. La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Chinchiná: Cenicafé, 2010a. 61 p.

- (45) SADEGHIAN K., S.; MEJIA., B.; GONZALEZ., H. Acumulación de nitrógeno, fosforo y potasio en los frutos de café. Manizales: Cenicafé, 2013. 2p (Avance técnico No. 429)
- (46) SADEGHIAN, S., B. MEJIA, Y J. ARCILA. 2006. Composición elemental de frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha en la zona cafetera de Colombia. Cenicafé (Colombia) 57(4):251-261.
- (47) SALAZAR C, I. 1999. Calidad de *Coffea arabica* L. bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. Tesis Mag Sc. Turrialba, CR. CATIE. 82 p.
- (48) SALAZAR, M.R., B. CHAVES, N.M. RIAÑO, J. ARCILA, Y A. JARAMILLO. 1994. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* var. Colombia. Cenicafé (Colombia) 45(2):41-50.
- (49) SANTOYO C. VH; DIAZ C. S; ESCAMILLA P. E; ROBLEDO M. JD. 1996. Factores agronómicos y calidad del café. Chapingo. México. Universidad Autónoma Chapingo. Confederación Mexicana de Productores de Café. 21 p.
- (50) URSINO, N., GIMMI, T. AND FLÜHLER, H. (2001). Combined effects of heterogeneity, anisotropy, and saturation on steady state flow and transport: A laboratory sand tank experiment. Water Resources Research 37: doi: 10.1029/2000WR900293. issn: 0043-1397.
- (51) VAAST, P; BERTRAND, B; PERRIOT, J; GUYOT, B; GENARD, M. 2005c. Fruit thinning and shade improve vean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. Journal of Science of Food and Agriculture In press.

- (52) VAAST, P; CILAS, C; PERRIOT, J; DAVRIEUX, J; GUYOT, B; BOLAÑOS, M. 2005a. Mapping of Coffee Quality in Nicaragua According to Regions. Ecological Conditions and Farm Management. In ASIC-Conference. Bangalore, India. p 842-850.
- (53) VAAST, P; VAN KANTEN, R; SILES, P; DZIB, B; FRANK, N; HARMAND, J; GENARD, M. 2005b. Shade: A Key Factor for Coffee Sustainability and Quality. ASIC Conference, Bangalore, India. p 887-896.
- (54) VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Chinchiná, Cenicafé-Agroinsumos del Café, 1999. 94p.
- (55) VALENCIA, Germán. Manual de nutrición y fertilización del cafeto. En IPNI.1998a. P 1-10.
- (56) WILD, A. Y L.H.P. JONES. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. pp. 73-119. En: Wild, A. (ed.). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- (57) WINTGENS, J. 2004. Factors Influencing the Quality of Green Coffee. In J, Wintgens. Eds. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Alemania, Wiley VCH. p 798-809.
- (58) WRONA, D; KOT, C. 2002. Cropping and fruit quality of 'Šampion' apple trees on M.9, depending on N fertilisation. Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture, Horticulture and Vegetable Growing 21(3): 120-125.