



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa
FAREM - Matagalpa.

Monografía para optar al Título de Ingeniería Agronómica.

Extracción de nutrientes en sistemas de producción de café con banano en el municipio El
Cuá - Jinotega 2010-2011.

AUTORES:

Br. Byron Antonio Averruz Matamoros.

Br. Marcos Antonio Pastora Rivera.

TUTOR:

MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz.

ASESORES:

Ph.D. Andreas Nieuwenhuyse

MSc. Amílcar Aguilar Carrillo

Matagalpa, Julio de 2011



DEDICATORIA

Con todo respeto y devoción al Ser Creador de todo cuanto existe en la tierra, por concederme el don de la vida, sabiduría, entendimiento y discernimiento en cada momento de mi vida. Mi buen Padre DIOS.

A Mis Padres: Elia María Rivera Cruz y Marcial Antonio Pastora Lira por ser el motor de mi vida, por su apoyo moral, económico, cristiano y por darme la fortaleza para seguir adelante con mis proyectos. A Amílcar Valles Tórrez que ha sido como un padre en el trascurso de mi vida, A mí abuelita Bernarda Cruz. Todo cuanto soy se los debo a ustedes.

A mis hermanos: Marlon Edén Pastora Rivera (q.e.p.d), Ninoska Vanessa Pastora Rivera, sobrinos y demás familiares. A mis amigos por su apoyo incondicional a mi compañero de tesis Byron Averruz por brindarme su amistad y a quien estimo mucho por ser la persona que es.

A Hilda Jarquin por ser una de las personas que durante todo el trayecto me brindó su apoyo incondicional y a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron en los buenos y malos momentos brindándome su amistad.

Br. Marcos Antonio Pastora Rivera.

DEDICATORIA

*Dios no manda cosas imposibles, sino que te invita a hacer lo que puedas
y pedir lo que no puedas y te ayuda para que puedas.*

Gracias a Dios y en especial a la maravillosa virgen de Guadalupe por darme la oportunidad de conocer lo maravilloso de esta vida, a quienes les dedico primeramente con mucha humildad este trabajo investigativo, quienes me guíen siempre por el buen camino y me brindan entendimiento y sabiduría.

Dedico este esfuerzo más de mi vida, con muy especial cariño a mi padre Ignacio Averruz quien le debo todo lo que soy, por su educación, consejos y apoyo incondicional en todo momento, a mi madre Magdalena Matamoros por siempre cuidar y estar atenta en las buenas y malas etapas de mi vida, a mis hermanos, primos y cada uno de esas bellas personas que forman parte de mi familia.

A mis queridos abuelos y a Juana Averruz que siempre me brinda su apoyo en cada momento. A Lubianka Espino por su apoyo y siempre estar a mi lado incondicionalmente.

A mis amistades de infancia de universidad y amigos en general por sus valiosos apoyos los que siempre recordare con mucho cariño. A mis maestros que a lo largo de mi vida han forjado mi educación en especial al MSc. Francisco Chavarría que me ayudó en cada momento de esta investigación. Y a todas aquellas personas que de alguna manera me apoyaron.

Br. Byron A. Averruz M.

AGRADECIMIENTO

A nuestro padre celestial Dios todo poderoso, por darnos el privilegio de disfrutar la vida, la fuerza y perseverancia para afrontar cada uno de los retos que se nos enfrentan cada día en nuestro camino y por protegernos en cada momento de nuestra vida.

Agradecemos en especial mención a cada uno de los miembros de nuestras familias por siempre apoyarnos y darnos sus consejos.

A nuestras amistades en especial a los del curso de “Ingeniería Agronómica” de la UNAN-FAREM Matagalpa, generación 2006-2010 colaborando y animándonos para seguir adelante en cada reto y la culminación satisfactoria de este estudio investigativo.

A CATIE-MESOTERRA por la oportunidad brindada a través del su apoyo económico y la confianza para el desarrollo y culminación de la investigación.

A nuestros asesores Ph.D. Andreas Nieuwenhuyse y MSc. Amílcar Aguilar Carrillo por ayudarnos y darnos sus aportes técnicos y científicos en cada momento, para el desarrollo de la investigación.

A nuestro tutor MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz por su perseverancia, consejos y apoyo en cada etapa de la investigación. A MSc Evelin Calvo y MSc Julio Laguna, profesores que nos apoyaron a lo larga de nuestros estudios universitarios. Y a todos los maestros que en el transcurso de nuestras vidas, han compartido sus conocimientos.

A los productores que nos brindaron su confianza y ayudaron a realizar el estudio: José Pineda, José Méndez, Virgilio Rizo, Ronal Cortedano, Byron Tinoco, Evelin Alemán, Pablo Ramos y Rufo Amador. Así mismo cada uno de los que de una u otra manera interactuaron en la elaboración de este trabajo de titulación.

Br: Byron A. Averruz M.

Br: Marcos A. Pastora R.

OPINION DEL TUTOR

Por este medio el suscrito en su calidad de tutor de la tesis realizada por los colegas Marcos Pastora Rivera y Byron Averruz Matamoros, hago constar que el informe de trabajo de tesis presentado por los colegas cumple con cada uno de los requisitos planteados en la normativa de la UNAN Managua para este tipo de modalidad de graduación.

El informe presenta coherencia entre sus diferentes capítulos, además de aportar a la ciencia sobre todo lo referido al manejo de la fertilidad, que es uno de los aspectos fundamentales para que nuestros productores valoren los sistemas agroforestales y el cuidado de ciclaje y fertilización.

Realmente fue un placer poder colaborar con Pastora y Averruz para que ellos pudieran cumplir con uno de los requisitos para graduarse.

Jóvenes luchadores y dedicados como Pastora y Averruz, merecen mis mejores deseos. Que Dios siempre les bendiga.

MSc. Francisco Javier Chavarría Arauz

Tutor

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el municipio El Cuá - Jinotega durante el año 2010 – 2011, en asocio con CATIE-Mesoterra, la muestra se constituyó con ocho productores cafetaleros. Evaluándose como variables: cantidad de cosecha en café - banano, y concentración de nutrientes en cosechas, volúmenes de leña y concentraciones de nutrientes, niveles de aplicación de fertilizantes edáficos y foliares, química sintética o química orgánica y disponibilidad de nutrientes en las unidades productivas. El propósito de la presente investigación fue cuantificar la disponibilidad, aportes y extracción de nutrientes en los suelos a través de las cosechas por medio de análisis bromatológicos. El tipo de estudio empleado es de carácter descriptivo cuali-cuantitativo por que se cuantifico y califico niveles de nutrientes extraídos y disponibles en el suelo. Se determinó la composición química de grano con mucilago, grano lavado y pulpa, de igual manera en banano, cascara, pulpa, raquis, pedicelo y hojas, por otra parte se tomaron muestras en leña tomando en cuenta la especie más representativa presente en la unidad productiva, monitoreo de aplicaciones para sus respectivos análisis. Se logró demostrar la diferencia que existe en cuanto al manejo ya que difieren en niveles de aplicación de fertilizantes y manejo de tejidos, concluyéndose la validación de la hipótesis general debido a que tanto los niveles de aplicación, disponibilidad y extracción de nutrientes varían de acuerdo al sostenimiento del enfoque de manejo de cada productor. E influyendo directamente en los rendimientos productivos.

ÍNDICE

Contenido	Páginas
Dedicatoria	i-ii
Agradecimiento.....	iii
Opinión del tutor	iv
Resumen	v
Índice General.....	vi-ix
Índice de tabla.....	x-xi
Índice de figura	xii-xii
I. Introducción	1-2
II. Antecedentes	3
III. Justificación	4
IV. Planteamiento del problema	5
4.1 Pregunta General.....	5
4.2 Preguntas Específicas.....	6
V. Objetivos	7
5.1 Objetivo General.....	7
5.2 Objetivos Específicos.....	7
VI. Hipótesis	8
VII. Marco Teórico.....	9
7.1 Café como sistema productivo en Nicaragua.....	9-10
7.2 Importancia socio económica en Nicaragua	10-12
7.3 Elementos esenciales en la nutrición del café	12-13
7.4 Extracción de nutrientes del suelo por cosechas de café	13-14
7.5 Derivados del café y su importancia	14-15
7.5.1 Pulpa.....	15-16
7.5.2 Mucilago	16-17
7.6 Uso de planta de banano como sombra en los cafetales	17-18
7.6.1 Demanda nutritiva del banano	18
7.7 Utilización de árboles para sombra en los cafetales	19-20
7.7.1 Regulación de Sombra en los cafetales.....	20

7.8	Importancia de los suelos en la caficultura	20-21
7.8.1	Origen de los nutrientes en el suelo	22
7.8.2	Propiedades de los suelos	22-23
7.8.2.1	Propiedades Químicas	23-24
7.8.2.1.1	pH del Suelo	25-26
7.8.3	Fertilidad del suelo	26
7.8.3.1	Fertilización Edáfica	26-27
7.8.3.2	Fertilización Foliar	27-28
VIII.	Diseño Metodológico	29
8.1	Ubicación geográfica del estudio	29
8.2	Condiciones climáticas	30
8.3	Tipo de estudio	30
8.4	Población y muestra	30-31
8.5	Análisis Estadístico	31
8.6	Caracterización de los lotes	31
8.7	Muestreo y toma de datos en campo	32
8.7.1	Inventario y producción en Café	32
8.7.1.1	Análisis bromatológico en café	32
8.7.1.2	Determinación de rendimiento en beneficio húmedo	33
8.7.2	Inventario y Producción en Banano	33
8.7.2.1	Análisis bromatológico en banano	33
8.7.2.1.1	Muestra en frutos (dedos)	34
8.7.2.1.2	Muestra en hojas	34
8.7.2.1.3	Muestras de raquis	35
8.7.3	Inventario y Volumen en Leña	35-36
8.7.3.1	Análisis bromatológico en leña	36
8.7.4	Muestreo y análisis de suelo	36-37
8.8	Técnicas de recopilación de información	37
8.9	Operacionalización de variables	38-39

IX Resultados y Discusión.....	40
9.1 Determinación de cosecha de café y sus subproductos	40
9.1.1 Caracterización poblacional de café	40-42
9.1.2 Muestreo de peso de cosecha en café.....	43-44
9.1.2.1 Número de frutos café uva en 10 kilogramos	45
9.1.3 Producción kilo gramos pergamino	45-46
9.1.4 Relación producción latas café uva y café pergamino	47
9.2 Cantidad de nutrientes extraídos en café.....	48
9.2.1 Extracción de macronutrientes en café	48-53
9.2.2 Extracción de micronutrientes en café	54-57
9.3 Determinación de cosecha en banano	57
9.3.1 Caracterización poblacional de banano	57-59
9.3.2 Producción racimos de banano	60-61
9.3.2.1 Estimación de producción de racimos al año	61
9.3.3.1 Peso promedio de racimos.....	61-62
9.3.3.2 Peso verde estimado de fruto	62-63
9.3.3.3 Peso verde estimado en pulpa y cáscara de banano	63
9.3.3.4 Peso estimado de raquis y pedicelo de banano	64-65
9.4 Cantidad de nutrientes extraídos	65
9.4.1 Extracción de macronutrientes en banano	66-70
9.4.2 Extracción de micronutrientes en banano	71-75
9.5 Determinación de volúmenes de leña	75
9.5.1 Caracterización de especies arbóreas	75-76
9.5.2 Área basal por hectárea y altura promedio de árboles	76-77
9.5.3 Porcentaje de sombra por hectárea.....	77-78
9.6 Cantidad de nutrientes extraídos en leña.....	78
9.6.1 Extracción de macronutrientes en componente leña	79-81
9.6.2 Extracción de micronutrientes en componente leña	81-82
9.7 Niveles de extracciones totales de nutrientes.....	83-89
9.8 Niveles de adición de fertilizantes edáficos y foliares	89-90

9.8.1 Niveles de adiciones de fertilizantes edáficos químicos sintéticos y abonos orgánicos	90-91
9.8.2 Niveles de adiciones de fertilizantes foliares	91-95
9.9 Niveles de nutrientes en los suelos por medio de análisis foliar	95-96
9.10 Fertilidad de suelo (propiedades químicas)	97
9.10.1 pH.....	97
9.10.2 Macroelementos	98-99
9.10.3 Microelementos.....	99-101
9.11 Análisis de balance de nutrientes.....	101-110
X. Conclusiones	111
XI. Recomendaciones	112
XII. Bibliografía	113-118
XIII. Anexos	119

ÍNDICE DE TABLA

Contenido	Páginas
Tabla 1. Elementos esenciales, símbolo, formas de absorción y composición aproximada en las plantas	12
Tabla 2. Cantidad de micronutrientes extraídos por las partes que componen el fruto de café	13
Tabla 3. Cantidad de macronutrientes extraídos por las partes que componen el fruto de café	14
Tabla 4. Composición química de la pulpa de café	15
Tabla 5. Principales componentes del mucilago	16
Tabla 6. Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de platas de banano	18
Tabla 7. Principales funciones desempeñados por macronutrientes y micronutrientes en el proceso general de la formación del rendimiento	23-24
Tabla 8. Operacionalización de las variables (parte 1)	38
Tabla 9. Operacionalización de las variables (parte 2)	39
Tabla 10. Análisis estadístico descriptivo poblacional de plantas de café por hectárea	40
Tabla 11. Caracterización poblacional de plantación de café por hectárea	41
Tabla 12. Media representativa, distancia de siembra en los cafetales	42
Tabla 13. Análisis estadístico descriptivo de peso promedio por lata café uva, pulpa, café con mucilago	43
Tabla 14. Análisis estadístico descriptivo poblacional de plantas de banano por hectárea	58
Tabla 15. Caracterización poblacional de plantas de banano por hectárea	59
Tabla 16. Caracterización de especies arbóreas	77
Tabla 17. Volúmenes de leña extraídas en metros cúbicos	78
Tabla 18. Niveles de nutrientes en área foliar de banano sin incluir nervadura central.	96
Tabla 19. Propiedades químicas de los suelos.	97
Tabla 20. Balance de nutrientes	103

Tabla 21. Balance de nutrientes	104
Tabla 22. Balance de nutrientes	105
Tabla 23. Balance de nutrientes	106
Tabla 24. Balance de nutrientes	107
Tabla 25. Balance de nutrientes	108
Tabla 26. Balance de nutrientes	109
Tabla 26. Balance de nutrientes	110

ÍNDICE DE FIGURA

Contenido	Páginas
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio El Cuá - Jinotega	29
Figura 2. Estructura de hoja de banano	34
Figura 3. Diseño de marca	35
Figura 4. Peso promedio de lata, pulpa y café despulpado con mucilago	44
Figura 5. Peso promedio de lata, pulpa y café despulpado con mucilago	44
Figura 6. Número de granos de café uva en 10 kilogramos	45
Figura 7. Producción de café con pergamino en kilogramos por hectárea	46
Figura 8. Relación producción latas café uva, producción quintales pergamino	47
Figura 9. Extracción estimada de calcio en kg/ha en la cosecha de café.....	49
Figura 10. Extracción estimada de nitrógeno en kg/ha en la cosecha de café	50
Figura 11. Extracción estimada de fósforo en kg/ha en la cosecha de café.....	51
Figura 12. Extracción estimada de potasio en kg/ha en la cosecha de café.....	52
Figura 13. Extracción estimada de magnesio en kg/ha en la cosecha de café	53
Figura 14. Extracción estimada de cobre en gr/ha en la cosecha de café	54
Figura 15. Extracción estimada de manganeso en gr/ha en la cosecha de café	55
Figura 16. Extracción estimada de zinc en gr/ha en la cosecha de café	56
Figura 17. Extracción estimada de hierro en gr/ha en la cosecha de café	56
Figura 18. Producción de racimos muestreados por hectárea.....	60
Figura 19. Estimación de producción de racimos al año por hectárea	61
Figura 20. Determinación de peso verde de racimos de banano	62
Figura 21. Estimación peso verde de frutos en kilogramos por racimo	63
Figura 22. Estimación peso verde cáscara y pulpa de banano por racimo en kilogramos.....	63
Figura 23. Estimación peso verde raquis en kilogramos	64
Figura 24. Estimación peso verde de pedicelo en kilogramos por racimo	64
Figura 25. Extracción estimada de calcio en kg/ha en cosecha de banano.....	66
Figura 26. Extracción estimada de magnesio en kg/ha en cosecha de banano	67
Figura 27. Extracción estimada de potasio en kg/ha en cosecha de banano.....	68

Figura 28. Extracción estimada de fósforo en kg/ha en cosecha de banano.....	69
Figura 29. Extracción estimada de nitrógeno en kg/ha en cosecha de banano.....	70
Figura 30. Extracción estimada de cobre en gr/ha en cosecha de banano.....	71
Figura 31. Extracción estimada de manganeso en gr/ha en cosecha de banano.....	72
Figura 32. Extracción estimada de zinc en gr/ha en cosecha de banano.....	73
Figura 33. Extracción estimada de hierro en gr/ha en cosecha de banano.....	74
Figura 34. Extracción estimada de macronutrientes en kg/ha en leña.....	80
Figura 35. Extracción estimada de macronutrientes en kg/ha en leña.....	80
Figura 36. Extracción estimada de micronutrientes en gr/ha en leña.....	82
Figura 37. Extracción total de calcio en kg/ha.....	82
Figura 38. Extracción total de magnesio en kg/ha.....	83
Figura 39. Extracción total de potasio en kg/ha.....	84
Figura 40. Extracción total de nitrógeno en kg/ha.....	84
Figura 41. Extracción total de fósforo en kg/ha.....	85
Figura 42. Extracción total de cobre en gr/ha.....	86
Figura 43. Extracción total de manganeso en gr/ha.....	87
Figura 44. Extracción total de hierro en gr/ha.....	88
Figura 45. Extracción total de zinc en gr/ha.....	88
Figura 46. Estimación de adición de fertilizantes edáficos en kg/ha.....	91
Figura 47. Estimación de adición de fertilizantes foliares en ml/ha.....	92
Figura 48. Estimación de adición de fertilizantes foliares en ml/ha.....	93
Figura 49. Estimación de adición de fertilizantes foliares en kg/ha.....	94
Figura 50. Estimación de adición de fertilizantes foliares en kg/ha.....	95

I. INTRODUCCION

Las plantaciones de café (*Coffea* sp.) constituyen una de las formas más destacadas de uso de la tierra en el trópico, debido al impacto que tiene en la economía de muchos países (Hernández *et al.*, 1997).

El café es uno de los cultivos de mayor importancia para los medianos y pequeños productores en América Central. En las regiones casi todos los caficultores utilizan sombra, o sea tecnología agroforestal (Beer, 1995).

Una forma que la caficultura ecológica tenga mayores resultados es con la presencia de árboles, ya que ayudan a reducir las exigencias de agroquímicos en el café, porque aumenta la disponibilidad de nutrientes en los cafetos ya que funcionan como fuente de almacenamiento que se pueden extraer de las capas más profundas del suelo que luego se depositan en forma de hojas y ramas.

De acuerdo a Muschler (2004) citado por George (2006), la mayoría de las plantaciones de café en América Latina incluye especies arbóreas como sombra. Las especies utilizadas son numerosas, no obstante, se pueden clasificar en especies de servicios guabas (*Inga* sp.), especies maderables, entre las que podemos mencionar el laurel (*Cordia alliodora*), especies frutales, como naranja, mandarina, limón (*Citrus* sp.), el banano y el plátano (*Musa* sp.) principalmente. En el caso de las especies utilizadas como la guaba y laurel éstas mejoran la capa fértil del suelo, reduciendo así los requerimientos nutricionales en los cultivos de café.

El cultivo de café es uno de los rubros de mayor importancia ya que genera un gran impacto en la economía del país además de su atributo ecológico ya que ayuda a mejorar la calidad de los suelos, asociados a las demás especies que interactúan con dicho cultivo como es el caso de especies como guaba, madero negro, cítricos y musácea como banano y plátanos.

El objetivo del estudio es cuantificar la disponibilidad, aporte y extracción de nutrientes de los suelos por las cosechas en el sistema de producción café y banano, por medio de análisis bromatológicos tanto en el grano de café con mucilago, grano de café sin mucilago y pulpa. Igualmente en el cultivo de banano, en los frutos, raquis y área foliar, así como en leña y conocer cuál es la disponibilidad y aporte de nutrientes a través de muestreo de suelo que serán extraídas en 8 fincas distribuidas en 5 comunidades del municipio El Cuá - Jinotega a fin de analizar los contenidos de nutrientes.

El enfoque a emplear en esta investigación es de carácter descriptivo cuali-cuantitativo y de corte transversal ya que de acuerdo al tiempo se llevara a cabo en el periodo comprendido desde julio 2010 a julio 2011.

II. ANTECEDENTES

Para el año 2006, Sadeghian *et al.*, realizaron un estudio para determinar la cantidad de macronutrientes y micronutrientes extraídos por las cosechas en cada una de las partes que componen el fruto de café. Sugiriendo que pese a la similitud en la cantidad total de nutrientes que pueden extraer las plantaciones, la cantidad de elementos removidos del suelo por una cosecha aumenta conforme al incremento de la producción puesto que esta no retorna al suelo por medio de los procesos de ciclaje de nutrientes.

En América Latina, se realizan investigaciones de nutrición en banano. Un trabajo conducido por la Corporación Bananera Nacional de Costa Rica (CORBANA) determinaron la cantidad de nutrientes extraídos por diferentes tejidos de plantas de banano, lamina, nervadura central, peciolo completamente desarrolladas y aclarar los síntomas de deficiencia de nutrientes (López y Solís 1992).

Múltiples estudios han comprobado el beneficio de la sombra sobre el cultivo de café, mejorando la tasa de fotosíntesis y su desarrollo (Jaramillo y Gómez 1989). Sin embargo este beneficio es consecuencia de la contribución que hace la sombra a la conservación del suelo, mejorando las características físicas y químicas, disminuyendo la evaporación desde la superficie y amortiguando las temperaturas (Rivera y Gómez 1992). Comúnmente se realizan podas anuales en los árboles utilizados como sombra en los cafetales y la extracción de leña muchas veces es considerable lo que significa que existe una alta extracción de nutrientes, ya que los nutrientes se encuentran mayor mente almacenados en la biomasa, y la mayor parte de la biomasa, corresponde a las partes leñosas.

Existen estudios como el de Senisterra *et al.*, (2008), que determinan la concentración de nutrientes inorgánicos en corteza y leño de árboles, y sus relaciones con los volúmenes.

Con base a investigaciones desarrolladas, se pueden sugerir planes para la fertilización de los cafetales. Se hace necesario continuar indagando sobre la influencia que ejerce el tipo de manejo de los cafetales sobre el suelo, con el fin de identificar prácticas que aporten en el mejoramiento de la calidad de los suelos cafetaleros.

III. JUSTIFICACIÓN

Estudios de sistemas de producción agrícola en el mundo indican la importancia del ecosistema del suelo la productividad y sostenibilidad de los cultivos que se desarrollan (Doran *et ál.*, 1996). Un suelo de calidad es aquél que tiene la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos en forma sostenida a mediano y largo plazo.

En general, se ha descrito que los árboles pueden mejorar y promover una estabilidad en el suelo por medio del ciclado de los nutrientes, principalmente a través del aporte de biomasa que a su vez ayuda a mantener la fertilidad del suelo y a reducir la erosión eólica o hídrica. La presencia de árboles puede mejorar el contenido de algunos macro nutrientes esenciales, como el calcio de igual manera el potasio y aumentar el ciclado y disponibilidad de otros nutrientes, como el nitrógeno o el fósforo (Fassbender 1993; Gil, *et al.*, 2005).

Muchos cafetaleros no retoman la importancia que tienen sus áreas de producción, se debe de señalar que en dependencia del manejo, se altera el balance nutricional en el suelo pues la intensidad de explotación hace que la extracción de nutrientes sea mayor y se incrementen las pérdidas, sin que se restituyan, esto conduce a la degradación acelerada de la fertilidad de los suelos. El cultivo de musáceas es una de las especies más utilizadas como sombra en los cafetales, por lo general para medianos y pequeños productores tiene gran importancia por ser fuente de alimento y generar ingresos económicos a través de su venta.

A través de la información generada en este estudio permitirá conocer cuántos nutrientes se está extrayendo por parte de las cosechas y sub productos; así como cuantos son aportados de forma edáfica y foliar, tanto por medio de fertilizantes sintéticos u orgánicos, si es el caso, contribuyendo de esta manera a una mejor comprensión de la importancia que retoma el suelo a nivel productivo.

Con los resultados los productores podrán realizar un mejor manejo en cuanto a la fertilidad de los suelos y así elevar sus niveles de producción de manera más sostenible, de igual manera servirá como material bibliográfico de consulta para la comunidad estudiantil y población interesada en la temática.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El cultivo de café (*Coffea arabica*) se caracteriza por ser generalmente un sistema productivo agroforestal, para su establecimiento necesita de especies que brinden sombra como especies agroforestales y frutales como el banano, es necesario que se asocie café con banano y árboles, donde las plantas de banano aparte de proveer sombra genera ingresos económicos a los productores debido al buen mercado de la fruta en el país. Esto produce una elevada tasa de extracción de nutrientes que dependerá de la cantidad de grano cosechado.

Los nutrientes se almacenan en los frutos y en las paredes celulares de estas especies, también hay elementos extraídos del suelo y ya procesados que se pierden en los subproductos de estos cultivos como la pulpa y el mucílago del café, hojas de banano comercializadas y residuos de leña que resultan de la poda de los árboles.

Por otra parte los productores de esta zona aplican muy poca o nula fertilización a los suelos y cultivos, provocando que al paso de los años la fertilidad de los suelos vaya disminuyendo paulatinamente, ya que no se restituyen los nutrientes que son extraídos por las cosechas. Esta problemática puede tener consecuencias negativas a largo plazo disminuyendo la cantidad y calidad en cuanto a producción.

Preguntas de investigación:

4.1 Pregunta General.

¿Qué cantidad de nutrientes son aportados y se encuentran disponibles en los suelos y qué cantidad de estos son extraídos por las cosechas en sistema de producción de café con banano, en el municipio El Cuá - Jinotega durante el periodo 2010-2011?

4.2 Preguntas Específicas:

¿Cuál es la cantidad de nutrientes que son extraídos por la cosecha de café?

¿Cuál es la cantidad de nutrientes que son extraídos por las cosechas de banano?

¿Cuál es la cantidad de nutrientes extraídos por los volúmenes de leña en los sistemas de producción de café con banano?

¿Cuál es la cantidad de nutrientes aportados de forma edáfica y foliar a través de fertilizantes sintéticos y orgánicos en los sistemas de producción de café con banano?

¿Cómo es la fertilidad que poseen los suelos en los sistemas de producción de café con banano?

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General:

Cuantificar disponibilidad, aportes y extracción de nutrientes de los suelos por las cosechas en sistema de producción de café con banano en el municipio El Cuá - Jinotega durante el periodo 2010-2011.

5.2 Objetivos Específicos:

Estimar la cantidad de nutrientes que son extraídos por la cosecha de café, a través de análisis de laboratorio.

Calcular la cantidad de nutrientes que son extraídos por las cosechas de banano, a través de análisis de laboratorio.

Estimar la cantidad de nutrientes extraídos por leña en los sistemas de producción de café con banano a través de análisis de laboratorio

Determinar la cantidad de nutrientes aportados de forma edáfica y foliar a través de fertilizantes sintéticos y orgánicos en los sistemas de producción de café con banano.

Determinar la fertilidad que poseen los suelos en los sistemas de producción de café con banano a través de análisis de laboratorio.

VI. HIPÓTESIS

6.1 Hipótesis General

La cantidad de nutrientes aportados y disponibles así como los que son extraídos por las cosechas en el sistema de producción de café con banano, en el municipio El Cuá - Jinotega varía según el manejo del sistema.

6.2 Hipótesis específicas

1: La cantidad de nutrientes extraídos por la cosecha de café varía según las aplicaciones de fertilizantes del sistema de producción café con banano.

2: La cantidad de nutrientes extraídos por las cosechas de banano varía según manejo del sistema de producción café con banano.

3: La cantidad de nutrientes extraídos por leña en el sistema de producción de café con banano varía conforme el manejo recibido.

4: La cantidad de nutrientes aportados de forma edáfica y foliar a través de fertilizantes sintéticos y orgánicos en el sistema de producción de café con banano tiene efecto sobre los rendimientos productivos.

5: La fertilidad que poseen los suelos en el sistema de producción de café con banano se encuentra en los rangos óptimos.

VII. MARCO TEORICO

7.1 Café como sistema productivo en Nicaragua.

Según el III CENAGRO (2002) citado por IICA (sf), existen en el país 43,182 fincas que cultivan café en un área de 185.6 miles de manzanas, es decir que un 26% de las fincas en Nicaragua cultivan café y el área dedicada a este cultivo es un 15% del área total cultivada en el país para el año 2001.

En Nicaragua el café es uno de los rubros más sobresalientes ya que genera ingresos a la economía del país y numerosos empleos directos e indirectos a personas de distintos extractos sociales.

El café en el periodo 1995 - 2003 representó en promedio el 31.5% de los ocupados en el sector agrícola y el 13% del total de ocupados en el ámbito nacional. En el año 2003 el empleo generado en el café equivale al 16% del total del empleo nacional (Osorio *et al.*, 2004).

El 95% del café producido en Nicaragua es cultivado bajo sombra, lo que garantiza una calidad suprema. El 100% del café nicaragüense es *Arábica lavado*, y sus variedades son: *Caturra*, *Borbón*, *Maragogipe*, *Típica*. La especie *Arábica* es la más apreciada, crece en alturas entre 900 y 2,000 metros. Su contenido en cafeína es relativamente bajo (entre un 0.9% y un 1.5%), y su cultivo es más delicado por lo que requiere más cuidado. Sus frutos son redondos, suaves, levemente agrios, color achocolatado, de corteza lisa e intenso perfume (Rivas, 2008).

En la actualidad se considera que el cultivo de café y sus diversas variedades han ido incrementando los niveles de producción de forma satisfactoria, destacando la variedad (*Arábica*) por su facilidad de adaptación que van entre los 900 y 2000 msnm, además de ser resistente a las condiciones climáticas, plagas, enfermedades y demanda comercial tanto nacional como internacional.

Según Rivas (2008), a pesar de la cultura de consumo en Nicaragua (2.08 kilogramos per cápita estimados para el 2006) y de la cantidad de productores de café que se encuentran activos en el país, Nicaragua se encuentra en el cuarto lugar entre los productores centroamericanos, con una participación promedio de la producción regional del 13.5% aproximadamente.

7.2 Importancia socio económica en Nicaragua.

El café se considera como un producto básico de gran importancia para la economía mundial y hasta el inicio de la "crisis del café" internacional, era el segundo producto con más valor del mercado después del petróleo. Este grano se produce en más de 70 países alrededor del mundo, de los cuales 45 son miembros de la Organización Internacional del Café (OIC), que en conjunto representan el 97% de la producción mundial de café (Rivas, 2008).

El cultivo de café es de mucha importancia, tanto a nivel mundial como a nivel nacional, por los múltiples beneficios que se obtienen a partir del mismo. Ha sido y en la actualidad es uno de los rubros de principal exportación en Nicaragua, representando consistentemente uno de los mayores generadores de divisas al país.

En Centroamérica se cultiva café desde hace más de dos siglos (Lara, 2005). La caficultura Nicaragüense data desde hace 160 años, siendo desde entonces un pilar importante para la economía del país (Guerrero, 1997). Contribuyendo con ello al sostenimiento económico de las familias a través de la generación directa o indirecta en la fase del cultivo, cosecha, procesamiento y comercialización de grano.

Nicaragua posee las condiciones edafoclimáticas ideales para producir todas las variedades de café pero su potencial no se explota plenamente, podrían alcanzar mejores niveles de productividad para competir en el mercado mundial del grano de oro debido a los atrasos tecnológicos en la actividad agropecuaria.

Es importante mencionar que a nivel nacional 1 millón y medio de personas dependen del café para sustento (CEPAL, 2002, citado por Lara, 2005). Nicaragua cuenta con los factores básicos para obtener un buen café competitivo ya que posee tierras fértiles con alturas adecuadas, cultivos en sombra, abundante mano de obra para las labores agrícolas y suficientes precipitaciones para el crecimiento del cultivo. Pero hay algo que lo hace poco competitivo a lo interno del país es el bajo rendimiento por manzana, que es de 10 qq/mz (Rivas, 2008).

Nicaragua tiene ventajas comparativas ante otros países en la exportación de café, ya que sus variedades y calidades le permiten obtener mejores precios en el mercado en períodos de crisis, aunque los factores que inciden en el bajo rendimiento productivo es la tecnología atrasada por falta de asistencia técnica en análisis de los suelos, semillas mejoradas, maquinaria adecuada en beneficios húmedos, dificultades de financiamiento, insumos insuficientes, malos caminos que dificultan el acceso a las plantaciones y la salida de la cosecha.

El sistema productivo de café debe buscar un equilibrio entre una rentabilidad aceptable y la aplicación de modelos que no permitan el deterioro de los recursos naturales (Hernández e Ibarra 1997). Según Castro *et al.*, (2004), en las regiones cafetaleras hay recursos de flora y fauna que interactúan con el cultivo, además la producción de café, como sistema de cultivo, es compatible con el medio ambiente.

Las practicas limpias y ecológicas, el beneficiado ecológico la diversificación forestal y el ecoturismo son compatibles se refuerzan mutuamente y contribuyen a la sostenibilidad agrícola.

Según Espinoza (2001), el funcionamiento de las redes de información y conocimiento de los caficultores es limitado precisamente por la falta de organización, dispersión y aislamiento en el que viven, la mayoría de los residentes de las comunidades de El Cuá, Jinotega combinan la producción de café con banano que normalmente se realiza en la misma parcela, pero quienes mejores aprovechan esta situación son los comerciantes intermediarios y las empresas comercializadoras de café.

En las comunidades cafetaleras del municipio El Cuá impera un sistema desarticulado, donde, los diferentes actores actúan en forma individual en función de sus intereses.

7.3 Elementos esenciales en la nutrición del café.

Las plantas de café, requieren de 16 ó más elementos que se consideran esenciales para su crecimiento. Estos de acuerdo a su origen, pueden clasificarse en minerales (aquellos que se encuentran principalmente en el suelo y son absorbidos por las raíces de las plantas en sus formas inorgánicas) y no minerales (los que proceden esencialmente de la atmósfera y el agua) (Sadeghian, 2008).

Tabla 1. Elementos esenciales, símbolo, formas de absorción y composición aproximada en las plantas.

Elementos	Símbolo	Forma de Absorción	En la Planta
Carbono	C	CO ₂	40-50 %
Oxígeno	O	O ₂ y H ₂ O	42-44
Hidrogeno	H	H ₂ y H ₂ O	6-7
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ y NH ₄ ⁺	1-3
Fosforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ y HPO ₄ ²⁻	0.05-1
Potasio	K	K ⁺	0.3-3
Calcio	Ca	Ca ²⁺	0.5-3.5
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	0.03-0.8
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	0.1-0.5
Hierro	Fe	Fe ²⁺	100- 1000ppm
Manganeso	Mn	Mn ²⁺	50-300ppm
Cobre	Cu	Cu ²⁺	10-20 ppm
Zinc	Zn	Zn ²⁺	50-300ppm
Boro	B	H ₂ BO ₃ ⁻	10-40ppm
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁻	
Cloro	Cl	Cl ⁻	
Sodio	Na	Na ⁺	

Fuente (Sánchez, 2007).

Según Sadeghian (2008) de acuerdo con la cantidad requerida, los elementos minerales se clasifican en macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (hierro, cobre, manganeso, boro, molibdeno, zinc y cloro).

Una porción de los elementos extraídos del suelo por el cultivo es a través de las cosechas en el caso del café por medio de los frutos, pero el resto vuelve al suelo en forma de raíces, tallos, hojas y otros órganos a través del ciclaje de estos.

Los requerimientos nutricionales del café varían según el estado del crecimiento. Según Sadeghian (2008) se distinguen cuatro etapas o fases: germinativa, almácigo, crecimiento vegetativo y producción. En el Centro Nacional de Investigación de Café (Cenicafé) Colombia, desde hace varias épocas, se vienen desarrollando numerosos experimentos en torno a nutrición del café en cada una de estas etapas, teniendo en cuenta la diversidad agroecológica de la zona cafetalera.

7.4 Extracción de nutrientes del suelo por cosechas de café.

Sadeghian, *et al.*, (2006) determinaron la cantidad de macronutrientes y micronutrientes extraídos por las cosechas en cada una de las partes que componen el fruto de café.

Tabla 2. Cantidad de micronutrientes extraídos por las partes que componen el fruto de café.

Partes del fruto	U. de M	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Boro
		Fe	Mn	Zn	Cu	B
Café Oro	Kg/1000 kg	33.06	37.61	7.38	12.26	10.05
Pulpa	Kg/1000 kg	28.97	16.38	4.43	16.251	34.97
Pergamino	Kg/1000 kg	7.53	4.01	1.29	1.81	1.32
Mucílago	Kg/1000 kg	37.73	3.36	4.66	2.70	3.45

Fuente: Sadeghian *et al.*, (2006)

Tabla 3. Cantidad de macronutrientes extraídos por las partes que componen el fruto de café.

Partes del fruto	U. de M	Nitrógeno	Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	CaO	Mg	MgO	S	SO ₂
Café Oro	Kg/ 1000 kg	16.79	1.39	3.19	12.40	14.89	1.61	2.25	1.47	2.45	0.99	2.96
Pulpa	Kg/ 1000 kg	11.50	0.70	1.60	22.31	26.80	1.76	2.46	0.57	0.94	0.13	0.40
Pergami.	Kg/ 1000 kg	0.96	0.02	0.05	0.60	0.72	0.42	0.60	0.11	0.18	0.09	0.27
Mucílago	Kg/ 1000 kg	1.70	0.15	0.34	1.61	1.93	0.47	0.65	0.11	0.18	--	--

Fuente: Sadeghian *et al.*, (2006)

Con la información acerca de los elementos extraídos por las cosechas y sub productos son útiles en aspectos como recomendaciones para el manejo de los suelos, así como la valoración de la pulpa y mucilago como fuente fertilizante.

7.5 Derivados del café y su importancia

En los países productores de café, los residuos y sub-productos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de aplicar técnicas para utilizarlos como materia prima (Rathinavelu y Graziosi, 2005).

El procesamiento o beneficiado del café genera subproductos sólidos y líquidos que mal dispuestos pueden causar contaminación en los suelos, el agua y el aire. Los volúmenes de pulpa y aguas residuales son considerables ya que según investigaciones la pulpa representan del 40 - 50% del peso del fruto del café (Fúnez *et al.*, 2004) y la capa de mucilago representa el 5% del peso seco del fruto (Restrepo, sf citado por López, 2009). Disponer adecuadamente de éstos en los sistemas diseñados y cumplir con las leyes ambientales es difícil y costoso por las características prevalecientes en la zona cafetalera.

De acuerdo a Cantero (2001), el café se compone de 5 partes, dentro de las cuales el 20% es grano oro, 40% es pulpa, 16% mucílago, 4-5% pergamino y 20% humedad en el grano pergamino del café.

7.5.1 Pulpa

La pulpa del café es un material de desecho que procede de la industria del café. El uso de la pulpa de café fresca o procesada ha sido tema de muchos estudios en los que, en general, se llega a la conclusión de que los residuos y sub-productos del café pueden usarse de varias maneras (Rathinavelu y Graziosi, 2005).

Varios investigadores determinan que la pulpa representa el 40% del peso del fruto, variando la cantidad de la misma según la producción de cada país y de acuerdo al manejo que cada agricultor provea a la finca. (Fúnez *et al.*, 2004).

Tabla 4. Composición química de la pulpa de café

Elementos	Unidad Contenido	Contenido
Ph	----	7.13
Materia Orgánica	%	6.60
Fósforo	Ppm	79.09
Potasio	Meq/100g pulpa	4.87
Calcio	Meq/100g pulpa	21.50
Magnesio	Meq/100g pulpa	9.45
Aluminio	Meq/100g pulpa	0.01
Zinc	Ppm	27
Manganeso	Ppm	77
Hierro	Ppm	16
Cobre	Ppm	0.5

Fuente: Laboratorio suelos IHCAFE, (1999). Citado por Fúnez *et al.*, (2004)

Por lo general en Nicaragua el beneficiado se realiza en las propias fincas de los caficultores, siendo la pulpa el principal subproducto que se obtiene en esta etapa. La mayor parte de los beneficios son rústicos, con una despulpadora accionada manualmente, sacos o pilas para fermentar y lavar café. Es necesario dar un buen manejo a los subproductos como la pulpa, facilitar su descomposición acelerando el proceso de transformación, siendo reutilizables en humus, disminuyendo de esta manera la contaminación, restituyendo y aprovechando los nutrientes extraídos.

7.5.2 Mucílago

El grano de café está recubierto por una fina capa de mucílago de aproximadamente 0,5 a 2 mm de espesor que está fuertemente adherida a la cáscara del grano de café y representa el 5% del peso seco de este. Desde el punto de vista físico, el mucílago es un sistema coloidal líquido, hidrofílico, siendo por lo tanto un hidrogel. Químicamente, el mucílago contiene agua, pectinas, azúcares y ácidos orgánicos (Restrepo, sf citado por López, 2009).

En el beneficiado húmedo se retira este mucílago del grano del café con la aplicación de grandes volúmenes de agua y ello genera lo que comúnmente se llama aguas mieles.

Tabla 5. Principales componentes del mucílago.

Componente	Porcentaje (%)
Sustancias pépticas totales	33
Azúcares totales	50
Celulosa (cenizas)	17

Fuente: Monroig, sf citado por López, 2009.

Por su alto contenido en diferentes tipos de azúcares, este subproducto es un excelente medio para la elaboración de biofertilizantes enriquecidos con minerales y así llegar a ser utilizado en los cultivos del propio café o de otros productos.

Es importante mencionar que la mayoría de los beneficios húmedos por su propia naturaleza están ubicados a las orillas de los cuerpos de agua superficiales, generalmente de los ríos. Por ende es importante retomar la relevancia del mucílago como fuente de fertilización, por la cantidad de nutrientes que contiene y que se están desechando y contaminando las fuentes de agua.

Otro uso de los residuos líquidos (aguas mieles) es para la generación de biogás (principalmente metano) a través de la biodigestión anaeróbica por medio de uso de sistemas FAFSA pero además por medio de biodigestores del tipo taiwan o tipo salchicha (Chavarría, 2010).

7.6 Uso de plantas de banano como sombra en los cafetales

El café ha formado parte de múltiples asociaciones en Nicaragua, se ha establecido en sistemas mixto asociando el café especialmente con plantas de banano para obtener además de nuevos ingresos, proveer de sombra al café lo cual protege contra diversas enfermedades a las que es susceptible.

Las plantas de musáceas son utilizadas como sombra en los cafetales y por algunos autores denominados sombra temporal (Sosa y Ordoñez, sf), pero la definición dependerá de la región cafetalera hasta los aspectos socioeconómicos del productor. En muchas ocasiones las musáceas se utilizan como sombra permanente por ser fuente de alimento y su venta genera ingresos económicos importantes para el caficultor.

En los cafetales se pueden encontrar diversas especies de Musáceas. Las distancias de siembra más comunes son de 4x4 ó 5x5 metros, aunque en ocasiones se toma como referencia la distancia de siembra del café, por ejemplo, se siembra cada cinco plantas de café y cada dos surcos en el centro del surco o entre calle (Sosa y Ordoñez, sf).

De acuerdo a Sosa y Ordoñez, (sf), se recomienda mantener la cepa con una planta madre (con racimo), una sucesora (de porte mediano) y uno o dos hijos, dependiendo de la

fertilidad de los suelos o de la intensidad de manejo nutricional de la finca. Es conveniente cortar las hojas y pseudotallos después de la cosecha y colocarlos transversalmente a la pendiente del terreno para disminuir la erosión del suelo.

Esta materia orgánica también aminora la incidencia de maleza, preserva la humedad y estimula la descomposición de los residuos y por lo tanto el reciclaje de nutrientes, principalmente potasio, que es extraído fuertemente por esta especie.

7.6.1 Demanda nutritiva del banano

Es del conociendo que la comercialización de los productos cosechados por las plantas de banano están compuestas primordialmente por los frutos, que en el municipio El Cuá es muy significativo y posteriormente por las hojas. Esto significa que existe una extracción de nutrientes a través de estos productos que no regresan al suelo.

Tabla 6. Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de plantas de banano.

Nutriente	Lámina	Nervadura Central	Peciolo
N %	2.6	0.65	0.4
P %	0.2	0.08	0.07
k %	3.0	3.0	2.1
Ca %	0.5	0.5	0.5
Mg %	0.3	0.3	0.3
Na %	0.005	0.005	0.005
Cl %	0.6	0.65	0.7
S %	0.23	--	0.36
Mn (mg/kg)	25	80	70
Fe (mg/kg)	80	50	30
Zn (mg/kg)	18	12	8
Br (mg/kg)	11	10	8
Cu (mg/kg)	9	7	5
Mo (mg/kg)	1.3 – 3.2	--	--

Fuente: (Lahav y Turner. 1992)

7.7 Utilización de árboles para sombra en los cafetales

Es recomendable el sistema de cultivo de café bajo sombra. Las ventajas del mismo son múltiples, y van desde las necesidades eco-fisiológicas de la planta, generación de energía (leña), hasta la de cumplir con requerimientos del mercado en temas ambientales, como protección de suelos y recursos hídricos, conservación de flora y fauna, entre otros.

Aunque el café es considerado como un cultivo de sombra, Muschler (2004) citado por George, (2006) señala que la floración es mayor cuando las plantas son expuestas directamente a la luz solar. Si las condiciones ambientales son óptimas y la fertilización es adecuada, la exposición al sol puede aumentar la producción hasta 30 % y ocasionalmente a corto plazo puede ser mayor.

La sombra se recomienda para ayudar a mantener baja, las altas temperatura, en lugares expuestos a fuertes vientos protegen el café, así como en las siembras donde el agricultor no posee los medios económicos suficientes para costear los insumos que demandan las prácticas agrícolas en el cultivo intensivo al sol.

Por otro lado, la presencia de árboles favorece a los sistemas de producción en aspectos tales como mantenimiento del ciclaje de nutrientes, la búsqueda de la sostenibilidad ecológica y la conservación de biodiversidad, estas dos últimas basadas en perspectivas a largo plazo (Jiménez *et al.*, 2001).

George (2006) citando a Muschler (2004), menciona que la sombra puede disminuir el estrés hídrico, prolongar la vida del cultivo de café, reducir pérdidas de frutos, disminuir los requerimientos de insumos, proteger los recursos naturales tales como el suelo, el agua y la biodiversidad y mejorar la calidad del grano de café. Los árboles para sombra deben ser de ramaje extendido, que no se partan con facilidad y preferiblemente de la familia de las leguminosas porque éstas fijan nitrógeno al suelo. Las guabas (*Inga sp*) son la especie más comúnmente utilizada para estos propósitos.

Para evitar que los árboles de sombra afecten la producción de café es necesario controlar su sombra, manejando el tejido vegetativo con podas. Esto requiere de mano de obra con experiencia. La sombra permanente no debe ser mayor de un 30%.

Desde al punto de vista ambiental el café representa uno de los cultivos más importantes del país. El café en Nicaragua cubre un área de 172 mil manzanas, casi en su totalidad bajo sombra con un 96%. Las fincas cafetaleras están utilizadas en un 30% de café y el resto está dividido en 50% en vegetación forestal y el 20% en otras actividades (Osorio *et al.*, 2004).

7.7.1 Regulación de sombra en los cafetales

De acuerdo a Muschler (2004) citado por George (2006), la mayoría de las plantaciones de café en América Latina incluye especies arbóreas no solamente para proveer sombra sino también como fuente de abono verde. En Costa Rica, la poda de los árboles de sombra en los cafetales es una práctica multipropósito. La disminución de la sombra sirve para bajar la incidencia de enfermedades y estimular la floración y maduración de los frutos.

La poda es muy importante, si no se realiza la cosecha se reduce considerablemente por la limitada actividad fisiológica de la planta a causa de la falta de luz, además se crean condiciones muy favorables para enfermedades. Es necesario realizar podas a los árboles, se debe escoger las ramas que estén a una altura conveniente. Comúnmente los caficultores realizan podas anualmente y la extracción de leña muchas veces es considerable lo que significa que existe una alta extracción de nutrientes.

7.8 Importancia de los suelos en la caficultura.

Hay muchos conceptos de suelo dependiendo del ángulo y enfoque que se le dé al mismo. Sin embargo, podemos concluir que es un ente natural, tridimensional, trifásico, dinámico, sobre el cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas (Sánchez, 2007).

Según Sánchez (2007), el suelo es un ente, porque tiene vida; tridimensional, porque es visto a lo largo, ancho y profundidad; trifásico, porque existe fase sólida, líquida y gaseosa; dinámico, porque dentro del suelo ocurren procesos que involucran cambios físicos y reacciones químicas constantemente. Además es el medio natural donde crecen las plantas, por tanto sirve como soporte.

Para que las plantas se desarrollen de manera normal se requiere que en el suelo estén presentes los nutrientes que necesitan en su ciclo de vida. Además, estos elementos deben estar disponibles de manera aprovechable para las plantas en proporciones apropiadas.

El suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres ya que contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan, brinda anclaje, nutre a las plantas en su crecimiento y condiciona por tanto, todo el desarrollo del ecosistema (Echarri, 1998).

Las plantas absorben los nutrientes que las alimentan, principalmente a través de sus raíces. En este proceso, las raíces interactúan con el suelo y los microorganismos, seleccionan los minerales que requiere la planta para su desarrollo.

El suelo representa el recurso de producción más importante con que cuenta el pequeño productor. El recurso suelo se vuelve sensiblemente más importante en la producción porque en su manejo ya no se le considera como únicamente materia, sino se trata de un “organismo vivo” y requiere por tanto, todos los cuidados y consideraciones necesarias para su utilización desde un punto de vista sostenible.

El agricultor en muchos casos desconoce cuáles son las causas de la disminución de los rendimientos de sus cosechas y las atribuye a otros factores sin tener en cuenta la degradación del suelo por erosión ya sea por diversos factores. En estos casos no se ha percatado de los daños que produce ni tampoco de cuáles podrían ser las medidas o prácticas para combatirla (Cubero, 1996).

7.8.1 Origen de los nutrientes en el suelo

- a. **Reservas naturales del suelo:** Composición del suelo, elementos disponibles y cambiables (las arcillas y la materia orgánica, son la fuente de reserva del suelos por ser de naturaleza coloidal) y de las condiciones meteorológicas (Sánchez, 2007).
- b. **Fertilizantes** minerales, una amplia gama de abonos simples y compuestos y micronutrientes quelatados y complejados y en menos medida los fertilizantes orgánicos (aminoácidos y hormonas) (Sánchez, 2007).
- c. **El agua de riego.** Gran cantidad de agua circula por las plantas (uso consuntivo) aportando principalmente elementos como calcio, magnesio, potasio, nitratos, sulfatos y boro (Sánchez, 2007).
- d. **Fuentes orgánicas.** Descomposición y mineralización de residuos vegetales y animales del suelo. Estos pueden ser naturales (reciclaje) o incorporados (Sánchez, 2007).
- e. **Precipitación** (lluvia). Especialmente nitrógeno. El agua de lluvia puede captar y llevar el nitrógeno atmosférico hacia la tierra e incorporarse al sistema suelo-planta (Sánchez, 2007).
- f. **Microorganismos:** Fijación biológica (nitrógeno), micorrizas (fósforo), reacciones óxido reductivas de los elementos (Sánchez, 2007).

7.8.2 Propiedades de los suelos

Las propiedades o indicadores de la calidad de los suelos, que determinan la aptitud de uso y manejo del suelo, se dividen en físicas, químicas y biológicas. Estas propiedades se usan para describir los beneficios que brindan y las características de un suelo.

Existen muchas definiciones en el contexto de la calidad de los suelo, según Carter *et al.*, (1997) lo interpreta como la utilidad de los suelos para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. En cambio Romig *et al.*, (1995), lo define como el estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos o productos microbianos en un tiempo particular constituyendo la salud del suelo.

7.8.2.1 Propiedades Químicas

Las propiedades químicas del suelo corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, Mg, K, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Co, B, MO, Cl) para las plantas (Kourous, 2006).

Las propiedades químicas de los suelos permiten conocer los contenidos de los componentes orgánicos e inorgánicos en el suelo y su influencia en la producción de los cultivos, proporciona directamente al café suplementos de nutrientes y agua.

Tabla 7. Principales funciones desempeñados por macronutrientes y micronutrientes en el proceso general de la formación del rendimiento.

Elemento	Funciones Desempeñadas
Nitrógeno (N)	Formación de la parte vegetativa (asociada con el potasio) y desarrollo de los botones florales. Produce succulencia. Da el color verde a las hojas.
Fósforo (P)	Formación de la fruta, maduración, reservas de almidones, contribuye al rápido desarrollo de las raíces y plántulas, mejorar su resistencia a las temperaturas bajas y aumenta la eficiencia del uso del agua.
Potasio (K)	Formación de la parte vegetativa, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. Participa en la Fotosíntesis y en síntesis de proteína y carbohidratos.
Cloro (Cl)	Trasporte de azúcar a la fruta, fotosíntesis y crecimiento general.

Calcio (Ca)	Desarrollo de la raíz y las hojas, reduce la acidez del suelo. Esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio. Formación de la fruta y forma compuestos de las paredes celulares.
Magnesio (Mg)	Se encuentra en la solución del suelo y se absorbe en las superficies de las arcillas y la materia orgánica. Activa enzimas necesarias en el proceso de respiración y contribuye a formación de la parte vegetativa.
Boro (B)	Crecimiento del fruto, absorción de macro y micronutrientes, contribuye al crecimiento de la raíz, crecimiento de entrenudos y número de ramas laterales así como número y diferenciación de los brotes florales.
Cobre (Cu)	Fotosíntesis y crecimiento general, resistencia a enfermedades. Efecto tónico (Hojas de color verde, menor caída de hojas y frutos).
Hierro (Fe)	Se encuentra en el suelo en cantidades suficientes formado distintos compuestos como ser óxidos e hidróxidos.
Manganeso (Mn)	Se encuentra en una compleja unión con aminoácidos y participa en reacciones de oxidación-reducción. Tiene función como activador de enzimas de diversos procesos metabólicos de importancia general. Participa en la fotosíntesis.
Molibdeno (Mo)	Utilización de nitrógeno (asociado con P, S y Fe)
Zinc (Zn)	Activa diversos procesos enzimáticos, la fosforilización de la glucosa y a través de ella, la formación de almidones, activa peptidasas, condensación de aminoácidos a proteínas. Crecimiento de los entrenudos.

Fuente: Ibáñez *et al.*, (2004)

7.8.2.1.1 pH del suelo

Es definido como la actividad de iones hidrógeno en la solución suelo. Normalmente el rango de pH de los suelos varía entre 3.5 a 9.0, la razón por la que no se alcanza valores extremos de 0 ó 14 se debe a que la solución suelos no es una solución verdadera, sino una solución coloidal. A la mayoría de especies cultivadas, les favorece pH entre valores de 5.5 a 7.5, pero cada especie y variedad tiene un rango específico donde se desarrolla mejor (Sánchez, 2007).

Aunque hay varios autores que definen el pH, podríamos decir que es un valor de iones de hidrógeno (H^+) de suelo, que afecta la población microbiológica y procesos de mineralización de materia orgánica, con consecuencia de menor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Alvarado y Rojas, 2007).

Rosales, *et al.*, (2008) define el pH como el contenido de iones de hidrógeno (H^+) en el suelo. El pH tiene gran influencia en la disponibilidad y asimilación de los elementos nutritivos para el cultivo. Un pH entre 6 y 7 es el más adecuado para la asimilación de nutrientes.

Cabe señalar que cada especie vegetal tiene un pH idóneo, los micro organismos del suelo proliferan con valores de pH medios y altos. Su actividad se reduce por debajo de 5.5.

El pH indica el grado de acidez y alcalinidad que presenta un suelo tienen una influencia directa en las características físicas, químicas y biológicas, y este determina en gran parte la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Según Núñez (2000), el pH del suelo por sí mismo no ejerce influencia directa sobre las plantas. La principal influencia es biológica al afectar a los microorganismos de suelo. Sobre el aspecto químico tiene influencia sobre la disponibilidad o la fijación de algunos nutrientes necesarios del suelo a las plantas.

El cultivo de café prefiere suelos ligeramente ácidos, con pH que oscile entre 6 y 6.5. Sin embargo, se sabe que es tolerante a niveles de pH inferiores, obteniéndose excelentes cosechas en suelos con grado de acidez de hasta 3.1 siempre y cuando las propiedades físicas sean satisfactorias (Alvarado y Rojas, 2007).

7.8.3 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo varía según las condiciones climáticas como las lluvias, altas temperaturas y los vientos fuertes; pero el factor que más altera las condiciones de fertilidad del suelo es el mal manejo que el ser humano hace de este, como las fertilizaciones inadecuadas, aplicaciones excesivas de cal, las exposiciones del suelo al ser erosionado por las lluvias y el viento uso excesivo de maquinaria, quema y uso de plaguicidas que eliminan los organismos vivos del suelo.

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2007).

Según Pérez *et al.*, (2005) el hombre ha tratado desde tiempos muy antiguos, de mantener y mejorar la fertilidad del suelo con el fin de aumentar la producción, interviniendo en el equilibrio establecido entre el suelo y los microorganismos, utilizando insumos agrícolas disponibles en el mercado, que en su mayoría son de naturaleza química y algunos compatibles con la práctica orgánica.

7.8.3.1 Fertilización edáfica

La fertilización se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos, mejora el rendimiento y la calidad del producto.

El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores tanto del suelo como del medio que rodea al cultivo. De aquí, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica (Trinidad y Aguilar 1999).

El objetivo principal del uso de fertilizantes es obtener el mayor rendimiento posible, para hacer rentable la actividad agrícola. Para cafetales, las recomendaciones deben considerar que la aplicación de fertilizantes debe realizarse en el momento adecuado cuando la planta lo requiera. Sin embargo, es fundamental mantener el balance de nutrientes para ello se debe tomar en cuenta las leyes de la fertilización

Las plantas absorben los nutrientes que las alimentan, principalmente a través de sus raíces. En este proceso, las raíces no actúan como órganos pasivos, sino que en interacción con el suelo y los microorganismos y el clima, seleccionan los minerales que requiere la planta para su desarrollo.

7.8.3.2 Fertilización foliar

La fertilización foliar, debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutrimentales o corregir deficiencias de aquellos nutrimentos que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo (Trinidad y Aguilar, 1999).

Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Trinidad y Aguilar, 1999).

La fertilización foliar provee nutrientes en forma fácil y de rápida absorción. La aspersión foliar puede corregir rápidamente la deficiencia de micronutrientes específico. Es un complemento de la fertilización al suelo, esta es la característica de mayor importancia, ya que por la ayuda alimenticia que le dá al cultivo reduce las pérdidas en el potencial productivo del café, de igual manera contribuye a fortalecer la planta ante condiciones adversas como sequía. (Trinidad y Aguilar 1999).

El propósito de la nutrición foliar no es el de reemplazar la fertilización al suelo. El abastecimiento de los principales nutrientes requeridos como el nitrógeno, fósforo y potasio es más efectivo y económico vía aplicación al suelo. Sin embargo, la aplicación foliar ha demostrado ser un excelente método para abastecer los requerimientos de los nutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y los micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro y molibdeno), mientras que suplementa los requerimientos de N-P-K requeridos en los períodos de estado de crecimiento críticos del cultivo. La nutrición foliar se dirige a los estados de crecimiento cuando disminuye la velocidad de fotosíntesis y ocurre una baja absorción de nutrientes vía raíces, en función de ayudar a la translocación de nutrientes hacia la semilla o crecimiento vegetativo (Ramírez, sf).

Los análisis de suelos y foliares han demostrado ser buenas herramientas de diagnóstico a través de los años, particularmente con el afinamiento logrado en los diversos sitios donde se los utiliza. Sin embargo, es necesario tratar de relacionarlos para poder utilizar las dos herramientas en forma coordinada. Esto cobra importancia al observarse las relaciones entre nutrientes en el suelo y en la planta.

La experiencia ha demostrado que en la interpretación de los análisis foliares no debe tenerse en cuenta solamente un nutriente, sino más bien se deben tener en cuenta las relaciones entre nutrientes. Además, es necesario tener en cuenta que en ciertas ocasiones se presentan factores que pueden afectar la normal absorción de nutrientes. Condiciones como salinidad, drenaje o compactación pueden confundir el diagnóstico.

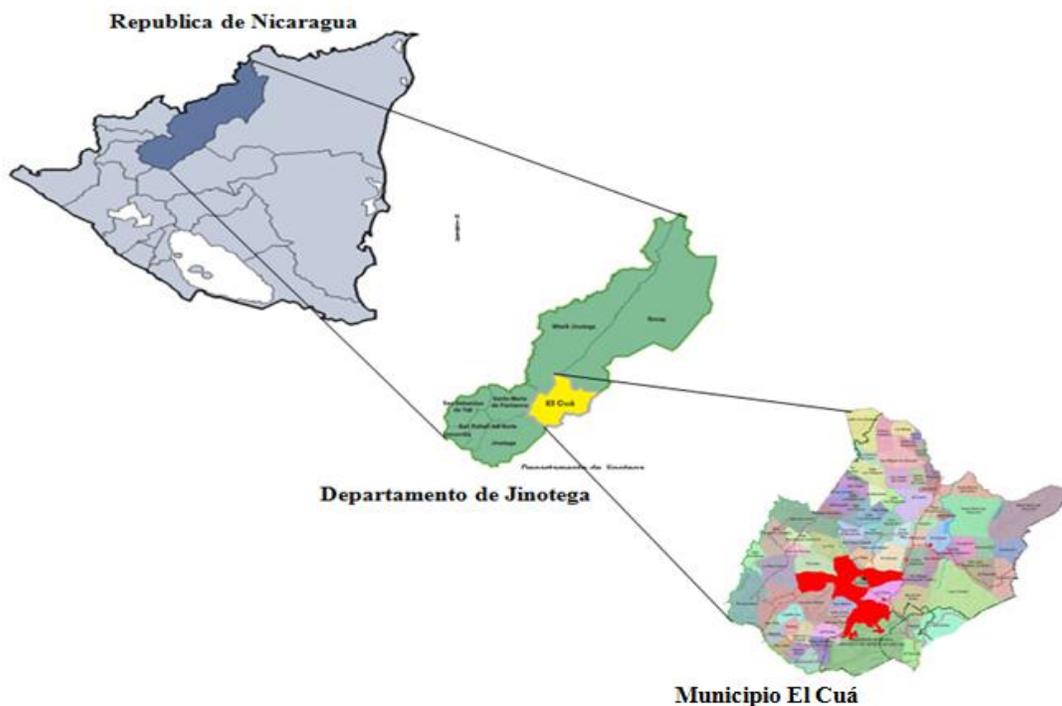
VIII. DISEÑO METODOLOGICO

8.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

El estudio investigativo se desarrolló en el municipio El Cuá del departamento de Jinotega. El municipio El Cuá limita al Norte: Wiwili de Jinotega y San José de Bocay. Sur: Jinotega, El Tuma, La Dalia y Rancho Grande. Este: Rancho Grande y Waslala. Oeste: Jinotega, Santa María de Pantasma y Wiwili de Jinotega (Flores y Alvarado, 2005).

Comprende una extensión de 773 Km². La zona presenta un relieve con áreas montañosas de abundante vegetación, con alturas muy variables que van desde los 300 msnm hasta altura superiores a los 1,745 msnm (Flores y Alvarado, 2005).

Figura 1. Ubicación Geográfica del Municipio El Cuá - Jinotega.



Fuente: (Elaboración propia)

8.2 Condiciones Climáticas

La región se caracteriza por ser una zona donde las temperaturas oscilan alrededor de los 24° C, con grandes precipitaciones anuales de 1000 a 2000 mm (Flores y Alvarado 2005).

8.3 Tipo de estudio

El enfoque empleado en esta investigación es de carácter descriptivo cuali-cuantitativo y de corte transversal ya que de acuerdo al tiempo se llevó a cabo en el periodo comprendido desde julio 2010 a julio 2011.

Es descriptivo porque se orientó a caracterizar los lotes en estudio y manejo del cultivo. Es cuali-cuantitativo porque se planteó como propósito cuantificar y cualificar la extracción de nutrientes por las cosechas de café, banano, volúmenes de leña podada y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. De igual manera la cantidad de las cosechas y los fertilizantes aplicados.

8.4 Población y muestra

La población de estudio estaba constituida por 2,497 productores cafetaleros del municipio El Cúa - Jinotega (Alcaldía municipal El Cuá, 2010). La muestra es por conveniencia, estuvo compuesta por 8 fincas, que fueron seleccionadas en base a los siguientes criterios:

- Las fincas debían comprender un sistema de producción de café con banano.
- El área con café y banano debían tener entre 1 á 5 manzanas ó 0.70 a 3.51 Hectáreas.
- La población de banano no debía ser menor de 200 cepas por manzana.
- Los cultivos debían estar en producción y no sobrepasaran los 15 años de producción.
- Los lotes en estudio comprendieran pendientes uniforme entre sí, que no sobrepasaran un rango del 50 %.
- Las fincas en estudio aplicaran de mediana a alta fertilización y fincas de nula a baja fertilización para poder contrastarlas entre sí.

- Las fincas debían ser accesibles y cercanas a la cabecera municipal.
- Los productores llevaran registro de las actividades realizadas en los lotes.
- El productor estuviera comprometido a facilitar información y colaborar con el estudio.
- Las fincas seleccionadas no fueran muy cercanas entre sí.
- Los lotes seleccionados comprendieran una extensión de al menos 0.70 hectáreas \approx 1 manzana.
- Fincas con alta productividad de racimos de banano y fueran comercializados.

8.5 Análisis estadísticos

A fin de procesar los datos obtenidos en campo y análisis de laboratorio se creó una base de datos en Excell, en donde se digitaron, para luego trasladarlos a SPSS versión 17, donde se realizaron los análisis estadísticos descriptivos. En base a resultados obtenidos realizando su correspondiente análisis, interpretación y discusión.

8.6 Caracterización de los lotes

En una primera fase se realizó visita de reconocimiento de las fincas, a fin de recopilar información, hacer observaciones de los lotes propuestos por los productores y comprobar si estos cumplían con los criterios de selección. A partir de las visitas realizadas a las fincas para sus respectivos reconocimientos se identificaron los lotes sujetos a estudio. Se seleccionaron 8 fincas dentro del universo de estudio.

En un segundo momento, en los lotes seleccionados se tomaron datos como el grado de pendiente (para el registro de estas mediciones se usó un clinómetro) latitud, altitud y la medición del terreno trazando el contorno del cafetal, que se realizó a través de levantamiento de datos con el uso de un GPS y posteriormente se trabajaron los mapas en el programa MapSource.

8.7 Muestreo y toma de datos en campo.

Una vez caracterizada la forma y superficie de las parcelas se levantó la información tanto de suelos, la estructura y composición de los lotes.

8.7.1 Inventario y producción en café

Se contabilizó la densidad poblacional (distancia entre planta y planta y distancia entre surco y surco) ¿Cuántas plantas son productivas? ¿Cuántas se encontraron en recepo?, la cantidad en renovación y ¿cuántas se encontraron con fallas físicas?

Al momento de la producción, se llevó registro de la cantidad en kilogramo de café extraídos en las etapas de cosecha, se cuantificó la cantidad de café pergamino y sub productos como pulpa.

8.7.1.1 Análisis bromatológico en café.

Se determinó la composición química del grano con mucilago, grano lavado y pulpa. Para la muestra en frutos fue necesario tomarla en la cosecha pico del cafetal, se obtuvo muestra representativa de 10 kilogramos café uva y se contó número total de frutos, posteriormente se tomó una sub muestra de 500 gr de frutos, dichos frutos se abrieron y se procedió a secar, posteriormente se determinó el peso seco.

Los restantes 9,500 gramos se beneficiaron a mano, sin incorporar agua y luego de este proceso se procedió a pesar; cantidad total de pulpa y se extrajo una sub muestra de 500 gramos de pulpa y se determinó peso seco a 70°C máximo y se analizaron nutrientes. Del material despulpado también se pesó la cantidad total de café con mucilago, se extrajo una muestra de 500 gr y se determinó peso seco siempre a 70°C máximo y se analizaron nutrientes.

8.7.1.2 Determinación de rendimiento en beneficio húmedo

En el beneficio húmedo de las fincas se preparó una muestra compuesta de 1000 granos de material despulpado con mucilago. Al siguiente día se extrajo de ese mismo lote una muestra compuesta de 1000 granos lavados. La muestra de café lavado antes de someterse a secado se separó según calidades. Ambas muestras café lavado y café con mucilago fueron sometidas a 70°C máximo hasta que no se observó cambios en el peso seco de la muestra. La muestra compuesta de 1000 granos lavados, se envió a laboratorio de CATIE Costa Rica a fin de determinar composición bromatológica y por medio de ello estimar la cantidad de nutrientes que fueron extraídos por la cosecha.

8.7.2 Inventario y producción en banano

En cada uno de los lotes, se caracterizó la densidad poblacional de banano por medio de recorrido en todo el lote, contabilizando las plantas encontradas ya clasificadas; la clasificación se realizó en cinco categorías, siendo estas: cepa o plantones es la mata principal que agrupa al resto de categorías; plantas productivas constituidas por todas aquellas plantas florecidas o con racimos; plantas mayores de dos metro de altura; plantas con altura entre uno a dos metros y finalmente las plantas menores de un metro de altura.

Se pesó y contabilizó la cantidad de racimos extraídos de los lotes. Se estimó peso fresco y seco de los pedicelos de la mano, al menos de unas 10 manos.

A fin de determinar rendimiento productivo en peso y proporción de peso en los diferentes componentes se muestrearon en la planta empacadora de banano. En ella se determinó peso fresco de 50 racimos mínimo por vez, en diferentes épocas; de los mismos racimos se muestreo peso de raquis, peso de manos y número de dedos por mano.

8.7.2.1 Análisis bromatológico en banano.

A través de esta técnica se recopiló información acerca de la cantidad de nutrientes extraídos por las cosechas y plantas de banano, la determinación de nutrientes se realizó una sola vez.

8.7.2.1.1 Muestra en frutos (dedos).

Para el análisis se tomó una muestra compuesta por cada lote, se extrajo un fruto por racimo, seleccionando el más representativo y en buen estado, totalizando 15 frutos como submuestra por lote como máximo, los de la parte superior, media y baja del racimo en forma sistemática. Se determinó peso fresco de todos los frutos.

Luego se procedió a pelar los frutos, se determinó peso fresco de pulpa y cáscara por separado, y se extrajo submuestra en forma de anillos de 1 cm de grosor en la parte media, superior e inferior en las cáscaras y en pulpa, posteriormente se determinó peso fresco y peso seco a 70°C para su posterior envío a laboratorio para su determinación de nutrientes.

8.7.2.1.2 Muestras en hojas.

La muestra se tomó del tercio central de la tercera hoja completa con una dimensión de 10 cm de largo por 10 cm de ancho en la parte céntrica de la hoja, sin incluir la nervadura principal. La planta debía estar recién florecida, obteniendo una muestra compuesta en la que se abarcó todo el lote, obteniendo 15 submuestras como mínimo (Figura 2).



Obtención de la muestra 10 cmx10 cm

Figura 2. Estructura de hoja de banano

8.7.2.1.3 Muestra de raquis

La muestra de raquis se tomó de 3 racimos, seleccionando los racimos más representativos de la cosecha de ese día. Se tomaron porciones de 1 cm de largo de los raquis, seleccionando la parte superior, parte media y parte inferior de las manos; de forma sistemática de manera que se totalizaron 15 anillos como mínimo y 30 anillos como máximo. Luego se determinó peso fresco del total de anillos y se tomó peso seco a 70°C. Esta muestra seca se envió a laboratorio a fin de determinar cantidad de nutrientes.

8.7.3 Inventario y volumen en leña

Se realizó inventario de las especies de árboles utilizadas para sombra en los lotes, utilizando el método sistemático en transecto (Hurtado, 2003) donde se muestrearon parcelas de (50 x 20 metros) de mayor y menor cantidad de árboles dentro de ellas. Se marcó cada árbol para luego determinar; Altura de fuste, DAP (diámetro a la altura del pecho), altura de árbol, edad, porcentaje de sombra/ ha.

Para la determinación del volumen de leña podada de los lotes, se utilizó la medida tradicional como el la marca, sin embargo, esta medida fue calculada a metros cúbicos, utilizando la siguiente fórmula:

V: $L \cdot A \cdot H$ *factor de ocupación del volumen. En el cual:

V: Volumen (metros cúbicos)

L: Largo (metros)

A: Ancho (metros)

H: Alto (metros)

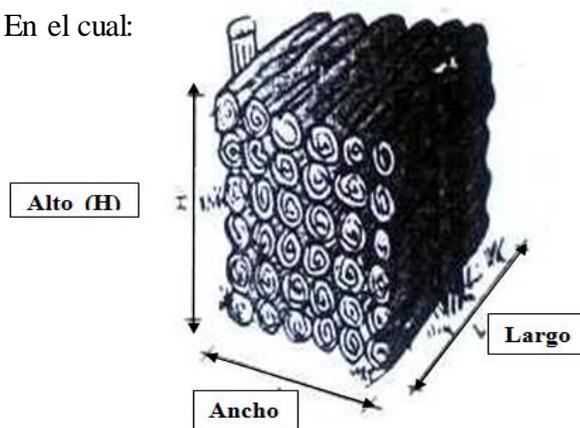


Figura 3. Diseño de marcas.

Factor de ocupación del volumen: Aunque (Cuadra y Gonzáles, 2004) proponen utilizar un valor de 0.784, en este estudio se utilizó tentativamente un valor de 0.5, pues la leña acumulada en las marcas es muy irregular en su forma y diámetro, dejando mucho más espacio libre entre las ramas individuales que la madera recta y homogénea para los cuales los autores mencionados desarrollaron la fórmula.

8.7.3.1 Análisis bromatológico en leña.

Se extrajeron muestras de leña en cada lote, a las que se le realizó análisis de laboratorio para determinar la cantidad de nutrientes. Para la escogencia de la muestra se seleccionaron 5 puntos en total, de manera tal que se abarcara todo el lote. En cada punto se tomaron datos de los diámetros de las ramas próximas a podar, a criterio del productor, obteniendo un diámetro medio representativo, el que se utilizó para la extracción de la muestra, de la rama que resultó ser seleccionada como representativa por su diámetro se extrajo una porción con un largo de 2 centímetros, luego estos se pesaron y prepararon para envío a laboratorio.

8.7.4 Muestreo y análisis de suelo.

Los análisis de suelo se realizaron con el fin de determinar la cantidad de nutrientes del suelo en los lotes. Para realizar esta práctica se elaboró un esquema señalando los sitios de muestreo a través del método zig-zag.

Se hizo uso de pala recta o palín, balde plástico, regla y bolsas plásticas con capacidad de 2 kg correctamente etiquetadas; primeramente se limpió la superficie del suelo para quitar hierba y hojarazca. Con el palín se excavó en forma de V con 15 cm de profundidad, en uno de los lados se obtuvo una porción de suelo de 10 cm de ancho, 3 cm de espesor y largo de 15 cm. Estas (submuestras) se depositaron dentro del balde para conformar la muestra compuesta (García, 1998). Para preparar la muestra compuesta se utilizó método de cuarteo, el que consiste en mezclar las submuestras recolectada en el balde y dividir las en cuatro partes iguales, se retiraron las porciones opuestas sucesivamente, hasta obtener más o menos un kilogramo (Chavarría, 2009).

El número de muestras dependió de la variabilidad o heterogeneidad de la parcela. Se tomaron de 10 a 15 sub muestras en cada parcela, procurando abarcar todo el terreno, se tomó una muestra por cada lote luego estas fueron depositadas en bolsas plásticas etiquetadas para ser trasladadas al laboratorio y se determinaron los parámetros químicos como macronutrientes, micronutrientes y pH.

8.8 Técnicas de recopilación de información

Bibliográfica: mediante esta técnica se reforzó la información obtenida, se indagó antecedentes e información relevante del marco teórico de la investigación.

Observación: se verificó la información proporcionada por los productores, y facilitó la realización del inventario dentro de las parcelas.

Encuesta: Mediante esta técnica se obtuvo información del manejo del cafetal, se recopiló información acerca de la variable fertilización. Permitiendo conocer las formas de fertilización y los métodos de aplicación.

Fotografías: ayudó en la identificación especies de árboles y para sustentar anexos.

Balanza analítica: facilitó determinar los pesos en gramos y libras de los derivados de la cosecha de banano, cosecha de café, muestras de leña y muestras de suelo.

Guía de toma de datos: Técnica que sirvió de guía en el levantamiento de datos durante la fase campo, se generó una base de datos en Excell donde se digitó información levantada en campo.

8.9 Tabla 8. Operacionalización de las variables.

Objetivos Específicos	Variables	Sub Variables	Indicadores	Método de Verificación
<p>➤ Estimar la cantidad de nutrientes que son extraídos por la cosecha de café.</p>	Cantidad de cosecha	<p>Caracterización población de café.</p> <p>Peso de cosecha en café. Latas uva, café con mucilago, pulpa.</p> <p>Caracterización de frutos</p> <p>Producción pergamino. Relación latas/ quintales pergaminos.</p>	<p>Productivas, fallas físicas, recepadas, no productivas.</p> <p>Kilogramos. Kilogramos</p> <p>Unidades</p> <p>Kg Pergamino Latas/ quintales pergamino</p>	<p>Observación</p> <p>Registro del productor Reporte de beneficio Monitoreo Pesa</p>
	Cantidad de nutrientes extraídos.	<p>Pulpa Grano con mucilago Grano sin mucilago</p>	Micronutrientes-Macronutrientes	Pruebas de laboratorio (Bromatológica)
<p>➤ Calcular la cantidad de nutrientes que son extraídos por la cosecha de banano.</p>	Cantidad de Cosecha	<p>Caracterización población de banano</p> <p>Producción. Muestreo de peso</p>	<p>Productivas, mayores de dos metro, entre de uno a dos metros, menores de un metro.</p> <p>Números de racimos/ ha – año Kilogramos</p>	<p>Observación</p> <p>Monitoreo Balanza</p>
	Cantidad de nutrientes extraídos	<p>Frutos (dedos) Cáscara - Pulpa Raquis Pedicelo</p>	Micronutrientes-Macronutrientes	Pruebas de laboratorio (Bromatológica)

Tabla 9. Operacionalización de variables (Continuación)

Objetivos Específicos	Variables	Sub Variables	Indicadores	Método de Verificación
<p>➤ Estimar la cantidad de nutrientes extraídos por leña en los sistemas de producción de café con banano.</p>	<p>Volumen de leña</p>	<p>Caracterización especies arbóreas</p> <p>Marcas</p>	<p>Altura de fuste, dap, altura de árbol, edad, % de sombra/ ha.</p> <p>Metros cúbicos</p>	<p>Relascopio</p> <p>Cinta métrica</p>
	<p>Cantidad de nutrientes extraídos</p>	<p>Diámetro Medio/ especie arbórea</p>	<p>Macronutrientes</p> <p>Micronutrientes</p>	<p>Pruebas de laboratorio</p>
<p>➤ Determinar la cantidad de nutrientes aportados de forma edáfica y foliar a través de fertilizantes sintéticos y orgánicos en los sistemas de producción de café con banano.</p>	<p>Fertilización en café.</p>	<p>Edáficos</p> <p>Foliar</p>	<p>kg/ha según fórmula</p> <p>ml/ ha según producto</p>	<p>Entrevista</p> <p>Monitoreo</p>
<p>➤ Determinar la fertilidad que poseen los suelos en los sistemas de producción de café con banano.</p>	<p>Propiedades químicas de los suelos</p>	<p>pH</p> <p>Macronutrientes-</p> <p>Micronutriente</p>	<p>Niveles</p>	<p>Muestreo</p>

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cafetales utilizados para el estudio se consideran como un sistema de explotación agrícola mixto, por comprender dos tipos de cultivo simultáneamente y evaluarlos al mismo tiempo, de igual manera tienen heterogeneidad en cuanto al manejo de fertilización con el propósito de contrastar los resultados entre si y determinar la importancia de emplear un buen manejo del suelo y los efectos que estos tiene en cuanto a producción.

En el estudio se logró cuantificar y calificar las cosechas en café, banano y niveles de extracción de nutrientes resultantes en los 8 lotes. Se utilizaron variables como: Cantidad de cosecha, cantidad de nutrientes extraídos, volumen de leña, fertilización en café, fertilidad del suelo.

9.1 Determinación de cosecha de café y sus subproductos.

9.1.1 Caracterización poblacional de café.

Para la caracterización poblacional de plantas de café se clasificaron en plantas productivas, todas aquellas plantas con producción de café. Plantas en renovación, aquellas plantas que son nuevas y/o en recepo. Fallas físicas, espacios sin plantas. Café no productivo, plantas que han alcanzado etapa productiva, pero no están en producción debido a deficiencias o afectaciones graves de enfermedades o plagas.

Los resultados influyen sobre la producción de café, las densidades poblacionales reflejan el manejo que emplean los productores.

Tabla 10. Análisis estadístico descriptivo poblacional de plantas de café por hectárea.

Muestreo	Rango		Media	Desv. típ.
	Mínimo	Máximo		
Café productivo	3247	5559	4616	752
Café en renovación	60	615	344	188
Fallas físicas	100	384	239	99
Café no productivo	49	398	179	130

Fuente: Base de datos, resultados SPSS versión 17.

Los cafetales presentaron rangos diferentes en cuanto a su caracterización. En la tabla 10 se detalla los valores del muestreo resultante por hectárea, donde se describe que la población mínima de plantas productivas es de 3,247 y la población máxima 5,558 plantas productivas. Al referirse a plantas en renovación se registra que la población mínima es de 59 plantas y 615 plantas para la población máxima. Respecto a fallas físicas 100 fallas es la cantidad mínima y 384 fallas la cantidad máxima, y en cuanto a plantas no productivas se encontró que la población mínima es de 48 plantas y la máxima fue de 398 plantas no productivas.

Tabla 11. Caracterización poblacional de plantación de café por hectárea.

Productor	Población Total	Plantas productivas		Plantas en renovación		Fallas físicas		Plantas no productivas	
José Pineda	5742	5437	95 %	60	1 %	190	3 %	55	1 %
José Méndez	5458	4358	80 %	427	8 %	384	7 %	289	5 %
Virgilio Rizo	4890	4067	83 %	520	11 %	175	4 %	128	3 %
Ronal Cortedano	3593	3247	90 %	139	4 %	158	4 %	49	1 %
Byron Tinoco	5666	4642	82 %	396	7 %	334	6 %	294	5 %
Evelin Delgado	5598	5014	90 %	236	4 %	254	5 %	94	2 %
Pablo Ramos	5451	4608	85 %	615	11 %	100	2 %	128	2 %
Rufo Amador	6633	5559	84 %	360	5 %	316	5 %	398	6 %

Fuente: Base de datos de estudio.

La tabla 11 muestra la conformación detallada de la caracterización de plantas de café por hectárea por cada unidad y los porcentajes. La conformación de estos grupos completa la población total encontrada, la variación de la población total se debe a la distancia encontrada entre planta y surco, las distancias cortas tienen la ventaja de sembrar mayor número de plantas tal es el caso del productor Rufo Amador que se encuentra con valores altos fuera de la media (Tabla 12). Es importante mencionar los riesgos que conlleva el mal uso de un arreglo espacial dentro de una plantación, ya que contribuye a que las plantas compitan por luz disminuyendo el proceso de la fotosíntesis, compitan por nutrientes, sean más propensas a afectaciones por enfermedades y la producción se disminuya, afectando económicamente por la necesidad de mayores controles.

Esto se confirma al estudiar los niveles de producción de café con pergamino en la unidad de Rufo Amador donde a pesar de realizar prácticas de fertilización y presentar alto porcentaje de plantas productivas es la quinta unidad con menor producción de café.

Cuando existen altas poblaciones de plantas debido a las distancias de siembra se traduce a altas producciones de café a corto plazo, ya que según Monroig (sf), los cafetales poblados de manera densa para sostener altas producciones y buenos rendimientos, exigen fórmulas adecuadas de fertilización, altas dosificaciones y frecuencia de abonamiento, manejo de tejido drástico y mayor proyección solar disminuyendo de esta manera la diversidad y cantidad de árboles influenciando negativamente el ecosistema en los lotes.

Aunque la distancia de siembra se realiza de acuerdo a muchos factores como la variedad, en cuanto al estudio de los grupos encontrados es notable que el mejor manejo se encuentra en el cafetal del productor José Pineda que comprende la mayor cantidad de plantas productivas en comparación al resto de productores que se encuentran cerca de la media respecto a distancia de siembra (Tabla 12).

En la unidad de producción del productor Ronal Cortedano se encontraron menos plantas por hectáreas, debido a la distancia de siembra, ya que esta por fuera de la media especialmente en distancia entre plantas (Tabla 12). Las distancias utilizadas se deben al manejo que implementa ya que existe un gran porcentaje de sombra y mayor número de plantas de banano.

Dentro de los grupos se encontró un valor mínimo del 80% en plantas productivas correspondiente al productor José Méndez, reflejando el manejo del cafetal, ya que es el tercer productor con un 8% de café no productivo y el primero reflejando mayor número de fallas físicas con 7%.

Tabla 12. Media representativa, distancia de siembra en los cafetales.

Media	Dentro de media	Fuera de la media
Distancia entre plantas (1m)	4	4
Distancia entre surcos (2m)	8	0

Fuente: Elaboración propia.

9.1.2 Muestreo de peso de cosecha de café

Para la estimación de peso respecto a las cosechas de café, se muestreo el peso de latas en café uva producidas en los diferentes momentos de corte, beneficiando a mano la misma lata muestreada y obteniendo los pesos por separado de la pulpa y café con mucilago.

En la tabla 13, se presentan los pesos promedios totales de los diferentes componentes. Se realizó un análisis estadístico descriptivo mediante el cual se demuestra el peso mínimo y máximo. Encontrándose los siguientes valores; para peso de lata café uva, la diferencia entre peso máximo y mínimo es 0.36 kilogramos, en cuanto a peso de pulpa la diferencia es 0.35 kilogramos y para peso café despulpado con mucilago la diferencia fue de 0.28 kilogramos. Se presume que las diferencias se presentan debido a los niveles de extracción de nutrientes en los componentes del grano de café.

Tabla 13. Análisis estadístico descriptivo de peso promedio por lata café uva, pulpa, café con mucilago.

Muestreo	Rango		Media	Desv. típ.
	Mínimo	Máximo		
Peso Lata	13.34	13.70	13	.12456
Peso Pulpa	5.37	5.72	5	.11740
Peso Café despulpado	7.77	8.05	8	.10514

Fuente: Base de datos, resultados SPSS versión 17.

En las figuras 4 y 5 se muestra el peso promedio total de los componentes muestreados detallando los valores individuales por cada productor. Donde el peso por lata del productor José Pineda es superior con 13.70 kilogramos y el de menor peso de latas es para el productor Ronal Cortedano con 13.34 kilogramo, considerando el bajo valor a problemas de fertilidad ya que en este caso existe nula fertilización en el lote, al contrario de José Pineda.

Según Fúnez *et al.*, (2004) y Cantero, (2001) la pulpa representa el 40% del peso fresco del fruto de café. En los resultados del presente estudio con respecto al peso del componente pulpa, el valor mínimo lo presentó el productor Virgilio Rizo con 5.37 kilogramos y el valor máximo se obtuvo en la unidad productiva de Byron Tinoco con 5.72 kilogramo. Los resultados demuestran que el peso de pulpa para José Pineda, José Méndez, Virgilio Rizo y Pablo Ramos representa el 40% del peso de café uva, al contrario de Evelin Delgado y Rufo Amador que representa el 41% y para Byron Tinoco y Ronal Cortedano representando el 42%.

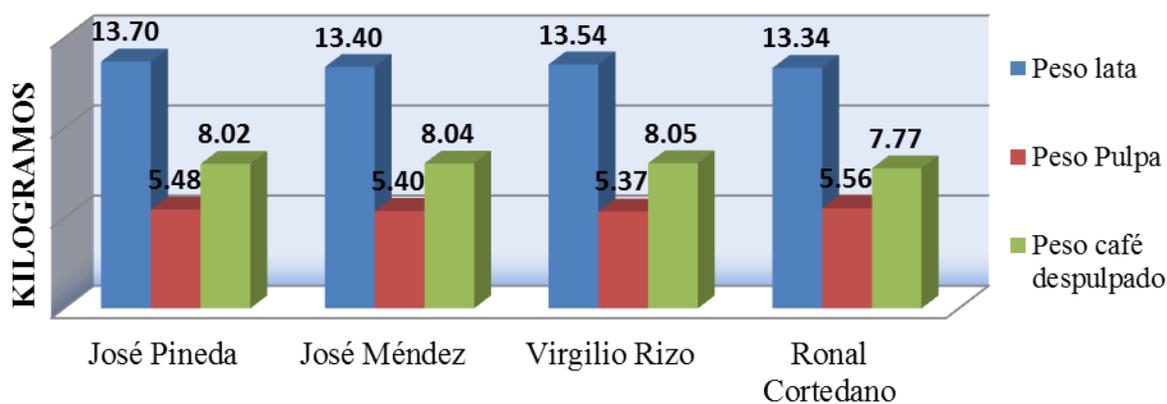


Figura 4. *Peso promedio de lata, pulpa y café despulpado con mucilago.*

Los peso de los componentes son similares en todas las unidades productivas las diferencias son mínimas, tanto las relaciones de peso de lata café uva, pulpa y café con mucilago no presentan diferencias relevantes.

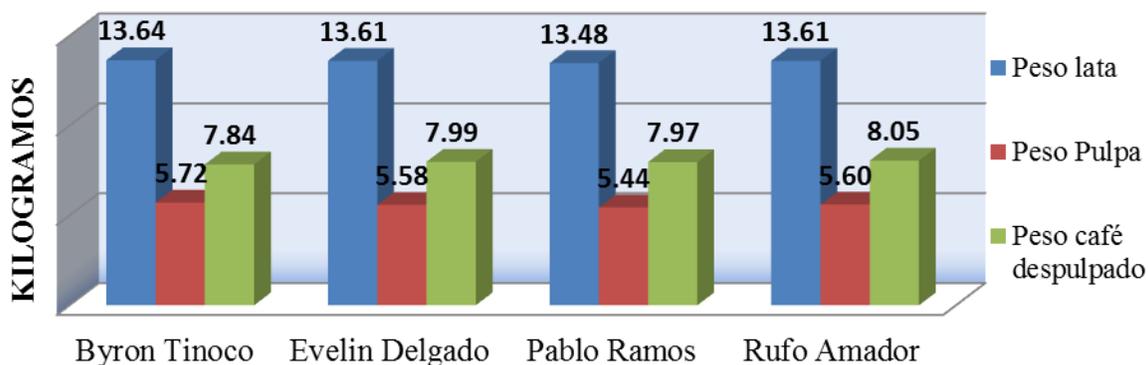


Figura 5. *Peso promedio de lata, pulpa y café despulpado con mucilago.*

9.1.2.1 Número de frutos café uva en 10 kilogramos.

De los lotes que comprende el estudio se contabilizó la cantidad total de frutos que constituyen 10 kilogramos en el momento de máxima producción durante la cosecha más fuerte, actividad realizada una sola vez por cada productor.

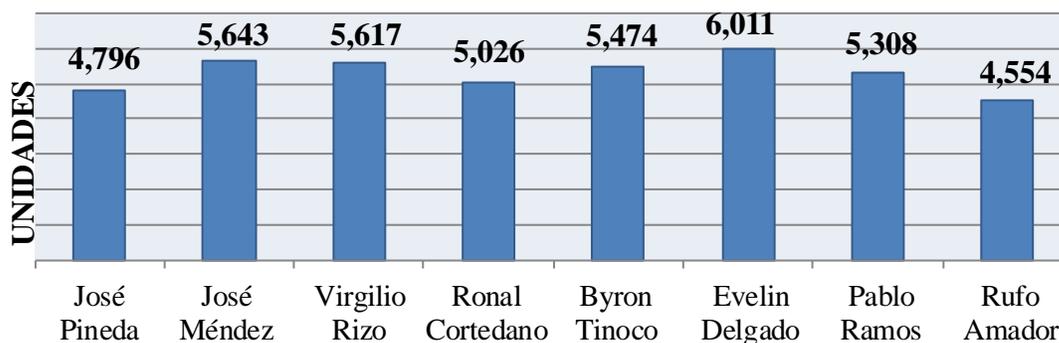


Figura 6. Número de granos de café uva en 10 kilogramos.

A partir de los datos del número de frutos se crea la figura número 6, donde se demuestra que los frutos maduros con mayor tamaño con 4,554 en 10 kilogramos café uva lo representa el productor Rufo Amador.

Los frutos de menor tamaño se presentaron en la unidad de producción de Evelin Delgado con 6,011 unidades en 10 kilogramos café uva.

Los resultados antes expuestos influyen en los rendimientos productivos, ya que se requieren mayor cantidad de frutos para producción total de kilogramos pergamino. La diferencia en cuanto a tamaño de los frutos entre unidades, suele deberse al nivel de nutrientes disponibles y la capacidad de absorción que presentan las plantas, así mismo al balance o deficiencia de un elemento o enfermedades.

9.1.3 Producción kilogramos pergamino.

La evaluación de producción se realizó en kilogramos pergamino por hectárea, estos resultados demuestran la capacidad de producción por hectárea para el ciclo productivo 2010-2011 que se cosecharon en los lotes sujetos de estudio.

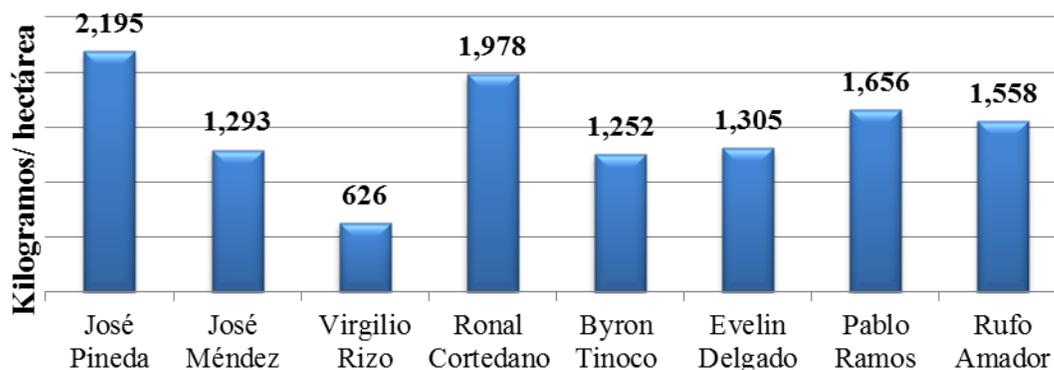


Figura 7. Producción de café pergamino en kilogramos por hectárea.

En base a información de la figura 7 se observa que el productor José Pineda presenta una producción de 2,195 kilogramos pergamino por hectárea, siendo el productor con mayor producción. Esto está probablemente relacionado con los altos niveles de fertilización especialmente edáficos (figura 46).

El productor Ronal Cortedano registró 1,978 kilogramos de café pergamino por hectárea, siendo el segundo en producción. Esta producción se obtiene a pesar de no realizar prácticas de fertilización, pero las plantaciones son nuevas y sanas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo está dentro del rango óptimo (Tabla 19).

La productividad de una planta se afecta con anterioridad a que el nivel de nutriente haya descendido bajo el nivel crítico, y es cuando se manifiestan los síntomas visibles de la deficiencia y al momento del muestreo de la unidad de producción del productor Ronal Cortedano, se constató plantas sanas y con alto porcentaje de plantas productivas, lo que indica que aunque posee menos plantas productivas, (Tabla 11) y no realizar manejo de fertilización, las plantas no alcanzan el nivel crítico de fertilidad.

La menor producción de café con pergamino se encontró en la unidad del productor Virgilio Rizo con 626 kilogramos por hectárea, los resultados obtenidos se deben principalmente a mal manejo de tejido del cafetal, encontrándose mayor número de plantas enfermas al igual, en esta unidad productiva se aplica poca fertilización y los momentos de aplicación no son los óptimos, se constató que los periodos de adición de fertilizantes no son los adecuados.

9.1.4 Relación producción latas café uva y café con pergamino.

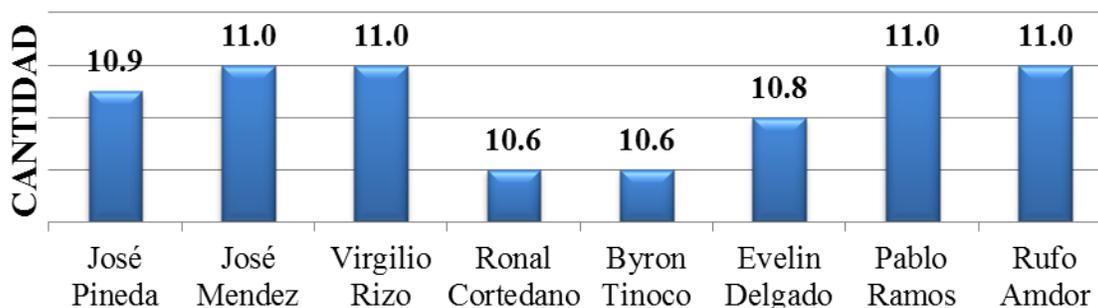


Figura 8. Relación producción latas café uva, producción quintales pergamino.

En la figura 8 se representa la relación producciones latas para la obtención de quintales café con pergamino, detallando los valores por unidad productiva. En general las 8 unidades de producción necesitan entre 10 a 11 latas de café uva, las unidades de José Méndez, Virgilio Rizo, Pablo Ramos y Rufo Amador necesitan en promedio la cantidad de 11 latas café uva para poder obtener un quintal de café con pergamino, las unidades de Ronal Cortedano y Byron Tinoco son las que requieren menos cantidad de lata con aproximadamente 10.6 latas de café uva para producir un quintal de café con pergamino.

Estos resultados reflejan los rendimientos productivos de cada unidad, al relacionar la cantidad de latas de café con los quintales de café con pergamino producidos por hectárea se determinan los rendimientos productivos, los presentes datos son promedios totales de las tomas de datos del ciclo productivo del cafetal, donde por lo general en los periodos de corte fuerte del cafetal la relación es de 10 latas de café por un quintal de café con pergamino. Es importante estudiar los rendimientos productivos café uva a café con pergamino en la unidad de Virgilio Rizo siendo la unidad con menor producción de café con pergamino y se determina que los rendimientos productivos de café son bajos al igual que en la unidad de Pablo Ramos. Estos resultados revelan principalmente al estado del café uva encontrándose cantidades de grano dañados por broca, así mismo es importante tener en cuenta los criterios de medición de latas y estado de máquinas en beneficiado húmedo.

9.2 Cantidad de nutrientes extraídos en café.

Pese a la relación que existe en la cantidad total de nutrientes que pueden extraer plantaciones de café por la producción, con diferentes niveles productivos, la cantidad de elementos removidos del suelo por una cosecha aumenta conforme incrementa la producción.

Con la información de peso seco y la concentración de nutrientes resultantes del análisis de laboratorio se determinó la cantidad de nutrientes extraídos por cada componente de la cosecha: grano, pulpa y mucilago. En el presente estudio se muestra la cantidad de macronutrientes (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio) extraídos en kilogramos por hectárea y micronutrientes (cobre, zinc, manganeso y hierro), en gramos por hectárea extraídos.

9.2.1 Extracción de macronutrientes en café.

La figura 9 muestra los niveles de extracción de calcio en la cosecha de café. Los niveles de extracción de calcio son similares tanto en pulpa y café con pergamino, el valor máximo de 2.0 kg/ha de Ca en pulpa lo representa la unidad del productor José Pineda y el valor mínimo con 0.7 kg/ha de calcio en pulpa para Virgilio Rizo. Las evaluaciones realizadas respecto a la extracción de calcio por café con pergamino, demuestran que las mayores extracciones se presentan por medio de la producción en la unidad de José Pineda con 1.9 kg/ha y las menores extracciones siempre en la unidad de producción de Virgilio Rizo con 0.6 kg/ha.

El mucilago se retira del grano de café al momento del beneficiado húmedo y da origen a las aguas mieles, que se desecha anualmente al momento de la producción. Los niveles de extracción de calcio a través de mucilago de café son valores con mucha relación, siendo los niveles bajos, el valor máximo de extracción se da por medio del mucilago producido en la unidad productiva de José Pineda con 0.2 kg/ha, y extracciones de 0.1 kg/ha de calcio por medio del mucilago en el resto de unidades productivas.

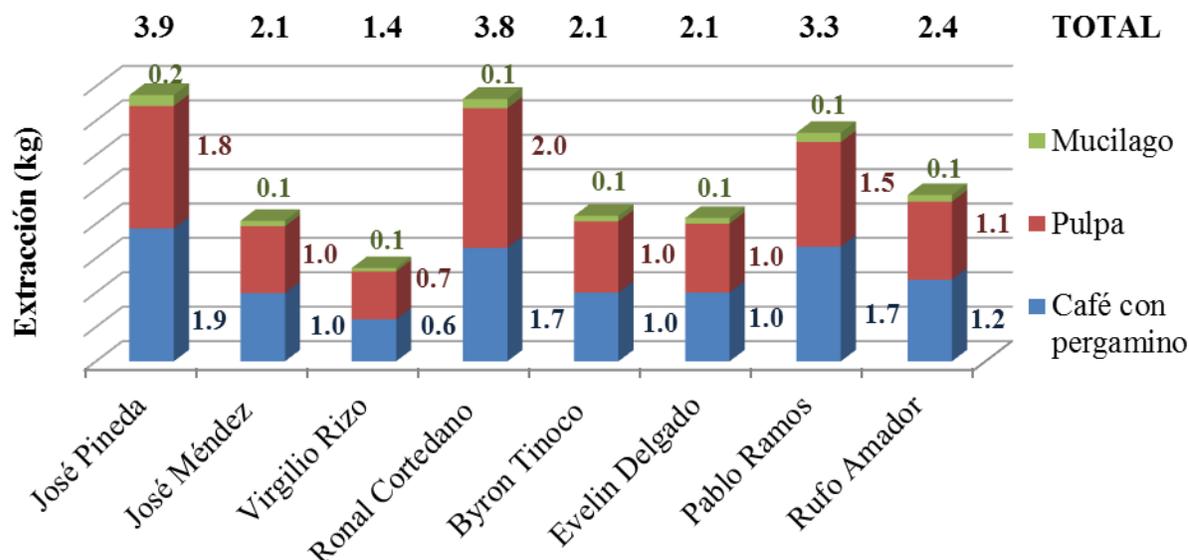


Figura 9. *Extracción estimada de calcio en kg/ha en la cosecha de café.*

El nitrógeno se concentra principalmente y es el macroelemento de mayor extracción por café con pergamino y el segundo por pulpa de café. En general los mayores niveles de extracción de nitrógeno se demuestra que se efectúa, por medio de la producción de café en la unidad de producción del cafetalero José Pineda con 47.3 kg/ha, y en la unidad productiva de Pablo Ramos se registran las segundas mayores extracciones de nitrógeno con 42.8 kg/ha (figura 10).

Las comparaciones entre los valores máximos y mínimos demuestran que existe gran diferencia de extracción, esto relacionados principalmente a la cantidad de café cosechado, siendo los menores niveles de extracción de nitrógeno con 15.2 kg/ha en la unidad de producción de Virgilio Rizo.

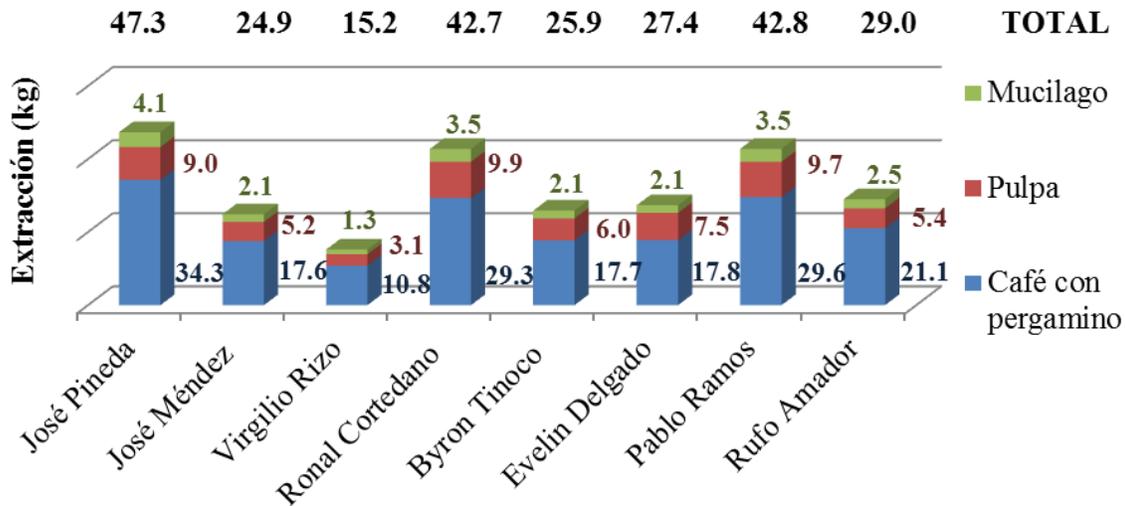


Figura 10. *Extracción estimada de nitrógeno en kg/ha en la cosecha de café.*

Respecto a los niveles de extracción de fósforo mostrados en la figura 11, se encontró que se concentra mayormente en café con pergamino en todos los casos, representado más del 50% del nivel total de extracción en la mayoría de los casos, para la unidad de producción de Ronal Cortedano representa un 48% del nivel total de extracción. El fósforo es el segundo elemento en menor extracción por pulpa de café.

Al generalizar los niveles de extracción de fósforo, se determina que los mayores valores son por medio de las cosecha de café de la unidad productiva del cafetalero José Pineda con 3.7 kg/ha seguidamente la unidad de producción de Ronal Cortedano con 3.5 kg/ha. Y continuando siempre con los menores niveles de extracción las cosechas de la unidad productiva de Virgilio Rizo con 1.2 kg/ha de fósforo.

Las evaluaciones de extracción de macronutrientes especialmente de fósforo y potasio que actúan en la formación y desarrollo de fruto, es notable la baja absorción por parte de la unidad productiva de Virgilio Rizo explicando claramente la baja productividad de café pergamino, reforzando esta deducción se toma como ejemplo el caso del productor José Pineda donde su unidad productiva es la de mayor absorción de macronutrientes y el de mayor producción en café pergamino.

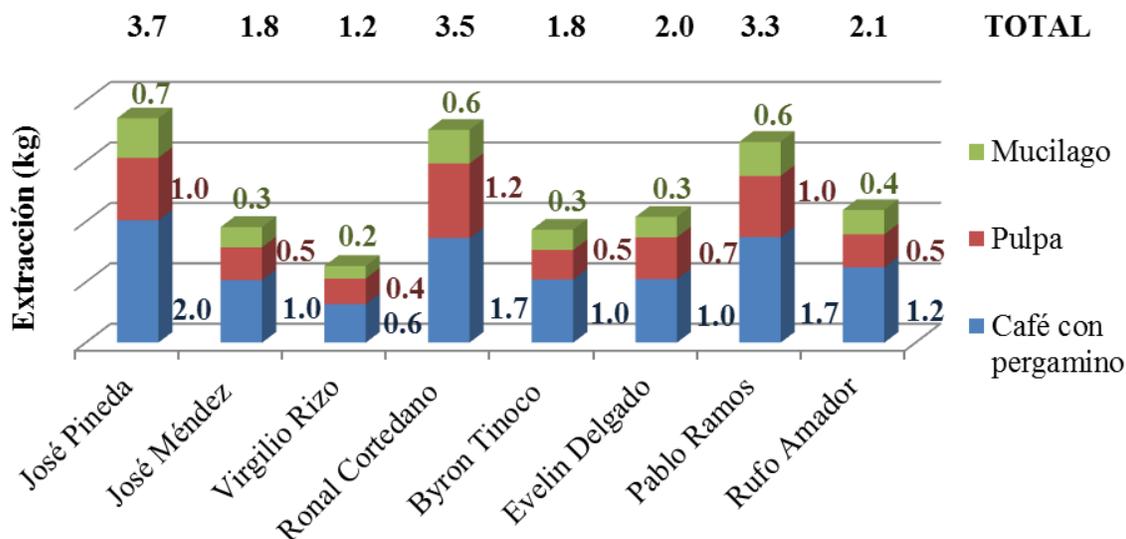


Figura 11. *Extracción estimada de fósforo en kg/ha en la cosecha de café.*

La comparación de los macroelementos en pulpa de café, demuestra que el potasio es el que se extrae con mayor nivel entre los macroelementos presentes en pulpa, y el segundo con mayor nivel de extracción por medio del café con pergamino.

Los niveles de extracción de potasio en los componentes estudiados varían en algunos casos, ya que en ciertas unidades productivas se extrae mayormente en pulpa y para otros casos en café con pergamino, y los menores niveles de extracción se realizan por medio del mucilago (figura 12).

Los mayores niveles de extracción de potasio por medio de las cosechas de café, se continúan presentando en la unidad de producción de José Pineda con 50.1 kg/ha, valor representado principalmente por los niveles de extracción en café con pergamino y pulpa, los segundos mayores niveles de extracción de K se encuentra en la unidad de producción de Ronal Cortedano con 47.9 kg/ha y Pablo Ramos con 43.7 kg/ha datos superiores al resto de unidades productivas. En cuanto a los menores niveles de extracción de potasio se encuentran en la unidad de producción de Virgilio Rizo con 16.9 kilogramos por hectáreas de potasio.

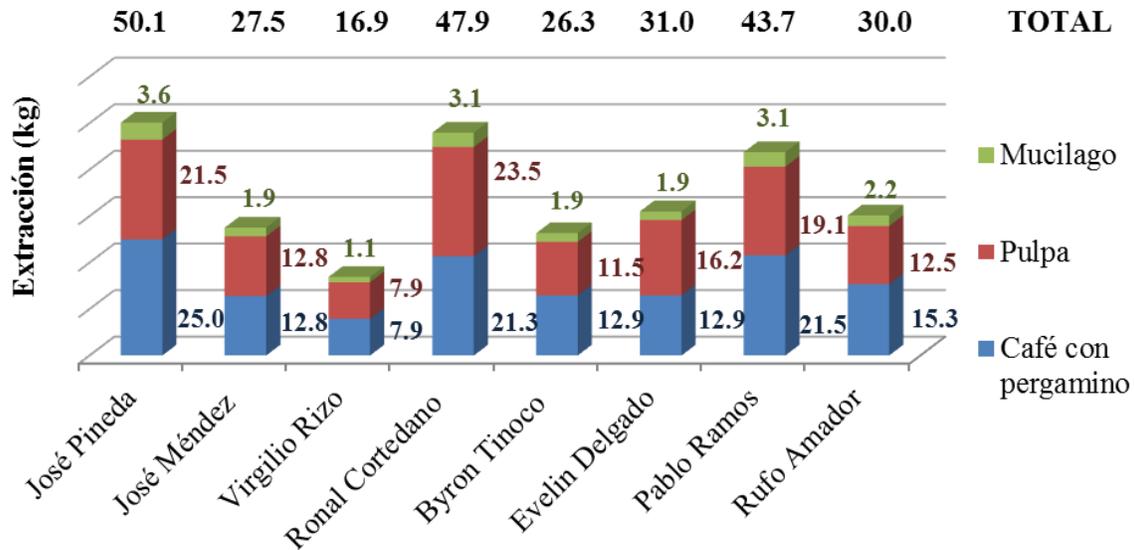


Figura 12. Extracción estimada de potasio en kg/ha en la cosecha de café.

El magnesio es el de menor extracción en el componente pulpa de café, en todas las unidades productivas. De igual modo los niveles de extracción máximos y mínimos se realizan siempre por las mismas unidades productivas, donde los mayores niveles de extracción se obtuvieron en la unidad de producción de José Pineda con 3.3 kg/ha y con 3.0 kg/ha de extracción de magnesio siendo la segunda unidad de producción con mayor nivel de extracción correspondiente a Pablo Ramos.

Los mínimos niveles de extracción se siguen presentando a través de la producción obtenida por la unidad de producción de Virgilio Rizo con 1.1 kg/ha de extracción de magnesio.

En la figura 13, los niveles de magnesio en mucilago son indetectable, y se puede apreciar que el magnesio se encuentra mayormente concentrado en café con pergamino lo que explica él porque existe poca presencia de Mg en mucilago.

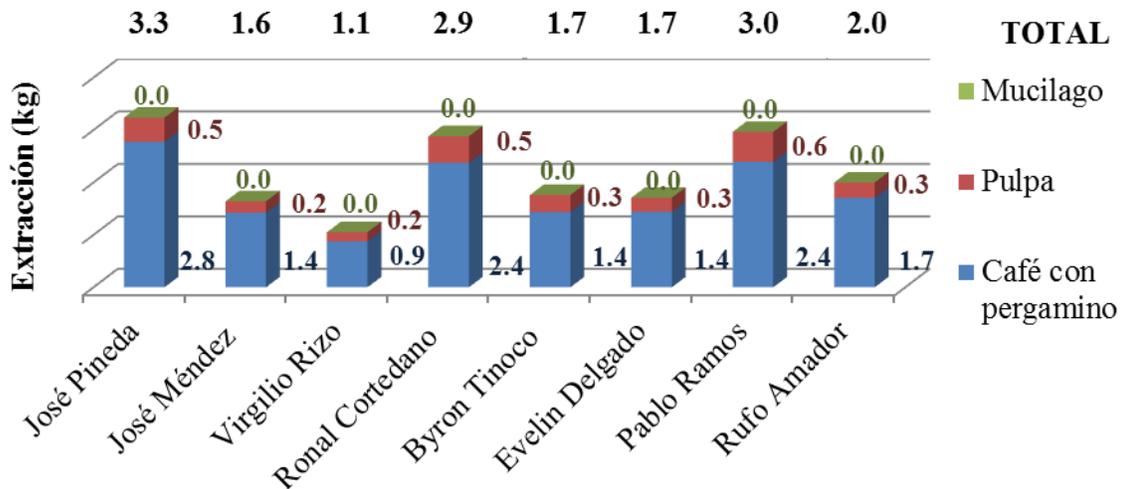


Figura 13. *Extracción estimada de magnesio en kg/ha en la cosecha de café.*

Los resultados obtenidos sobre los bajos niveles y en ocasiones niveles indetectables de extracción de nutrientes por medio de mucilago de café, puede deberse a la técnica de muestreo, recordemos que al momento de la realización de la toma de datos este se realizó una sola vez, no se hizo en cada momento de corte de producción, tanto las condiciones climáticas, tiempo de muestreo, suelos, manejo de finca, técnica de medición de producción entre otros factores tienen influencia en los niveles de extracción.

Por medio de los datos de niveles de extracciones de macronutrientes y los respectivos análisis, se puede determinar que la productividad está influenciada directamente con los niveles de extracción de nutrientes, es notable ver la capacidad de producción de la unidad productiva de José Pineda que es quien supera los niveles de producción de café pergamino y es en esta misma unidad de producción, donde se realizan las mayores extracciones de macronutrientes.

La unidad productiva de Ronal Cortedano es la segunda en mayor producción de café pergamino y de igual manera la segunda con mayores niveles de extracción de macronutrientes, y si se toma de ejemplo la unidad productiva del productor Virgilio Rizo es donde se determinan los menores niveles de producción de café con pergamino y es la unidad productiva con menores niveles de extracción de macronutrientes, demostrando de esta manera la capacidad productiva relacionan con los niveles de extracción de nutrientes.

9.2.2 Extracción de micronutrientes en café.

Los micronutrientes en evaluación son; cobre, manganeso, zinc y hierro, se realizó en gramos por hectárea. Son llamados micronutrientes porque las plantas los requieren en menores cantidades, pero siendo siempre indispensables para el correcto desarrollo y productividad de las plantaciones.

El elemento cobre se encuentra mayormente concentrado en café con pergamino y en menor concentración en la pulpa de café en todas las unidades productivas. Las evaluaciones de niveles de extracción de cobre por medio de las cosechas de café, determinan que los mayores niveles se presentan a través de la producción de la unidad productiva de José Pineda con 337 gr/ha y para este caso la unidad de producción de Ronal Cortedano es la segunda con mayor extracción de cobre y siendo siempre de igual manera los menores niveles de extracción de cobre, la unidad de producción del productor Virgilio Rizo con 111 gr/ha.

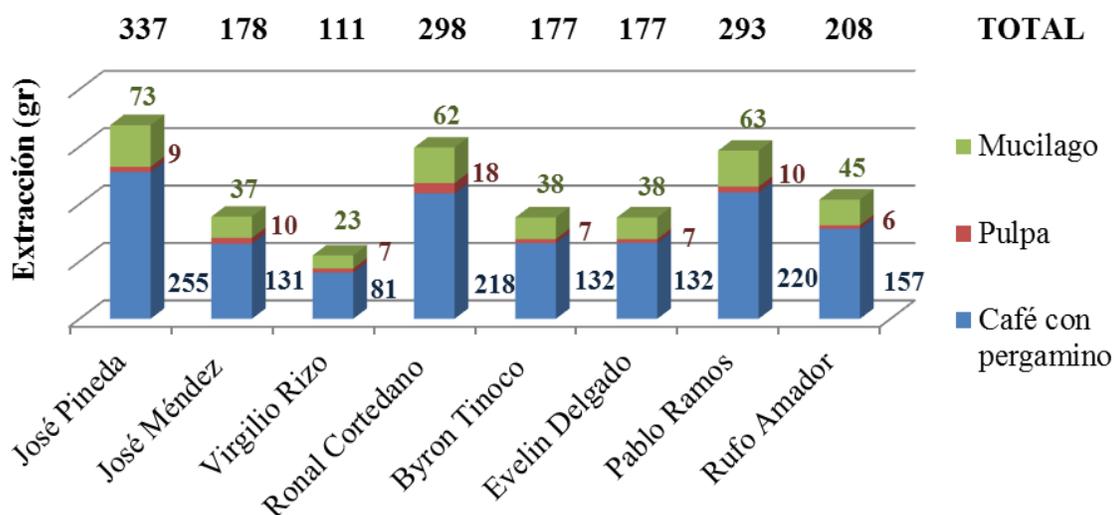


Figura 14. Extracción estimada de cobre en gr/ha en la cosecha de café.

De igual manera se evaluó la cantidad de micronutriente manganeso, este al igual que el cobre influyen en el crecimiento, resistencia a enfermedades, tiene función como activador de enzimas de diversos procesos metabólicos y participan en la fotosíntesis.

Por medio de la figura 15, se determina que el elemento manganeso se encuentra mayormente concentrado en café con pergamino. Las evaluaciones de niveles de extracción de manganeso por medio de las cosechas de café, determinan que los mayores niveles se realizan a través de la producción de la unidad productiva de José Pineda con 296 gr/ha y para este caso la unidad de producción de Pablo Ramos es el la segunda con mayor extracción de manganeso con 259 gr/ha y siendo siempre de igual manera los menores niveles de extracción para manganeso, la unidad de producción del productor Virgilio Rizo con 94 gr/ha.

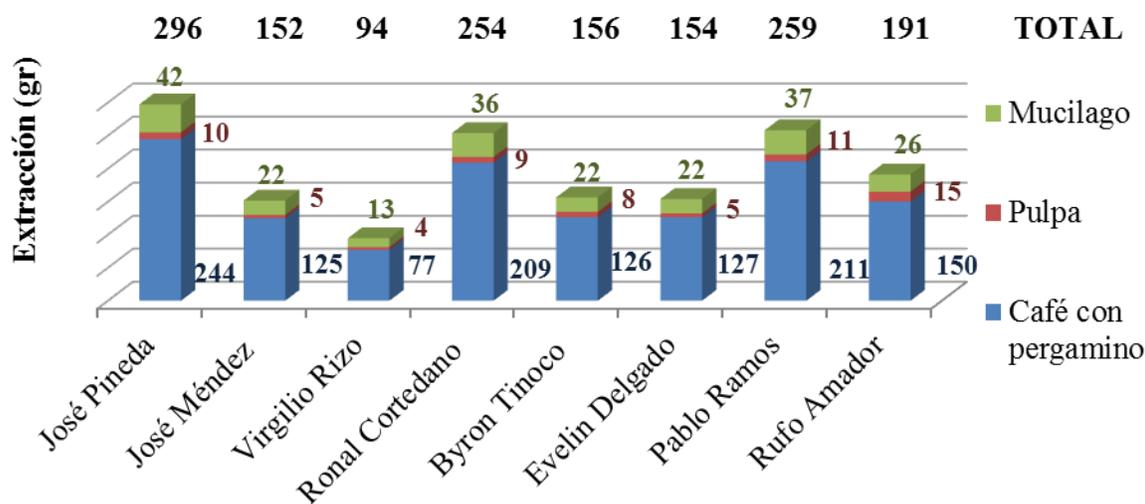


Figura 15. *Extracción estimada de manganeso en gr/ha en la cosecha de café.*

Los datos de niveles de extracción de zinc (figura 16), demuestran que este se encuentra mayormente concentrado en mucilago representando más del 75% del nivel total de extracción en todas las unidades. Las evaluaciones de niveles de extracción de zinc por medio de las cosechas de café, determinan que los mayores niveles se realizan a través de la producción de la unidad productiva de José Pineda con 2005 gr/ha y para este caso la unidad de producción de Ronal Cortedano es la segunda con mayor extracción de zinc con 1,841 gr/ha. El menor nivel de extracción de zinc se encontró en la unidad de producción de Virgilio Rizo con 654 gr/ha.

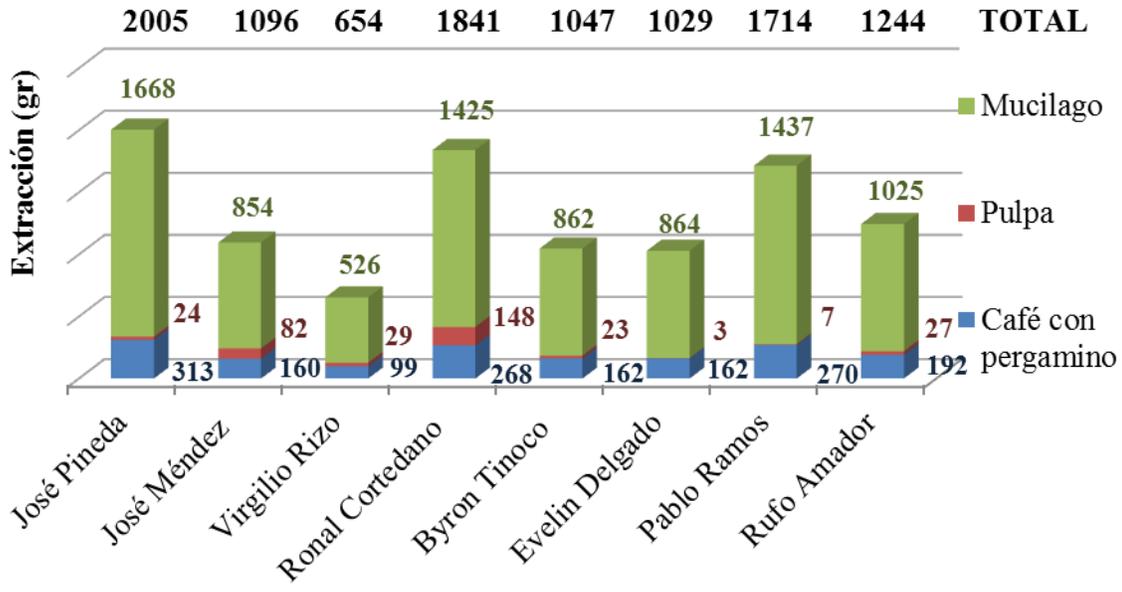


Figura 16. *Extracción estimada de zinc en gr/ha en la cosecha de café.*

Según Ibáñez *et al.*, (2004) y Herrera, (sf) el zinc es uno de los elementos que interviene en los procesos enzimáticos tales como la fosforilización de la glucosa y así mismo en la formación de almidones y condensación de aminoácidos a proteínas. Por lo que se demuestra que la mayor translocación de este elemento se da en el mucilago. Por ello según la figura 17, existen altas concentraciones de zinc en mucilago.

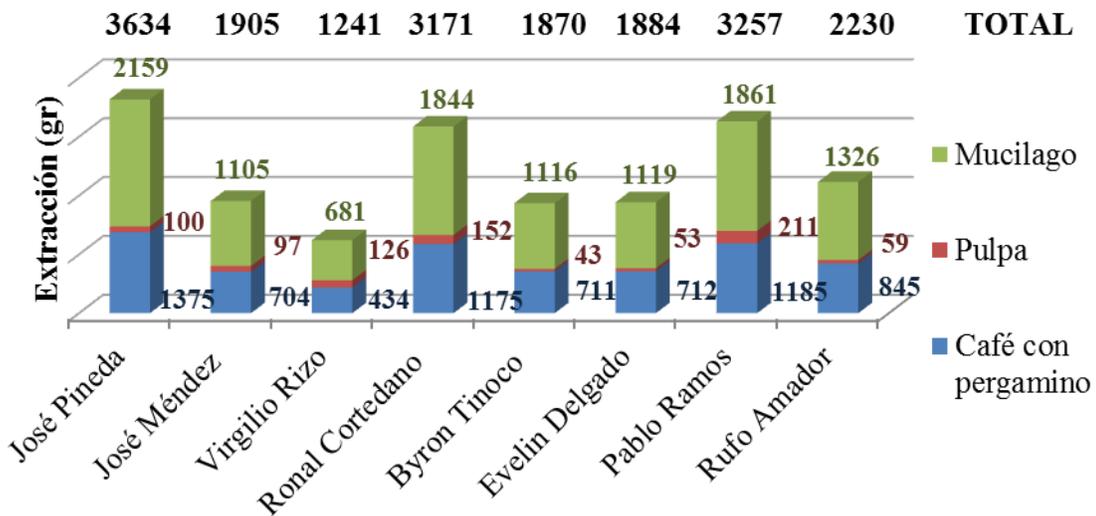


Figura 17. *Extracción estimada de hierro en gr/ha en la cosecha de café.*

La capacidad de absorción del elemento hierro para el área de producción de José Pineda es la que sobresale con respecto al resto de productores, con un nivel de extracción de 3,634 gramos por hectárea, seguidamente la unidad productiva de Pablo Ramos con 3,257 gramos por hectárea siendo la segunda con mayor extracción de hierro (figura 17).

Las evaluaciones de los menores niveles de extracción de hierro por medio de las cosechas de café, determinan que se realizan por medio de la producción de la unidad productiva de Virgilio Rizzo con 1,241 gr/ha y para este caso la unidad de producción de Byron Tinoco es la segunda con menor extracción de hierro con 1,870 gr/ha.

Los mayores niveles de extracción de micronutrientes que se realizaron en la unidad de José Pineda se debe primordialmente a los niveles de producción de café de dicha unidad, estos niveles de producción se deben al adecuado manejo de tejido del cafetal, adiciones de fertilizantes y las disponibilidades de elementos en la mayoría de los casos en esta unidad están en niveles óptimos. Y respecto a la unidad de producción de Virgilio Rizo que es donde se realizaron las menores extracciones de nutrientes se deben a los niveles de producción de café y estos debido a los inadecuados manejos agronómicos del cafetal.

9.3 Determinación de cosecha en banano.

El cultivo de banano asociado al café es utilizado como el estrato principal de sombra. En el 100% de los lotes estudiados la producción de racimos de banano es comercializada y corresponde a la variedad conocida por los productores como banano blanco (variedades patriota y coco). Para la reproducción o establecimiento de nuevas áreas los productores usan hijos conocidos comúnmente como cola de burro.

9.3.1 Caracterización poblacional de banano.

Los resultados de la caracterización poblacional de banano contabilizando la cantidad de plantas productivas, plantas menores de 1 metro de altura, plantas entre uno a dos metros de altura y plantas mayores de dos metros de altura, se realizó muestreando el total de cepas o plantones encontradas en cada lote posteriormente estimando la cantidad por hectárea.

Tradicionalmente las plantaciones de banano se han manejado como un cultivo permanente en el municipio, con diferentes arreglos de siembra de acuerdo a los criterios del productor. La tabla 14 detalla los resultados del análisis estadístico descriptivo detallando las poblaciones máximas y mínimas encontradas por hectárea a través del muestreo. Estos datos de poblaciones especialmente de cepas reflejan el manejo realizado y las distancias de siembra utilizadas inicialmente.

La cantidad máxima de cepas o plántones por hectáreas encontrada es de 413 y la cantidad mínima 138 cepas por hectáreas, respecto a las plantas florecidas, la mayor población es de 165 plantas, mientras que la población mínima es de 49 plantas florecidas. En el caso de las plantas mayores de dos metros estas son de importancia ya que son las más próximas a producir, la mayor población es de 676 plantas y la población mínima de 156 plantas por hectárea.

Tabla 14. Análisis estadístico descriptivo poblacional de plantas de banano por hectárea.

Muestreo	Rango		Media	Desv. típ.
	Mínimo	Máximo		
Cepas o plántones	138	413	280	95
Plantas florecidas	49	165	100	36
Plantas 2m> de altura	156	676	363	167
Plantas de 1-2 m de altura	116	321	176	72
Plantas 1m< de altura	105	258	174	65

Fuente: Base de datos, resultados SPSS versión 17.

El 100% de los productores implementan el mismo manejo. Para la sostenibilidad de la producción, dentro del plantón o cepa se conservan entre tres a cuatro plantas menores de un metro que crecerán hasta ser productivas, de igual manera se conservan dos plantas entre uno a dos metros de altura y entre una y dos plantas mayores de dos metros siendo las más próximas a producir, comúnmente se conserva una planta productiva o florecida por cepa y en casos esporádicos se encuentran dos plantas por cepas. El control de población se realiza con el propósito de una producción consecutiva y reducir la competitividad entre población y obtener racimos con mayores tamaños y pesos.

Investigaciones conducidas en Costa Rica han demostrado que las operaciones de deshije pueden manejarse de modo que se mantenga la disposición inicial de la hileras de plantas en el campo (Pérez, 2000).

Se puede observar en la tabla 15 que de las ocho unidades productivas, donde se presenta mayor cantidad de plantas florecidas es en la unidad de producción del señor Ronal Cortedano con 165 plantas. En esta misma unidad se presenta el mayor número de plantas con altura superiores de dos metros. La menor densidad de plantas productivas o florecidas corresponde al productor Rufo Amador con 49 plantas, especificado que en un 30% de los plantones por hectáreas para esta unidad productiva se encuentran plantas florecidas.

Tabla 15. Caracterización poblacional de plantas de banano por hectárea.

Productor	Número de plantones	Plantas florecidas	Plantas <1m de altura	Plantas 1-2 m de altura	Plantas >2m de altura
José Pineda	306	102	258	321	305
José Méndez	343	100	105	128	455
Virgilio Rizo	259	76	134	135	271
Ronal Cortedano	413	165	224	260	676
Byron Tinoco	260	81	110	144	385
Evelin Delgado	138	135	196	160	156
Pablo Ramos	360	91	250	143	453
Rufo Amador	164	49	119	116	206

Fuente: Base de datos de estudio.

La variación de población se debe a la edad de la plantación, distancia inicial de siembra y el manejo, como es el caso del productor Rufo Amador donde su plantación de banano se realizó hace 14 años a distancias iniciales de 8.25 metros cuadrados, distancia superior en comparación al resto de productores, esto influye en la población de plantas de banano debido al transcurso de los años las plantas que han sido cosechado sus racimos son eliminadas y los hijos ocupan nuevo espacio, es decir las distancias originales entre plantas cambian, por lo que es necesario eliminar las plantas muy cercanas entre sí, para un mejor desarrollo de las mismas.

9.3.2 Producción racimos de banano.

La obtención de altos rendimientos depende del mantenimiento del vigor de las plantas durante todo el desarrollo, el nivel nutricional de los suelos y la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Las cosechas se realizan gradualmente a través de intervalos de tiempo de cuatro a cinco semanas, según el estado de maduración de racimos. Al momento del muestreo de producción de racimos de banano se contabilizó la productividad y se determinó la capacidad de producción por hectárea. Los resultados obtenidos se detallan en la figura 21 donde se demuestra que la mayor producción con 297 racimos por hectárea corresponde al productor Ronal Cortedano y el de menor producción el productor Rufo Amados con 87 racimos por hectárea.

Es notable estudiar la capacidad de producción del productor Virgilio Rizo que es el segundo en menor producción en racimos de banano y el primero en menor producción en kilogramos de café pergamino esto demuestra los bajos niveles productivos en los dos cultivos.

Al estudiar los resultados de la tabla 15 se puede relacionar la capacidad productiva con la cantidad de plantas reflejada en la tabla demostrando la importancia del manejo respecto a productividad.

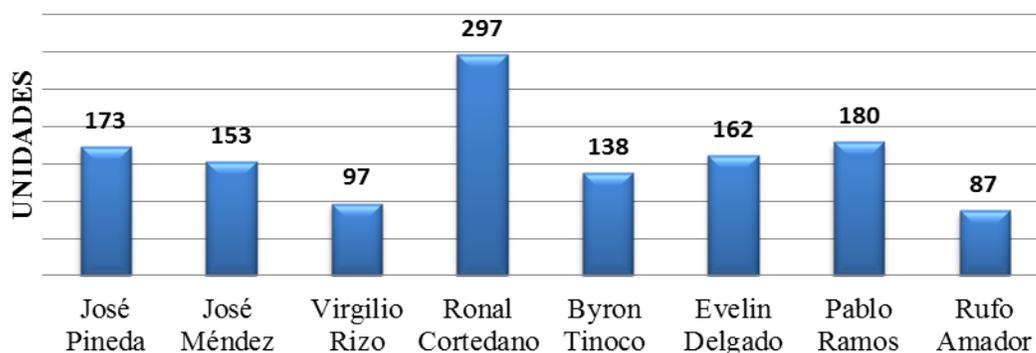


Figura 18. Producción de racimos muestreados por hectárea

Según Augstburger, *et al.*, (2001), la cosecha de racimos de banano normalmente se efectúa a lo largo de todo el año. Se produce descenso o también paro total de la producción sólo en lugares que sufren una fuerte caída de temperatura durante los meses de invierno o que son atacadas por una gran sequía. En el presente estudio la productividad de banano se sostiene en todo el año para el total de la muestra, reduciéndose levemente en época de verano.

9.3.2.1 Estimación de producción de racimos al año.

A través del muestreo de producción de racimos de banano por hectárea, en la figura 19 se detalla la estimación de producción de racimos anual por hectárea, donde se refleja que la mayor productividad corresponde al productor Ronal Cortedano con 432 racimos anuales aproximadamente en una hectárea, posteriormente Pablo Ramos con 308 racimos anuales aproximadamente.

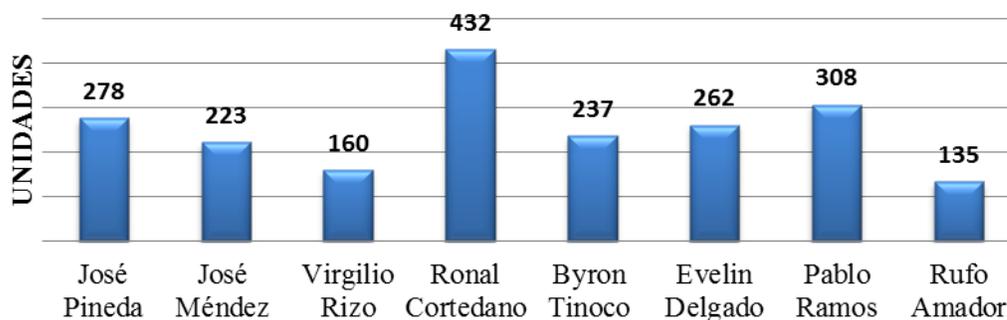


Figura 19. *Estimación de producción de racimos al año por hectárea.*

El nivel de producción de racimos de banano en la unidad productiva del señor Ronal Cortedano es superior debido a la densidad poblacional, el estado nutricional y la corta edad de las plantaciones, estos son factores que incrementan la productividad por hectárea al contrario de la unidad de Rufo Amador donde se encontró poca densidad poblacional influenciando en el bajo rendimiento productivo con 135 racimos por hectárea.

9.3.3.1 Peso promedio de racimos.

Además del número de racimos la producción de banano está relacionada con el peso del racimo. El peso del racimo dependerá del tamaño y estará relacionado al número de manos, número de frutos por mano y por el tamaño de cada fruto.

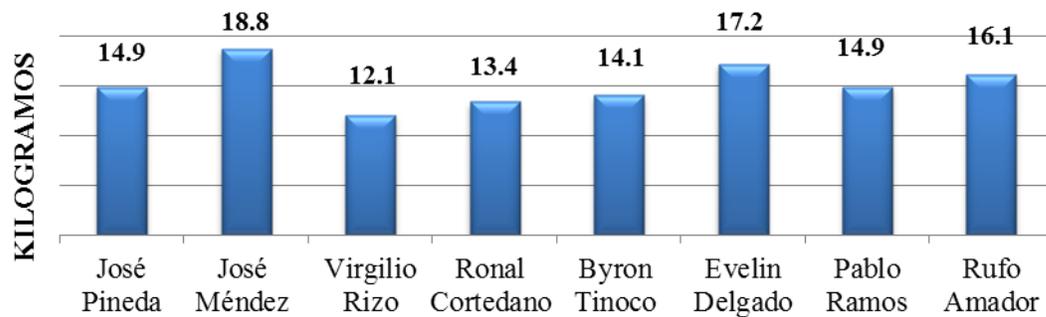


Figura 20. Determinación de peso verde de racimos de banano.

A través del muestreo de peso verde de racimos cosechados que se realizó en el transcurso de fase de campo, se logra determinar el peso promedio de racimos por cada unidad.

El peso de racimos no necesariamente debe corresponder a la cantidad cosechada, en la investigación se evaluó que los pesos depende del estado de maduración del racimo, ya que en ciertas ocasiones algunos productores cosechaban los racimos sin que alcancen su etapa de óptimo desarrollo, comúnmente conocidos como sazones, como es el caso del productor Virgilio Rizo a través de la figura 20, se aprecia que es la unidad productiva con racimos de menor peso, para este caso los resultados se determinan debido a cosechas de racimos aun no sazones.

Para el caso de la unidad productiva de José Méndez siendo el sexto productor con mayor número de racimos cosechados (figura 19) pero siendo la unidad productiva con los racimos de mayor peso cosechados, estos resultados se deben a que las cosechas se realizan en el momento óptimo de desarrollo del racimo.

9.3.3.2 Peso verde estimado de fruto.

Para la estimación de peso en fruto, se muestreo los pesos en los diferentes componentes que conforma un racimo en la planta empacadora de banano. Relacionando los pesos de racimos cosechados con los pesos de racimos muestreados en la planta se obtiene el peso estimado de frutos que conforma el racimo. Los resultados se expresan en la figura 21, demostrando que los mayores pesos se dan en la unidad productiva de José Méndez con 16.7 kilogramos y la unidad productiva con frutos de menor peso corresponde a Virgilio Rizo con 10.6 kilogramos.

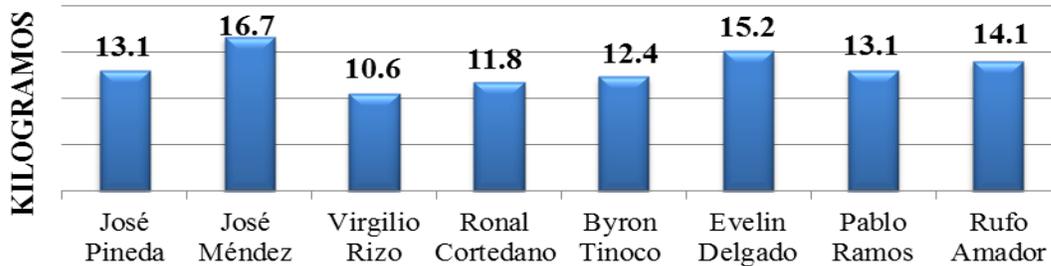


Figura 21. *Estimación peso verde de frutos en kilogramos por racimo.*

9.3.3.3 Peso verde estimado en pulpa y cáscara de banano.

El fruto de banano se estructura de dos componentes principales cáscara y pulpa, el fruto es la parte del racimo de importancia comercial y es donde se encuentran las mayores concentraciones de nutrientes que son extraídos de los lotes y no retornan al suelo como es el caso del falso tallo de la planta, la pulpa representa el 57.8 % en peso del fruto y la cáscara el 42.2% del peso. Entre mayor sea el número de frutos, el racimo tendrá mayor valor comercial y mayor absorción de nutrientes de los suelos.

Los pesos que representa la pulpa y cáscara por racimo en cada unidad productiva se demuestran en kilogramos, los mayores valores registrados son 9.6 kilogramos en pulpa y 7.0 kilogramos en cáscara correspondiente a la unidad productiva del productor José Méndez y el menor peso con 6.1 kilogramos en pulpa y 4.5 kilogramos en cáscara para el productor Virgilio Rizo.

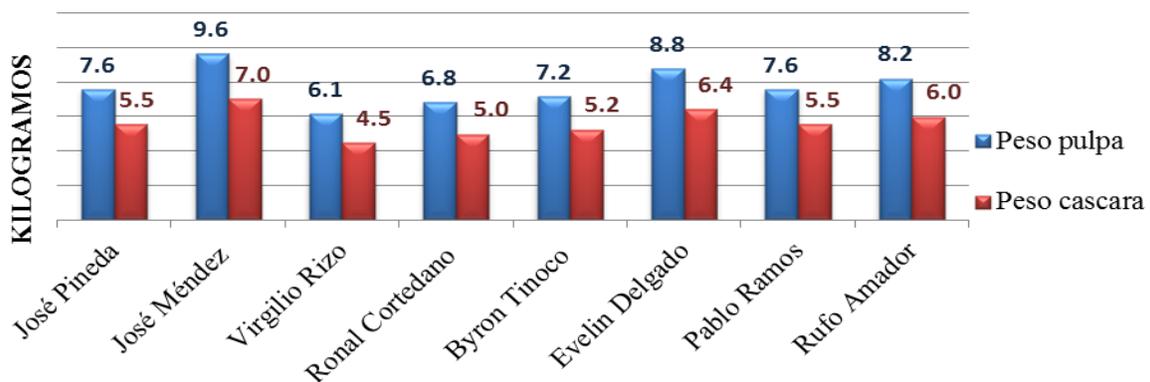


Figura 22. *Estimación peso verde cáscara y pulpa de banano por racimo en kilogramos.*

9.3.3.4 Peso estimado de raquis y pedicelo de banano.

El raquis sirve como sostén de los frutos aunque no tiene importancia comercial forma parte de la estructura del racimo y de igual manera presenta concentraciones de nutrientes que extrae del suelo al momento del desarrollo y estos al igual que los frutos no retornan al suelo.

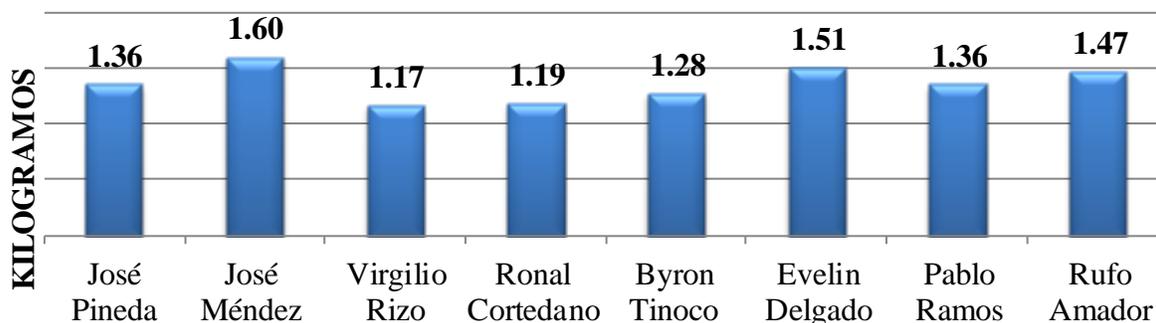


Figura 23. *Estimación peso verde raquis en kilogramos.*

Para los cálculos en peso de raquis se realiza de igual manera que en fruto, realizando el muestreo en la planta empacadora y relacionando los pesos de racimos muestreados en la planta, con los pesos promedios de cada unidad productiva.

Los pesos superiores de raquis se presentan en la unidad de producción del productor José Méndez con 1.60 kilogramos de peso y el menor peso de raquis con 1.17 kilogramos en la unidad de producción de Virgilio Rizo. El raquis representa el 9% del peso total del racimo a excepción de Virgilio Rizo donde el peso de raquis, representa el 10% del peso total de racimo.

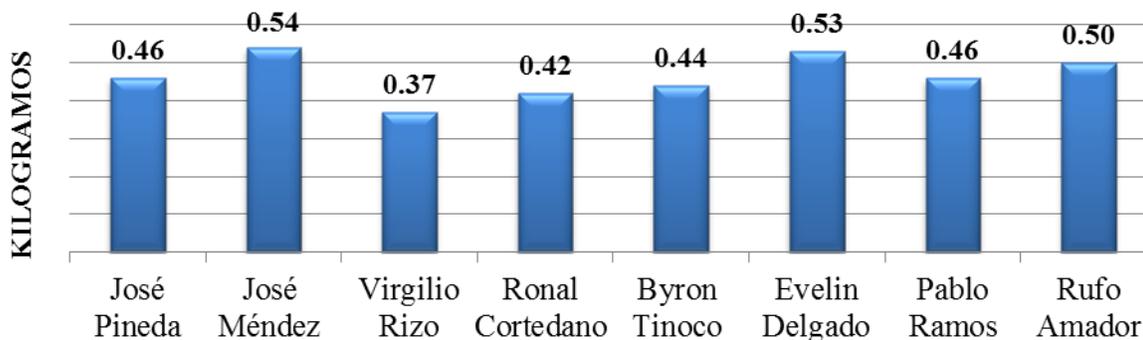


Figura 24. *Estimación peso verde de pedicelo en kilogramos por racimo.*

El pedicelo es una estructura que conforma el racimo, es la parte que une al fruto con el raquis de igual manera es comercializada y presenta concentraciones de nutrientes extraídos del suelo que no retornan.

Los cálculos de peso en pedicelo se realizan utilizando las relaciones de peso muestreadas en la planta empacadora, calculando primeramente el número promedio de frutos por racimos. Los pesos presentan los mismos niveles en cada unidad productiva donde el mayor peso en pedicelo corresponden a la producción de José Méndez con 0.54 kilogramos y el menor peso se demuestra en la producción de Virgilio Rizo con 0.37 kilogramos, en general el pedicelo representa el 3% del peso verde total de racimo.

9.4 Cantidad de nutrientes extraídos.

La inclusión de cultivo de banano dentro del agro sistema cafetalero, incrementa el grado de extracción de nutrientes de los suelos, removidos a través de las cosechas, aunque el principal objetivo del cultivo de banano es la reducción de los rayos solares que pueden afectar las plantas de café. Como efecto colateral pero no menos importante se obtienen ingresos económicos por medio de la venta del número de racimos cosechados.

La ubicación de las plantas de banano, permite que en los casos que se implementen prácticas de fertilización las plantas seas capaz de absorber estos nutrientes aplicados al terreno. Las concentraciones de nutrientes absorbidas tanto para el desarrollo de la planta y época de producción pueden ser considerables, los únicos nutrientes que son extraídos de los suelos y no retornan en forma de ciclaje son aquellos que están conformando el racimo producido, ya que los desechos de las plantas no se extraen de los lotes.

Para los análisis de nutrientes en las cosechas de banano se muestreo separando los componentes que conforman un racimo (cáscara, pulpa, pedicelo y raquis), obteniendo los resultados de materias seca y en el laboratorio se determina las concentraciones de cada elemento. Combinando estos datos se determinó el nivel de absorción de nutrientes totales.

9.4.1 Extracción de macronutrientes en banano.

Cáscara es la cubierta externa que protege la pulpa y la parte no comestible humana, es utilizada para alimento de animales. Pulpa es la parte comestible conocida comúnmente como fruta. Para los análisis de concentraciones de nutrientes en estos componentes fue necesario separarlos. Los niveles de concentración de nutrientes en raquis son menores que en pulpa y cáscara para todos los casos.

Los análisis de concentración de nutrientes en pedicelo se realizan a partir de los resultados del componente principal raquis, más información de peso seco. Se decidió estudiar este componente por formar parte del racimo y de la fruta que son extraídos en cada momento de cosecha sin posibilidad de ser retornada a la unidad productiva.

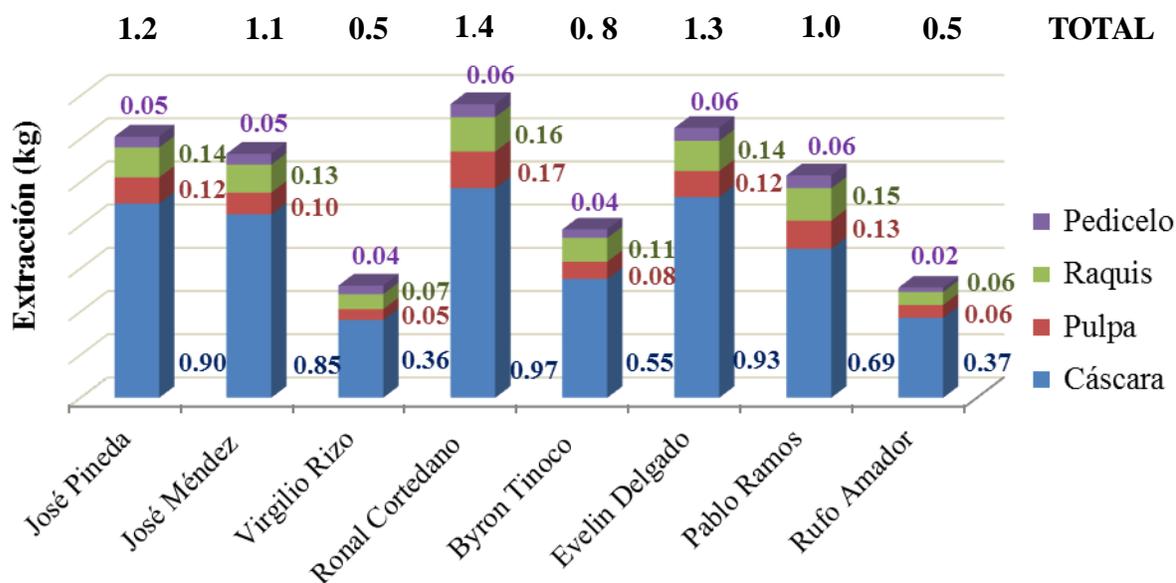


Figura 25. Extracción estimada de calcio en kg/ha en cosecha de banano.

El calcio es el macroelemento de menor concentración en pulpa y es el tercero en menor concentración en cáscara, raquis y pedicelo al comparar los niveles de concentración con respecto al resto de elementos. Al estudiar los niveles de absorción de calcio en los diversos componentes del racimo, las mayores concentraciones se expresan en cáscara para todas las unidades productivas, demostrando que las absorciones de calcio se realizan mayormente en la cáscara.

Las mayores extracciones de calcio se presentan en la unidad de producción del productor Ronal Cortedano en algunos componentes, con 0.97 kg/ ha en cáscara, 0.17 kg/ha en pulpa y 0.16 kg/ha en raquis, a excepción en pedicelo que los niveles de concentración son similares en algunas unidades productivas con 0.06 kg/ha. Totalizando 1.4 kg/ha de calcio extraído.

Al estudiar las menores concentraciones en calcio estas se presentan en la unidad productiva de los productores Virgilio Rizo y Rufo Amador con 0.5 en ambas unidades.

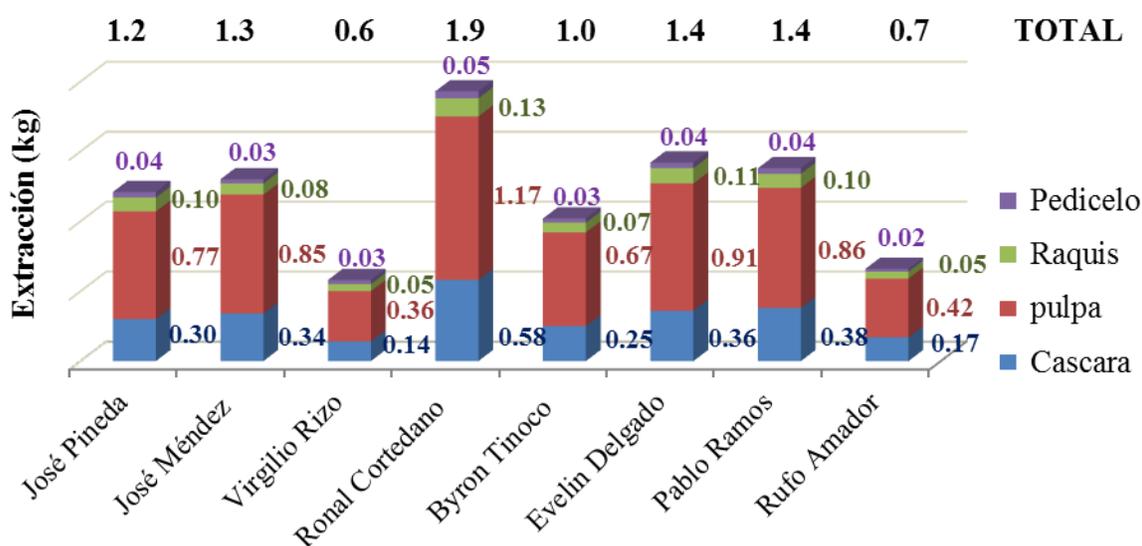


Figura 26. Extracción estimada de magnesio en kg/ha en cosecha de banano.

Los niveles de absorción de magnesio se detallan en la figura 26, se presentan mayores concentraciones de magnesio en pulpa, los mayores niveles de absorción en los diversos componentes se realizan en la unidad de producción del productor Ronal Cortedano, totalizando 1.9 kg/ha de Mg en la producción de banano y siendo las segundas unidades productivas con mayor extracción de magnesio para los cafetaleros Evelin Delgado y Pablo Ramos con 1.4 kg/ha de Mg.

Por medio del análisis de la figura 26, se demuestran las menores extracciones de magnesio que corresponden a la unidad productiva de Virgilio Rizo con 0.6 kg/ha, los valores son superiores en cáscara y pulpa, a excepción en raquis y pedicelo, que los niveles de extracción de magnesio son similares a la unidad de producción de Rufo Amador.

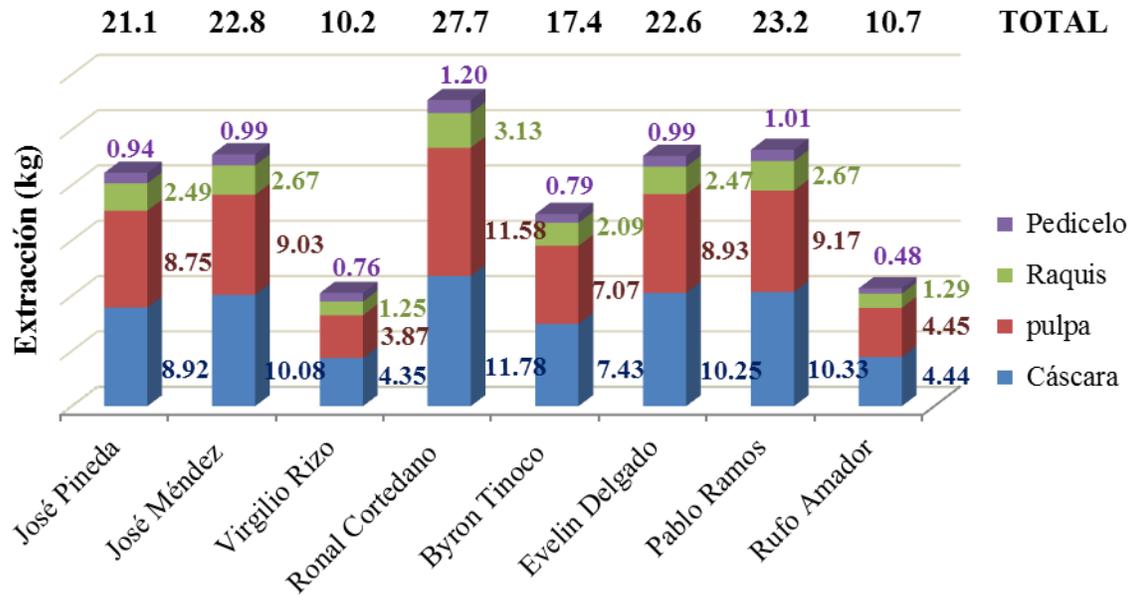


Figura 27. *Extracción estimada de potasio en kg/ha en cosecha de banano.*

Los niveles de absorción potasio son los de mayor grado tanto en los cuatro componentes para todos los casos, demostrando que los cultivos de banano, requieren altas cantidades de potasio para producir adecuadamente. El potasio es mayormente extraído en cáscara para todos los casos, seguido en pulpa, raquis y pedicelo respectivamente.

Las mayores extracciones de potasio se realizan en la unidad productiva del productor Ronal Cortedano con 11.78 kg/ha en cáscara, 11.58 kg/ha en pulpa, 3.13 kg/ha en raquis y 1.20 kg/ha en pedicelo. Siendo las menores extracciones siempre para Virgilio Rizo con un total de 10.2 kg/ha de potasio.

Describiendo los pesos por componentes la unidad de producción de Virgilio Rizo representa las menores concentraciones de potasio en cáscara y pulpa, influyendo significativamente en los bajos pesos reflejados en la (figura 22), no obstante las menores extracciones de potasio en pedicelo se presentan en la producción de la unidad productiva de Rufo Amador. La segunda unidad de producción con mayor extracción de potasio se presenta en la del productor Pablo Ramos y siendo esta la segunda con mayor producción de racimos.

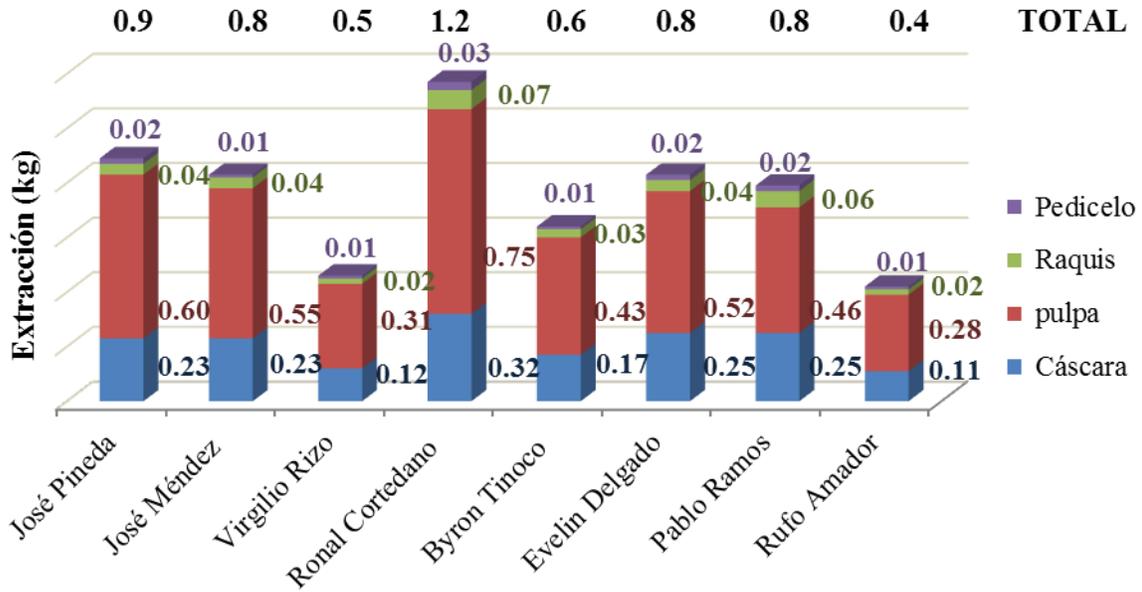


Figura 28. Extracción estimada de fósforo en kg/ha en cosecha de banano.

Por medio de la figura 28 se determina que las mayores extracciones de fósforo se realizan a través de pulpa de banano, seguidamente en cáscara, raquis y pedicelo respectivamente. El fósforo es el macroelemento de menor extracción en cáscara raquis, pedicelo y el segundo en menor extracción por medio de la pulpa.

El elemento fósforo se extrae con mayor cantidad por medio de la producción de banano en la unidad productiva de Ronal Cortedano con 1.2 kg/ha, detallando los valores por componente en la figura 28, se demuestra que son superiores al resto de unidades productivas.

Los menores niveles de extracciones de fósforo se realizan por medio de la producción de la unidad productiva de Rufo Amador con un valor de 0.4 kg/ha de fósforo valor representado mayormente por los niveles de extracción en cáscara y pulpa debido a que los niveles de extracción de fósforo en raquis y pedicelo son mínimos en comparación en cáscara y pulpa y siendo los rangos de extracción similares en las unidades productivas.

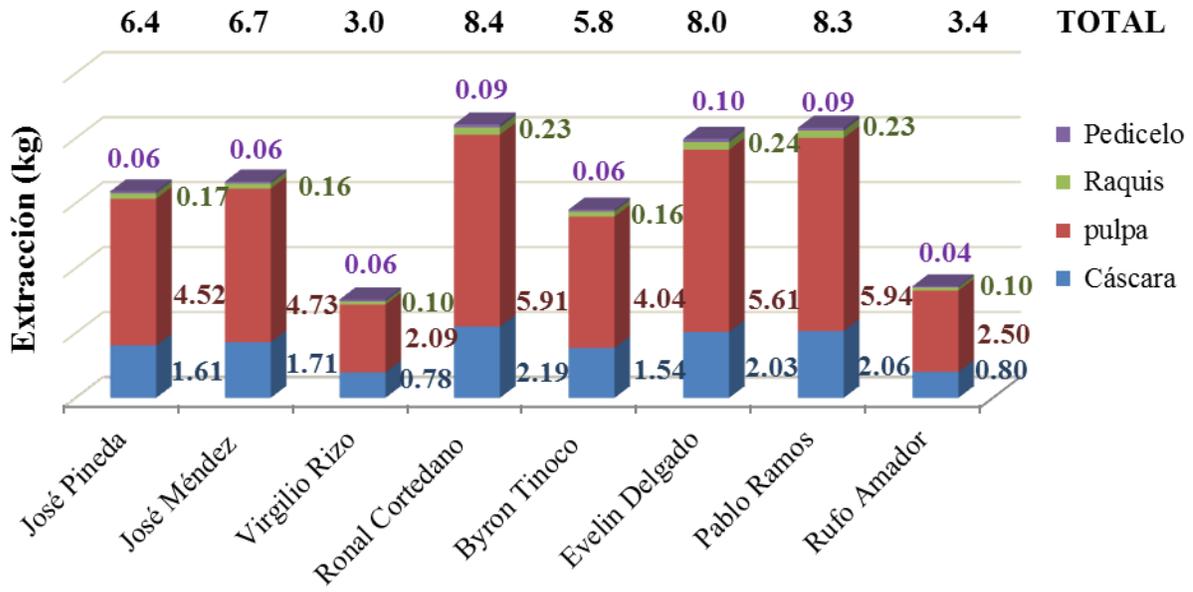


Figura 29. *Extracción estimada de nitrógeno en kg/ha en cosecha de banano.*

El nitrógeno es el segundo macroelemento de mayor concentración en los componentes del racimo de banano, por lo cual es el segundo macroelemento de mayor extracción por las cosechas de banano y se encuentra mayormente concentrado en pulpa.

Las mayores extracciones de nitrógeno (figura 29) se presentaron en la producción de racimos de banano en la unidad productiva del cafetalero Ronal Cortedano con 8.4 kg/ha de nitrógeno, extracción representada mayormente por las concentraciones de nitrógeno en cáscara y pulpa ya que los niveles de nitrógeno en raquis y pedicelo son similares en las unidades productivas, siendo las mayores extracciones con 0.24 kg/ha de nitrógeno en raquis y 0.10 kg/ha en pedicelo en la unidad de producción de Evelin Delgado.

Las menores extracciones de nitrógeno se presentan por medio de la producción de racimo de banano de la unidad productiva de Virgilio Rizo con 3.0 kg/ha, seguidamente la unidad productiva de Rufo Amador con 3.4 kg/ha de nitrógeno.

9.4.2 Extracción de micronutrientes en banano.

Las evaluaciones de niveles de extracción de micronutrientes se realizan en gramos por hectáreas, estudiando siempre los componentes que conforman un racimo, y evaluando la concentración total del micronutriente, los micronutrientes evaluados de igual manera que en café son cobre, zinc, manganeso y hierro.

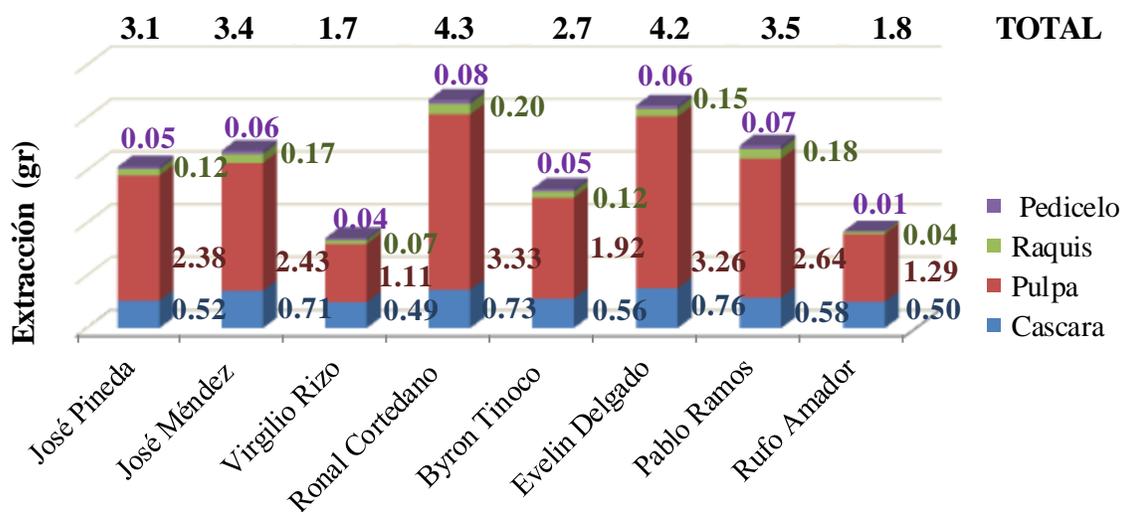


Figura 30. Extracción estimada de cobre en gr/ha en cosecha de banano.

Tomando en cuenta los resultados de absorción de micronutrientes cobre, se demuestra mayor concentración en pulpa en todas las unidades productivas, representando aproximadamente entre un 64% a 77% de la extracción total en algunos de los casos. El cobre es el microelemento de menor extracción por medio de la producción de banano en todas las unidades productivas.

Las mayores extracciones de cobre en todos los componentes, se realizan por medio de la producción de banano de la unidad de Ronal Cortedano, con un total de 4.3 gr/ha.

La unidad productiva de Virgilio Rizo con un total de 1.7 gr/ha de cobre de muestra ser la de menor nivel de extracción en comparación al resto de unidades, representado mayormente por las concentraciones presentes en cáscara y pulpa, debido a que los menores niveles de extracción de cobre en raquis y pedicelo se dan en la unidad de producción del cafetalero Rufo Amador con 0.01 gr/ha en pedicelo y 0.04 gr/ha en raquis.

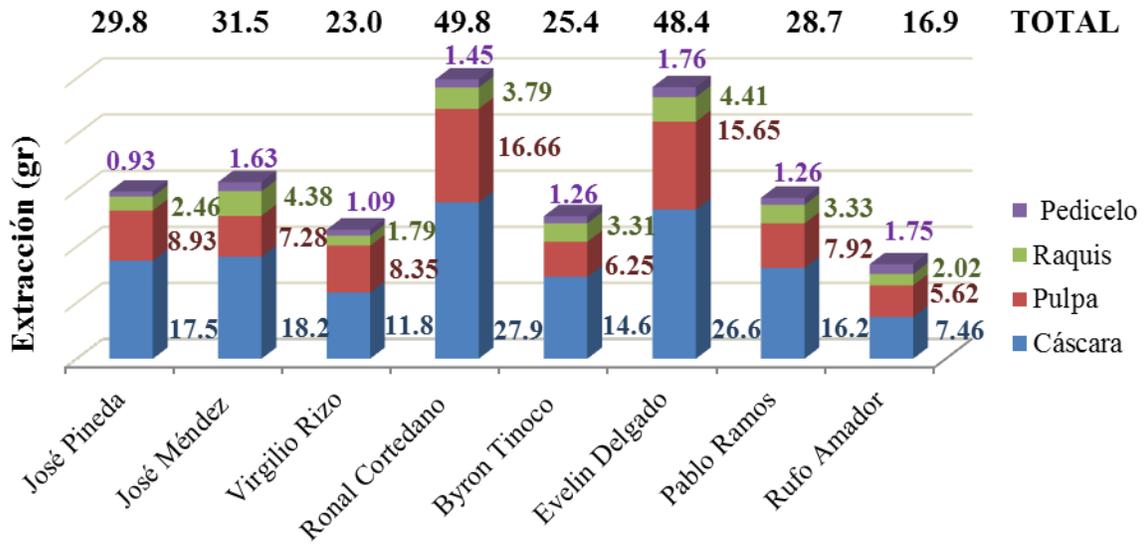


Figura 31. Extracción estimada de manganeso en gr/ha en cosecha de banana.

Existe mayor concentración de manganeso en cáscara, permitiendo que exista mayor extracción de manganeso por este elemento con porcentaje promedio del 54% superior al resto de componentes.

Al estudiar las concentraciones de manganeso en cada componente, en la figura 31 se demuestra que la mayor concentración de manganeso en raquis y pedicelo se realiza en la unidad productiva de Evelin Delgado con 4.41 gr/ha en raquis y 1.76 gr/ha en pedicelo, en cambio las mayores extracciones de manganeso en cáscara y pulpa se realizan a través de la producción de la unidad productiva de Ronal Cortedano con 27.9 gr/ha en cáscara y 16.66 gr/ha en pulpa.

Al evaluar las extracciones totales, los mayores niveles se demuestran en la unidad de producción del cafetalero Ronal Cortedano con 49.8 gr/ha y el menor nivel de extracción se demuestra en la producción obtenida por Rufo Amador con valor de 16.9 g/ha.

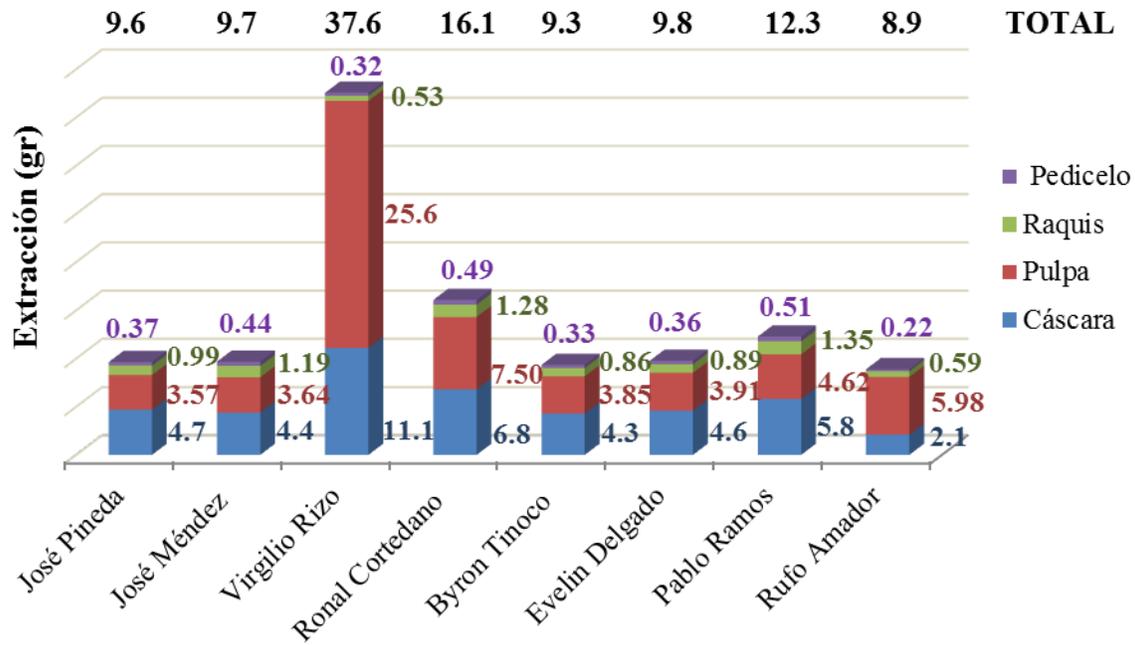


Figura 32. Extracción estimada de zinc en gr/ha en cosecha de banana.

En la figura 32 se aprecia que los niveles de concentración de zinc en los componentes estudiados varían en alguno de los casos, no hay una secuencia de extracción en relación al resto de micronutrientes como sucede en el caso de los macronutrientes, donde si en una unidad de producción disminuye o aumenta la extracción de un elemento, de igual manera sucede con la extracción del resto de macronutrientes.

Estudiando las mayores extracciones de zinc por componente se obtiene que el elemento es extraído con mayor cantidad por medio de la cáscara con 11.1 gr/ha y pulpa con 25.6 en la producción de Virgilio Rizo, estos valores son muy altos sobre todo cuando se toma en cuenta la reducida producción de racimos en esta unidad productiva, y se deben a concentraciones de Zn hasta 5 veces mayor en la cascara y hasta 10 veces mayor que en otras fincas en el caso de pulpa. No se conoce la razón por las altas concentraciones, podrían deberse a alguna contaminación. Parece poco probable que las concentraciones altas se deben a una alta disponibilidad en el suelo, pues en el café no se encontraron concentraciones excepcionalmente altas en esta finca en particular.

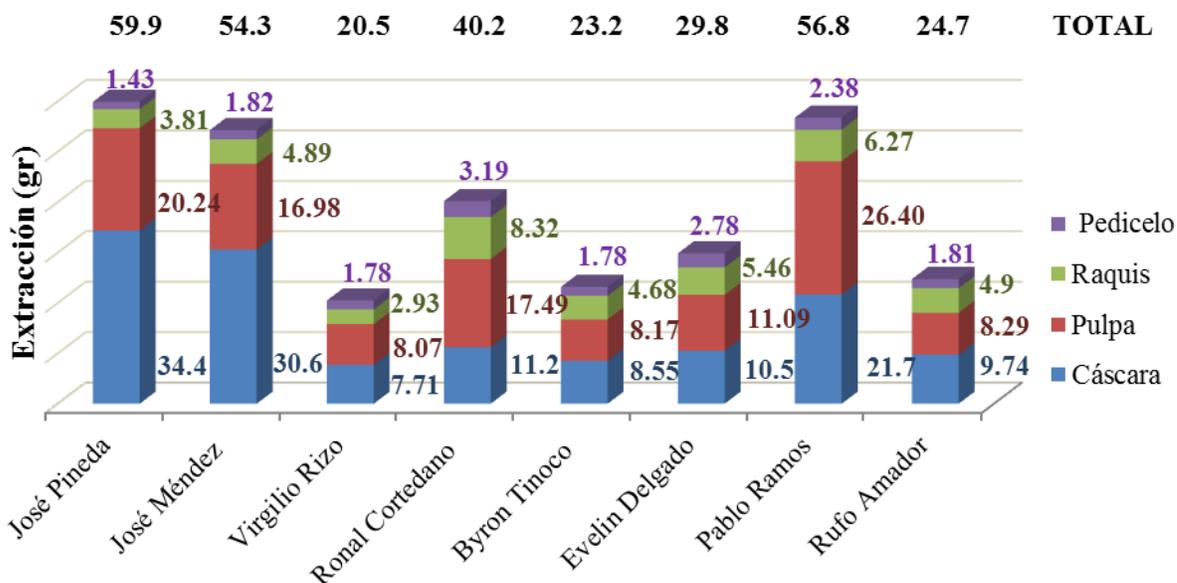


Figura 33. Extracción estimada de hierro en gr/ha en cosecha de banana.

El microelemento hierro se encuentra con una disponibilidad alta en los suelos de todas las unidades productivas, y para alguno de los casos es el microelemento de mayor extracción por las cosechas de banana a excepción de la unidad de producción de Virgilio Rizo donde el microelemento de mayor extracción es zinc especialmente en pulpa y cáscara.

El hierro se encuentra mayormente concentrado en algunos de los casos en cáscara y pulpa, reafirmando nuevamente el desequilibrio de extracción como el caso del zinc. Los mayores niveles de extracción de hierro se demuestran en la unidad de producción de José Pineda con 59.88 gr/ha y siendo los menores niveles de extracción para la unidad de producción de Virgilio Rizo con 20.5 gr/ha de hierro.

Se estudió los mayores niveles de hierro concentrados en cada componente, demostrando los valores superiores en cáscara 34.4 gr/ha de hierro en la unidad de producción de José Pineda, en pulpa la mayor concentración se presenta en la unidad de producción del cafetalero Pablo Ramos con 26.40 gr/ha y siendo la unidad productiva de Ronal Cortedano quien presenta mayores concentraciones de hierro en raquis con 8.32 gr/ha y en pedicelo con 3.19 gr/ha.

Con los resultados de las cantidades de concentración de nutrientes en cada componente para cada unidad productiva, se demuestra que las cantidades de un elemento no necesariamente presentan los mismos niveles en cada componente. Las diferencias presentes en esta caso orienta a deducir que cada componente extrae la cantidad de nutriente necesaria para su funcionamiento.

Los mayores niveles de extracción de los nutrientes estudiados, se realizan por medio de la producción de racimos de banano de la unidad productiva de Ronal Cortedano a excepción de zinc y hierro, esto explica el por qué la mayor capacidad de producción de racimos. Demostrando la importancia del balance nutricional del sistema suelo-planta, como en todos los cultivos se ha demostrado la importancia de la correcta nutrición durante el desarrollo de la planta, haciendo particular énfasis en el potasio para este rubro, la unidad productiva de Pablo Ramos es el segundo con mayor producción anual por hectárea debido a que es el segundo con mayor extracción del elemento potasio.

En la mayoría de los casos en la unidad de Virgilio Rizo es donde se extrae menos nutrientes por las cosechas de banano, debido principalmente por los bajos niveles de cosecha y racimos sin alcanzar su adecuado desarrollo para cosechar y provocado también por baja nutrición de K en los suelos reflejado en los resultados de análisis de suelo (tabla 19).

9.5 Determinación de volúmenes de leña.

9.5.1 Caracterización de especies arbóreas.

El muestreo, identifico las especies de árboles presentes en las unidades productivas utilizadas como sombra de protección para el cafetal. En nuestro país existen muchas combinaciones de diversas especies de árboles utilizadas en los cafetales. Muchas veces no existe un arreglo poblacional bien definido de las especies arbóreas, en ocasiones las diferentes especies se dan de forma natural logrando un porte alto y se les realiza escaso manejo. En los cafetales del estudio la especie de mayor presencia es guaba (*Inga spp*) en todos las unidades a excepción de la unidad productiva de la productora Evelin Delgado en donde la especie arbórea de mayor presencia es cacao (*Teobroma cacao*).

Las actividades de poda se realizan con el objetivo de la regulación de sombra por los árboles presentes en los cafetales. La regulación se realiza generalmente durante la época de menor precipitación y des pues de la cosecha de café. Su frecuencia varía según la especie y el manejo que se aplica. Si no se hace, la cosecha se reduce considerablemente por la limitada actividad fisiológica de la planta a causa de la falta de luz solar, además se crean condiciones favorables para enfermedades como el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) que reduce drásticamente la cosecha, al afectar hojas e incluso frutos.

Autores como Goldberg, *et al.*, (sf) citados por Fassbender (1993), señalan que el café combinado con guaba (*Inga spp*), aporta al suelo después de la poda materia orgánica en magnitudes desde 4.7 a 13.1 toneladas/ha/año, la que se descompone en un 50% en dos meses. La incorporación de materia orgánica se realiza con los desechos de hojarasca y ramas de menor diámetro que resultan de las prácticas de poda.

En unidad de producción de Evelin Delgado, es donde se encontraron mayores números de árboles por hectárea con 240 predominando la especie cacao y siendo la unidad productiva de José Pineda con 38 árboles por hectárea la de menor densidad de árboles.

9.5.2 Área basal por hectárea y altura promedio de árboles.

La determinación de DAP (diámetro a la altura del pecho) se realizó en cada unidad productiva, a fin de determinar área basal por hectárea encontrándose los siguientes resultados; la mayor área se presentó en la unidad productiva del productor Rufo Amador con 11.2 metros cuadrados por hectárea, la segunda unidad productiva con mayor área basal corresponden a la del productor Ronal Cortedano con 6.6 metros cuadrados. Para el caso de la unidad productiva del productor Evelin Delgado es el que presenta las menor área basal con un valor de 3.4 metros cuadrados, esto se debe a que en esta unidad productiva se utiliza la especie cacao (*Theobroma cacao*) como componente principal arbórea para sombra, como las densidades de plantas de cacao son considerables se requiere la realizan de podas anualmente impidiendo un desarrollo mayor de fuste, además esta especie se caracteriza por tener porte bajo.

Tabla 16. Caracterización de especies arbóreas.

Productor	Área basal en m²/ ha	Altura de árbol en metros	Porcentaje de sombra/ ha
José Pineda	4.0	18.1	44%
José Méndez	6.4	11.4	55%
Virgilio Rizo	6.5	16.4	72%
Ronal Cortedano	6.6	16.1	61%
Byron Tinoco	4.0	11.3	27%
Evelin Delgado	3.4	7.4	40%
Pablo Ramos	4.7	11.6	30%
Rufo Amador	11.2	16.8	81%

Fuente: Base de datos de estudio.

La medición de alturas de árboles, obtenidos con el uso de reláscopio y cinta métrica, la unidad productiva del cafetalero José Pineda presento los árboles con mayores alturas con un promedio de 18.1 metros, la unidad de producción de Rufo Amador es la segunda con árboles de mayores alturas con promedio de 16.8 metros y es la que presenta las mayores áreas basales, estos datos pueden explicarse que para esta unidad productiva el aporte de sombra en el café se emplea mayormente con especies arbóreas, para ello es necesario según el manejo del productor, árboles de gran tamaño de altura. Los árboles con menor altura se encuentran en la unidad productiva de la productora Evelin Delgado con 7 metros, debido a que la especie utilizada para sombra es cacao (*Teobroma cacao*).

9.5.3 Porcentaje de sombra por hectárea.

El área de sombra que proporcionen los árboles a los cafetales debe de ser regulada para evitar reducciones en los rendimientos productivos, provocados por enfermedades o ya sea por obstrucción de luz solar impidiendo los procesos fotosintéticos de los cafetales.

Según Sosa y Ordoñez. (sf) en El Salvador, se realizó un estudio para determinar la mejor época de poda de la sombra, encontrándose después de 7 cosechas de café que las podas tardías realizadas entre mayo y junio permitieron obtener un promedio de 2,368.9 kg de café verde /ha, en comparación a la poda efectuada entre enero y febrero que se obtuvieron 2,115.4 kg de café verde/ha.

El área con mayor porcentaje de sombra se presentó en la unidad productiva del cafetalero Rufo Amador con 81% lo que demuestra nuevamente que en esta unidad de producción se utiliza mayormente especies arbóreas como estrato primordial de sombra y por lo cual es que se encuentren las menores densidades de plantas de banano. La unidad de producción del productor Byron Tinoco comprende menor área bajo sombra con 27%.

9.6 Cantidad de nutrientes extraídos en leña.

El aprovechamiento de leña de la poda de los árboles de sombra de los lotes es una práctica que puede extraer nutrientes de los cafetales. Por lo tanto, en este estudio se determinó los volúmenes de leña extraída y los nutrientes en ella. La mitad de los productores realizó poda de árboles durante el periodo del estudio (2010 -2011). Como se observa en la Tabla 17 el volumen de leña sólida extraída varía de 2.6 a 7.9 metros cúbicos por hectárea.

Es importante destacar que en la Tabla 17 las mediciones de campo se presentan en cantidad de metros cúbicos de leña apilada. Sin embargo, para convertir esta cantidad a una estimación de leña sólida, se debe corregir por los espacios que existen en la leña apilada. En este estudio se estima que aproximadamente la mitad del espacio en la madera apilada es leña sólida, lo cual es poca, pero esto se debe a la forma irregular que tienen muchas ramas.

Tabla 17. Volúmenes de leña extraídas en metros cúbicos.

Nombre productor	Especie usada para leña	Leña extraída (apilada) en m ³ / ha	Leña extraída (sólida) en m ³ / ha
José Pineda	Guaba	0	0
José Méndez	Guaba	0	0
Virgilio Rizo	Guaba	0	0
Ronald Cortedano	Guaba	0	0
Byron Tinoco	Guaba	5.3	2.6
Evelin Delgado	Cacao	15.4	7.7
Pablo Ramos	Guaba	15.9	7.9
Rufo Amador	Guaba	11	5.7

Fuente: Base de datos de estudio.

9.6.1 Extracción de macronutrientes en componente leña.

Como la contracción de nutrientes en el laboratorio se mide en porcentaje, se debe conocer el peso seco que tenga un metro cubico de leña. En la literatura se encuentran pocos valores para la madera de *Inga spp* y ninguno para madera de cacao.

Por otra parte, la densidad de la madera en general varía según la edad, el sitio de crecimiento y la proporción de cáscara, albura y duramen. Por esta razón, se estimó que la densidad de leña de *Inga spp* es más baja que los valores encontrados en la literatura, pues es madera joven y contiene relativamente mucha cáscara y albura. Se usó un valor de 400 kg por metro cubico en el caso de *Inga spp* y 300 kg por m³ en el caso de cacao.

Para las prácticas de poda se deben escoger las ramas que estén a una altura conveniente entre 2 á 3 metros sobre el nivel superior del café, eliminando con la poda las que se encuentren sobre o debajo de ésta, para evitar tener sombra sobre sombra (Sosa y Ordoñez, sf). Sin embargo, este procedimiento subestima la extracción de los cafetales donde no se extrajo leña, pues se sabe que estos productores también extraen leña aunque no lo hicieron durante el periodo de estudio, se subestima que los niveles de poda de leña se realizan en promedio cada dos años en los cafetales.

Combinando la información de la tabla 17, con los datos de las concentraciones de nutrientes se puede estimar los niveles de extracción de nutrientes a través de las podas de especies arbóreas. Sin embargo, a través de este procedimiento solamente se puede estimar la extracción en aquellos cafetales donde se extrajo leña durante el periodo de estudio (8 meses).

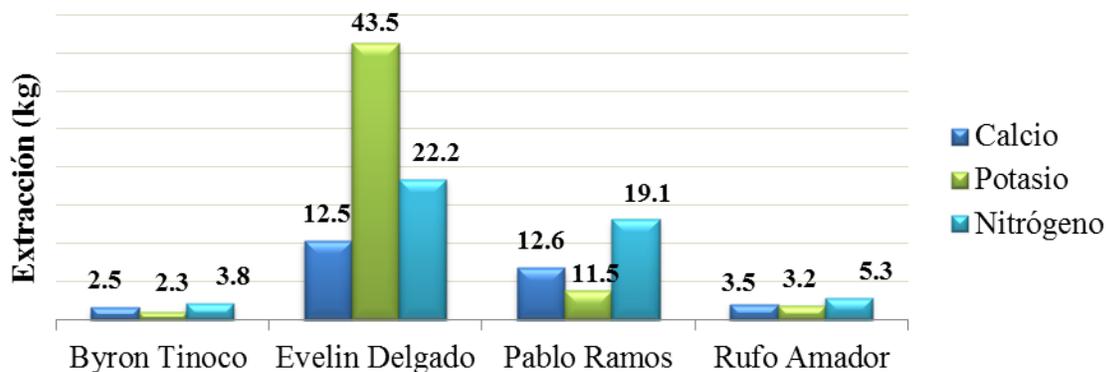


Figura 34. *Extracción estimada de macronutrientes en kg/ha en leña.*

Por medio de la figura 34 se aprecian los niveles de absorción de macronutrientes calcio, potasio y nitrógeno, expresados en kilogramos por hectáreas, los mayores niveles de concentración de potasio, calcio y nitrógeno se reflejan en la unidad de producción de Evelin Delgado con 43.5 kg/ha de K, 12.5 kg/ha de Ca y 22.2 kg/ha de N. Las menores extracciones se realizan por medio de los volúmenes de leña de la unidad de producción del señor Byron Tinoco con valores de 2.3 kg/ha de K, 2.5 kg/ha de Ca y 3.8 kg/ha de N.

Los niveles de absorciones de fósforo y magnesio se expresan en la figura 35, mostrando que al comparar los dos macroelemento, la unidad de producción de Evelin Delgado refleja las mayores absorciones para ambos casos con 6 kg/ha de Mg y 2.7 kg/ha de P. La unidad de producción del señor Byron Tinoco continua reflejando los menores valores de extracción de macronutrientes con 0.2 kg/ha de Mg y P.

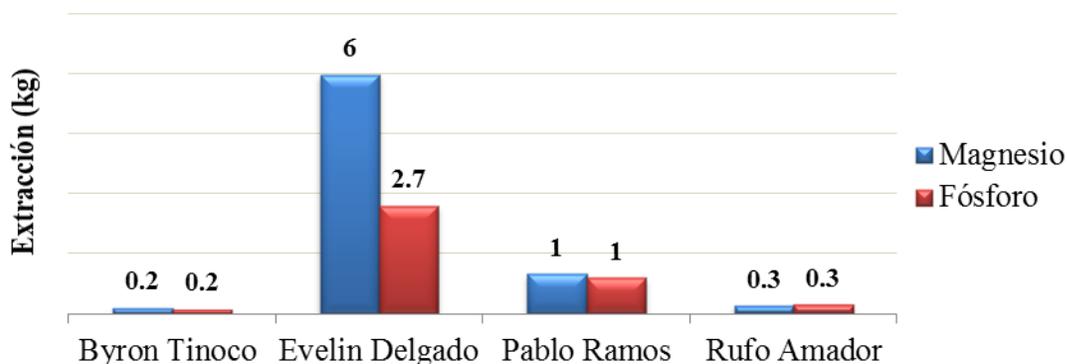


Figura 35. *Extracción estimada de macronutrientes en gr/ha en leña.*

En general se determina que existen mayores concentraciones de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao*) en comparación a guabas (*Inga spp*), el potasio es el nutriente más absorbido por el cacao, seguido por el nitrógeno.

En promedio, 1000 kg de semilla de cacao extraen 30 kg de N, 8 kg P₂O₅, 40 kg de K₂O, 13 Kg de CaO y 10 kg de MgO. Además, también se remueven nutrientes en la cáscara de la mazorca que es rica en K. Por otro lado, también se requieren nutrientes para construir el cuerpo del árbol (García, 1993). Todos estos factores deben ser considerados para un manejo sostenible del suelo.

9.6.2 Extracción de micronutrientes en componente leña.

El diagnóstico de extracción de micronutrientes en leña se evaluó en gramos por hectáreas, los micronutrientes estudiados son; Cu, Zn, Mn y Fe, se realizaron de igual manera para el 50% de la muestra. En la figura 36 se aprecian que el elemento de mayor extracción es el Fe en todas las unidades productivas, orientando que los mayores valores de igual manera que en macronutriente se presentan en la unidad de producción de la productora Evelin Delgado para la mayoría de los casos.

Las menores extracciones de micronutrientes se reflejan en la unidad de producción del señor Byron Tinco. Siendo el elemento zinc quien se extrae en menor cantidad en la mayoría de las unidades a excepción de la unidad de Evelin Alemán donde el elemento de menor extracción es cobre con 19.9 gr/ha. Los niveles de extracción de la unidad de Evelin Delgado son superiores especialmente por la especie arbórea utilizada para sombra.

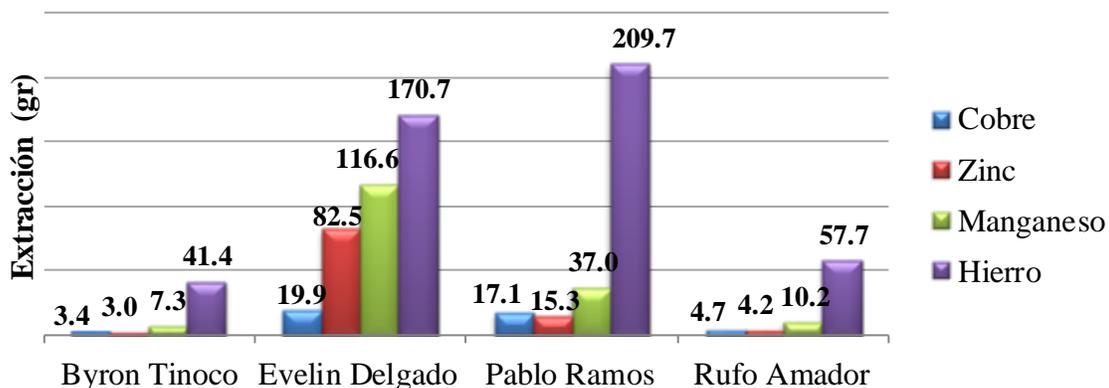


Figura 36. Extracción estimada de micronutrientes en gr/ha en leña.

9.7 Niveles de extracciones totales de nutrientes.

Unificando las tres vías principales de extracción de nutriente de las unidades productivas, cosecha de café, cosecha de banano y volúmenes de leña podadas, se logro determinar los niveles totales de extracción. Los análisis se realizaron evaluando el nivel de extracción por nutriente.

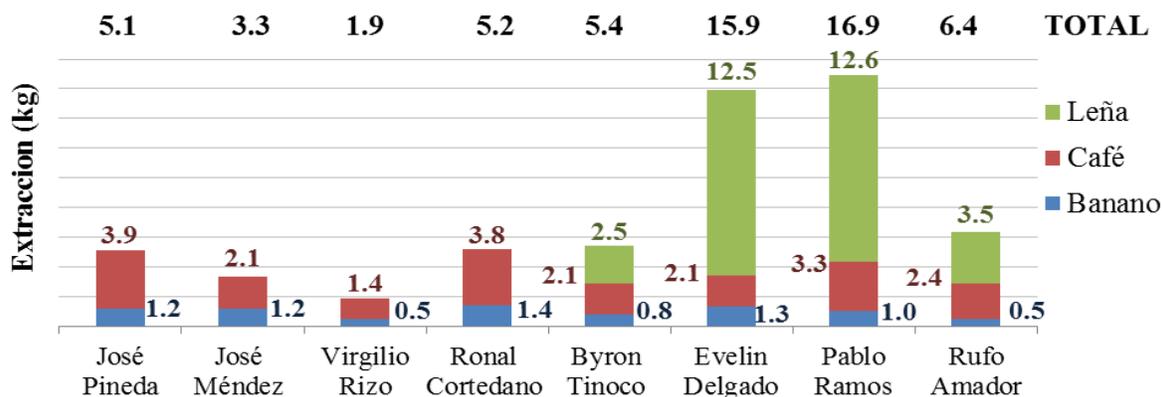


Figura 37. Extracción total de calcio en kg/ha.

Los resultados de niveles totales de extracción del elemento calcio, reflejan que este se extrajo mayormente por la cantidad de leña podada, demostrando que existe mayor concentración de calcio en leña.

Los mayores niveles se encontraron en la unidad de producción de Pablo Ramos con un total de 16.9 kg/ha esto debido a la cantidad de calcio que se extrae por la cantidad de leña podada, la unidad de Evelin Delgado la segunda con mayor nivel de extracción con 15.9 kg/ha este valor resultado por la alta extracción por la especie arbórea. Los menores niveles de extracción de calcio se encontraron en la unidad de producción del productor Virgilio Rizo con total de 1.9 kg/ha.

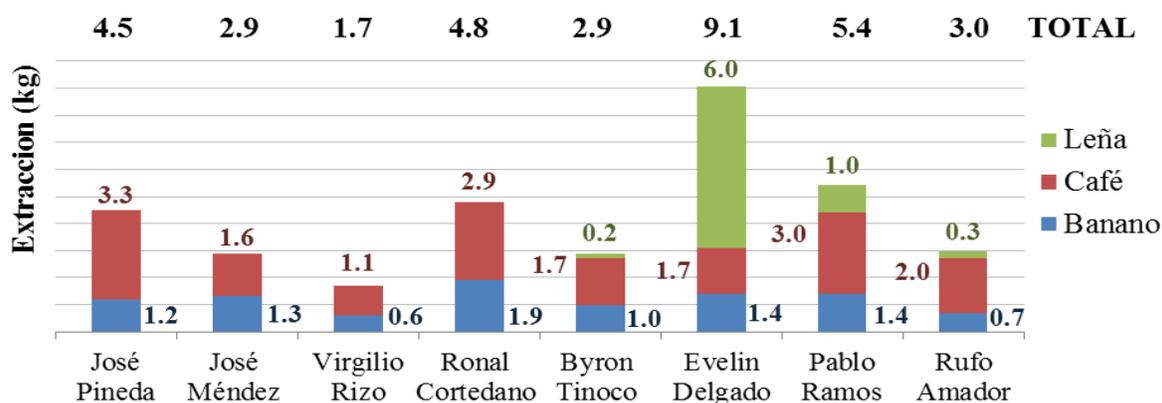


Figura 38. Extracción total de magnesio en kg/ha.

Con respecto al macronutriente magnesio, los resultados encontrados (figura 38) demuestran que este se extrae principalmente por las cosechas de café, a excepción de la unidad de producción de Evelin Delgado donde los mayores niveles de extracción se realizaron por la cantidad de leña podada y fue donde se presentaron los mayores niveles de extracción total de magnesio con 9.1 kg/ha, este hecho puede explicarse por la especie de leña podada (cacao) por ello existe mayor concentración de magnesio y las extracciones son altas, y siendo al igual que en calcio la unidad de producción de Virgilio Rizo donde se encontraron los menores niveles de extracción esto a consecuencia de la productividad de café y banano.

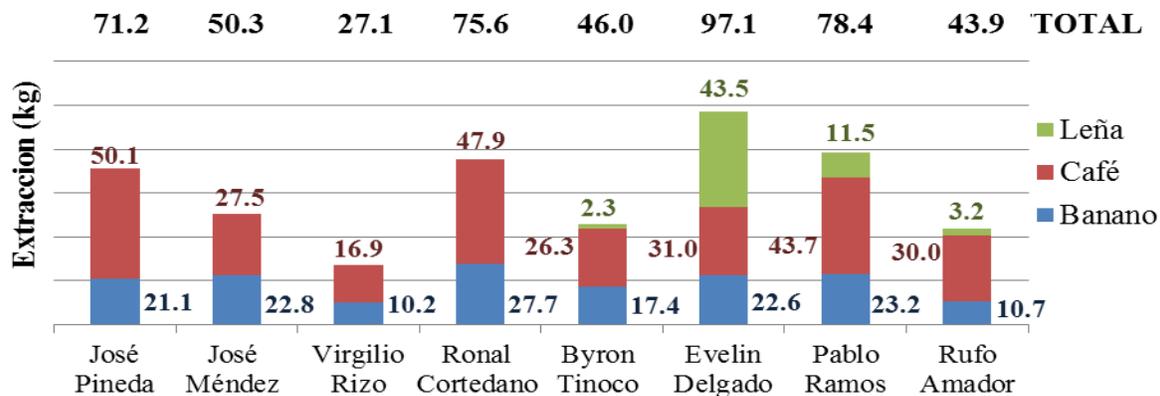


Figura 39. Extracción total de potasio en kg/ha.

Las diferencias en los nieles de extracción de potasio por los diversos componentes, demuestran que este se extrajo principalmente por medio de la cosecha de café, es importante estudiar la unidad de Evelin Delgado donde para este caso el potasio se extrajo mayormente por los volúmenes de leña podada, esto al ser de especie cacao y poseer mayores concentraciones de nutrientes, influyen en los resultados obtenidos, y siendo de igual manera la unidad productiva donde se presentaron las mayores extracciones totales con 97.1 kg/ha y continua siendo la unidad de Virgilio Rizo donde se encontraron los menores niveles de extracción con un total de 27.1 kg/ha (figura 39).

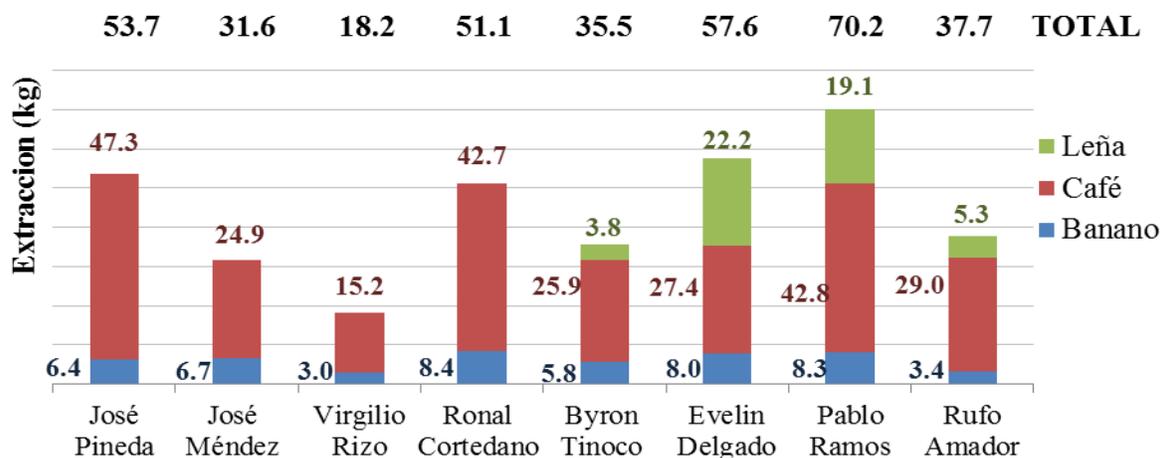


Figura 40. Extracción total de nitrógeno en kg/ha.

Se encontró que el nitrógeno se extrae principalmente por medio de la cosecha de café (figura 40). El mayor nivel de extracción de nitrógeno se realizó en la unidad de producción de Pablo Ramos con 70.2 kilogramos por hectárea, al estudiar los niveles de extracción de N por leña podada en la unidad de producción de Evelin Delgado, estos son superiores al resto de unidades donde se realizó prácticas de regulación de sombra, esto debido a la especie de leña podada (cacao). En la unidad productiva de Virgilio Rizo es donde se encontraron los menores niveles de extracción con 18.2 kg/ha de nitrógeno.

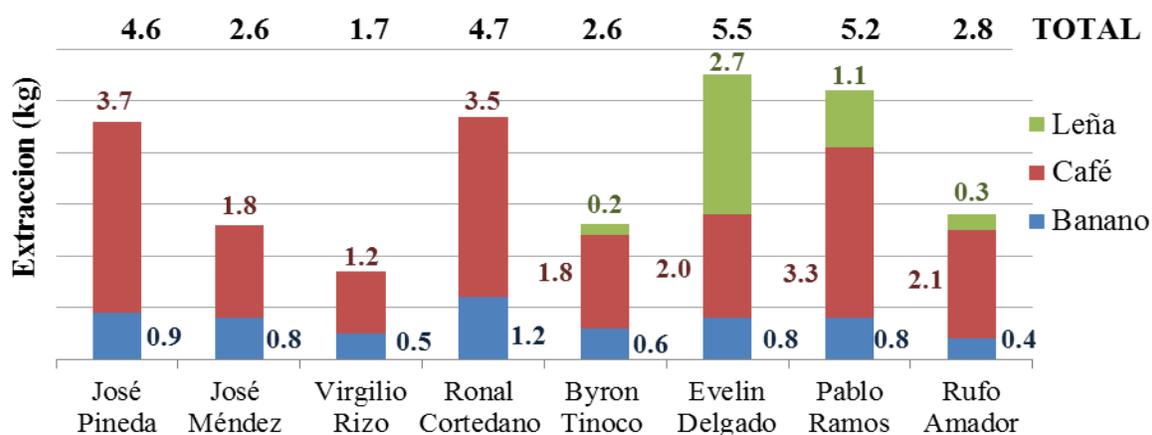


Figura 41. Extracción total de fósforo en kg/ha.

En la mayoría de las unidades productivas se encontró que el fósforo se extrae mayormente por la cosecha de café exceptuando la unidad de Evelin Delgado (figura 41). Siendo siempre la unidad de producción de Evelin Delgado donde se encontró los mayores niveles de extracción de fósforo con un total de 5.5 kg/ha, siendo este valor representado mayormente por los niveles de extracción de leña extraída por medio de las prácticas de regulación de sombra.

En general el macroelemento de mayor extracción en todas las unidades productivas es el potasio, seguidamente de nitrógeno, con respecto a los elementos calcio, magnesio y fósforo, el calcio es el tercero con mayor nivel de extracción para todas las unidades productivas y siendo tanto el magnesio y fósforo los macroelemento de menor extracción encontrados en los sistema de producción de café con banano y especies arbóreas.

Todos los mayores niveles de extracción de macronutrientes se encontraron en la unidad de producción de Evelin Delgado y en el sistema productivo de Pablo Ramos se demuestran las segundas mayores extracciones. Los resultados de los niveles de extracción de nutrientes en el sistema productivo de Evelin Delgado se debe precisamente por la especie arbórea podada, recordemos que en esta unidad productiva se encuentra asociada con cultivo de cacao y como componente principal para aporte de sombra al cafetal, y esta especie (cacao) extrae mayores niveles de nutrientes del terreno ya que los requiere para el desarrollo de sus frutos. Los menores niveles de extracción demuestran ser en el sistema productivo de Virgilio Rizo en todos los macroelementos, estos bajos niveles son debido a las bajas cosechas tanto de café y banano por plantaciones enfermas y con mal manejo de tejido, así mismo a las nulas prácticas de regulación de sombra.

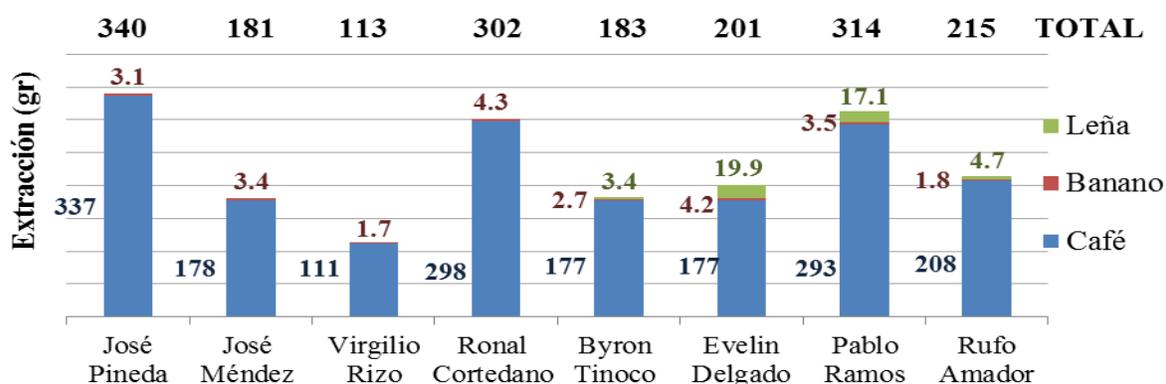


Figura 42. Extracción total de cobre en gr/ha.

Se demuestra que el cobre se extrajo principalmente por medio de la cosecha de café y en las unidades productivas de Evelin Delgado y Pablo Ramos los segundos mayores niveles de extracciones se realizaron por medio de la leña podada (figura 42).

Se encontró que el mayor nivel de extracción de cobre se presentó en la unidad de José Pineda con un total 340 gramos por hectárea, estos niveles son superiores a pesar que en esta unidad no se extrajo nutrientes por medio de volúmenes de leña, las segundas mayores extracciones se encontraron en la unidad de Pablo Ramos con 314 gr/ha

Cabe destacar que en la unidad productiva de Virgilio Rizo es donde se realizaron los menores niveles de extracción con 113 gr/ha, mencionando que en esta unidad no se realizó muestreo de nutrientes en leña por no realizarse regulaciones de sombra en especies arbóreas.

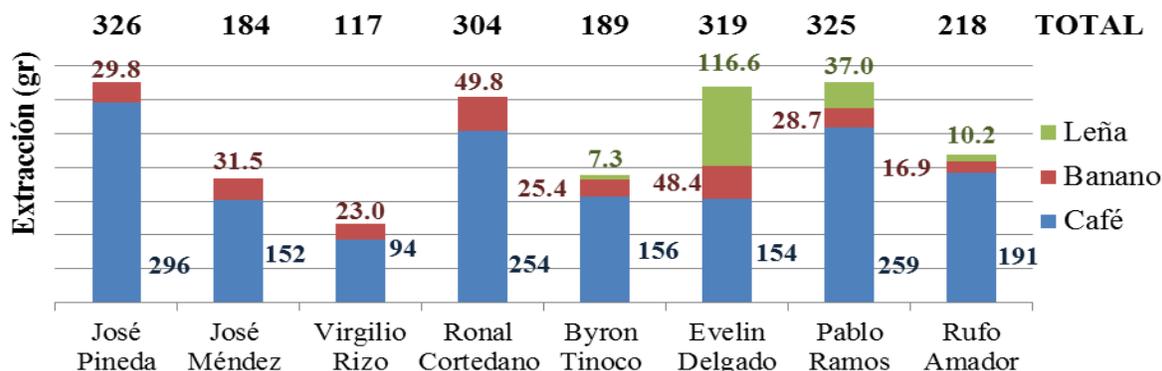


Figura 43. Extracción total de manganeso en gr/ha.

El manganeso se extrae mayormente por la cosecha de café, las segundas mayores extracciones en las unidades de Evelin Delgado y Pablo Ramos se realizó por medio de la cantidad de leña podada (figuro 43). Siendo la unidad de producción de José pineda donde se encontró el mayor nivel de extracción total de manganeso con 326 gr/ha, siendo este valor representado mayormente por los niveles de extracción en café, debido a los volúmenes cosechados.

Es importante estudiar el alto nivel de extracción de manganeso por los volúmenes de leña en la unidad de producción de Evelin Delgado, recordemos que en esta unidad se encuentra asociada con cultivo de cacao, como componente principal para aporte de sombra al cafetal, y la especie *Teobroma cacao* (cacao) extrae mayores niveles de nutrientes del terreno ya que los requiere para el desarrollo de sus frutos.

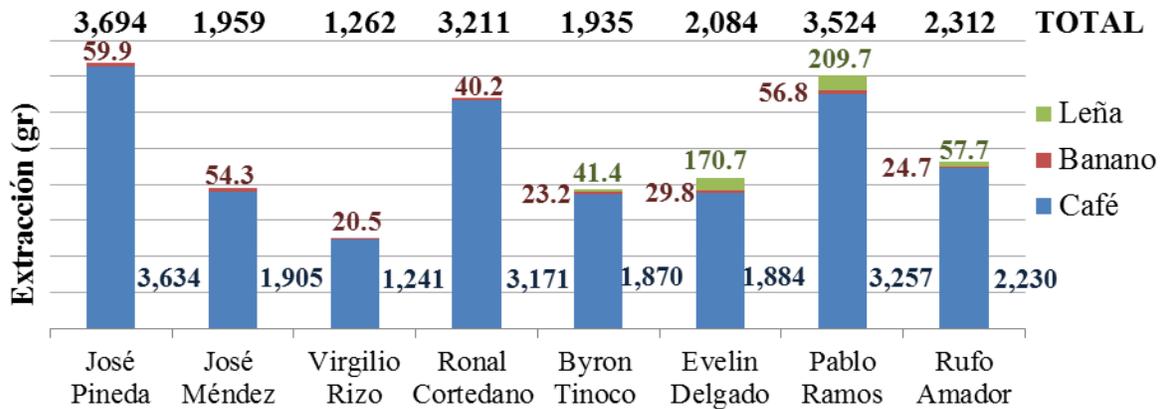


Figura 44. Extracción total de hierro en gr/ha.

Al igual que el resto de micronutrientes el hierro se extrae principalmente por medio de la cosecha de café (figura 44). El mayor nivel de extracción total de hierro se realizó en la unidad de producción de José Pineda con 3,694 gramos por hectárea, niveles obtenidos debido a las altas producciones de café y banano, seguido de la unidad productiva de Pablo Ramos con 3,524 gr/ha, donde en esta unidad los segundos mayores niveles de extracción de hierro se realizaron por medio de los volúmenes de leña podada.

Por otra parte en la unidad productiva de Virgilio Rizo es donde se realizaron los menores niveles de extracción con 1,262 gr/ha, esto resultados son debido a los niveles de cosecha de café y banano.

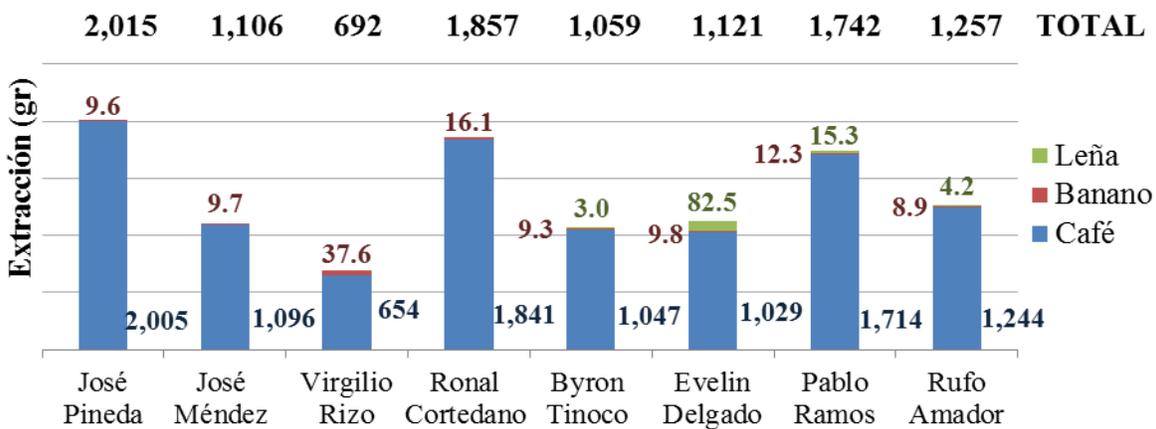


Figura 45. Extracción total de zinc en gr/ha.

En la figura 45 se detalla los niveles de extracción de zinc donde este se extrajo mayormente por la cosecha de café. Siendo siempre la unidad de producción de José Pineda donde se realizaron los mayores niveles de extracción de zinc con un total de 2,015 gr/ha.

Hay que destacar el alto nivel de extracción de zinc por los volúmenes de leña en la unidad de Evelin Delgado, en esta unidad productiva se encontró una asociación del sistema productivo café con banano y cacao como componente principal para aporte de sombra al cafetal, la especie *Teobroma cacao* extrae mayores niveles de nutrientes del terreno ya que los requiere para el desarrollo de sus frutos. Los menores niveles de extracción demuestran ser en el sistema productivo de Virgilio Rizo con 692 gr/ha.

Los estudios de los niveles de extracciones totales de micronutrientes por los cultivos de café, banano y en alguno de los casos por los volúmenes de leña, demuestra que el micronutriente de mayor extracción es hierro seguidamente de zinc en todo los sistemas productivos. El manganeso es el tercer microelemento de mayor extracción por los sistemas productivos. El microelemento de menor extracción es el cobre en todas las unidades de producción.

En síntesis los mayores niveles de extracción en todos los micronutrientes estudiados se realizaron en la unidad de José Pineda esto a consecuencia de las altas cosechas de café. Y siendo siempre los menores niveles de extracción en todo los micronutrientes corresponde al sistema productiva de Virgilio Rizo valores resultados de los bajos niveles de cosecha tanto de café como en banano por el mal estado de las plantaciones.

9.8 Niveles de adición de fertilizantes edáficos y foliares.

Los nutrientes se encuentran en el suelo en cantidades variables. Muchas veces, esas cantidades no son suficientes o se encuentran en concentraciones inadecuadas, para la adecuada alimentación de la planta y por eso hay necesidad de fertilizar los cultivos.

Existen diversos estudios que se orientan a estimar la cantidad de nutrientes que extraen las cosechas del suelo. Los contrastes entre las aplicaciones altas, bajas y nulas de fertilizantes se realizan para conocer la influencia que presentan los niveles de aplicación sobre las cosechas.

9.8.1 Niveles de adiciones de fertilizantes edáficos químicos sintéticos y abonos orgánicos.

Al analizar las adiciones de fertilizantes se encontró que 5 de los 8 productores aplican fertilizantes edáficos químicos sintéticos y tan solo en la unidad de Evelin Delgado se aplicaron abonos orgánicos, los niveles de aplicaciones al suelo se analizaron en kg/ha para todos los casos. Entre los resultados encontrados se determina que el elemento nitrógeno es el más aplicado en todas las unidades productivas (figura 46). El elemento con menor aplicación es potasio para la mayoría de los casos, exceptuando la unidad del productor Rufo Amador donde el elemento con menor aplicación es fósforo con 7 kg/ha.

El productor José Pineda es quien realiza las mayores aplicaciones de N, P y K por medio de fertilizantes edáficos químicos sintéticos en su unidad productiva con 114 kg/ha de nitrógeno, 59 kg/ha de fósforo y 36 kg/ha potasio. Estos niveles de fertilización tienen una influencia directa en los rendimientos obtenidos por este señor (Pineda) quien sobresale entre todas las unidades productivas estudiadas por alcanzar los rendimientos más altos en café.

En la unidad de producción de Evelin Delgado se aplicó fertilizantes orgánicos siendo los menores niveles de adición de fósforo con 0.05 kg/ha y Potasio 0.06 kg/ha, de igual manera en esta unidad de producción se aplican elementos como Ca con 0.42 kg/ha, Mg con 0.04 kg/ha, Fe con 456.8 gr/ha, S con 12.3 gr/ha, Cu con 53.1 gr/ha, y Zn con 209.9 gr/ha, en concentraciones menores a la décima por ello no se reflejen en la figura 46 por ser datos imperceptibles. Las unidades de Pablo Ramos y Rufo Amador no se realizaron adiciones de fertilizantes.

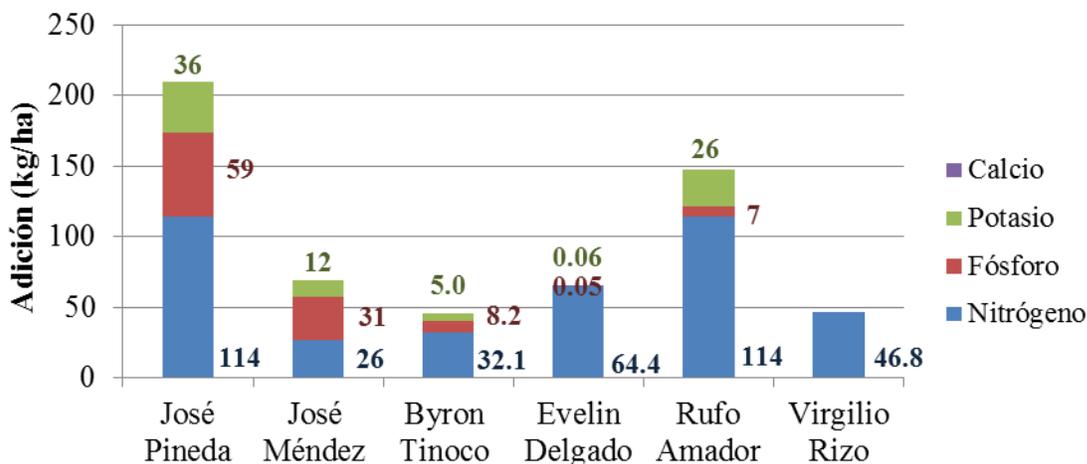


Figura 46. Estimación de adición de fertilizantes edáficos en kg/ha.

9.8.2 Niveles de adiciones de fertilizantes foliares.

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto (Trinidad y Aguilar, sf).

En 4 de las 8 unidades productivas estudiadas se realizaron fertilizaciones foliar pre y post floración, usando en un 100% productos químicos sintéticos. Dentro de los productos utilizados fueron: Bio-foliamin, Calcio Boro, Zinc, Tacre 10-11-7, Tacre K – NIR, Milagro y Bio-planta. Los niveles de fertilizantes foliares se evaluaron en dos unidades de medida ml/ha y kg/ha, por ser los métodos de aplicación en las unidades productivas y así poder relacionarlo con los productos utilizados.

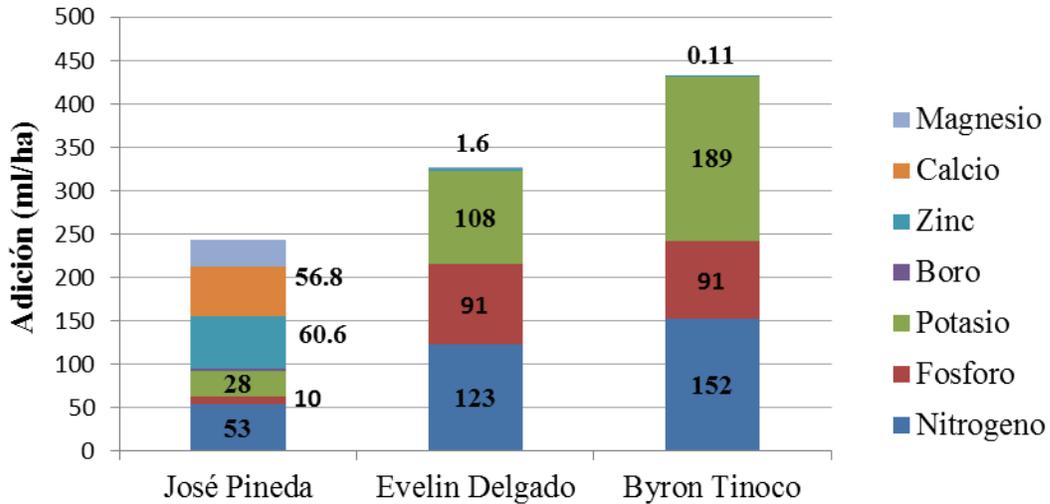


Figura 47. Estimación de adición de fertilizantes foliares en ml/ha.

Los rangos de aplicación de fertilizantes en ml/ha se demuestran en la figura 47, representados únicamente por las unidades de producción de los productores José Pineda, Evelin Delgado y Byron Tinoco, donde las mayores aplicaciones de N, P, K se realizan en la unidad de producción de Byron Tinoco con 152 ml/ha de N, 91 ml/ha de P, 189 ml/ha de potasio y 0.11 ml/ha de zinc.

El resto de elementos aplicados los niveles de aplicación son imperceptibles en la figura por ser las concentraciones muy bajas, mencionando que en la unidad de producción de Byron Tinoco solo se hacen aplicaciones de N, P, K, B, Zn. Para las unidades de producción de José Pineda y Evelin Delgado se realizan aplicaciones de todos los elementos descritos en la figura 47, pero con valores oscilando entre 120 hasta 0.2 mililitro por hectárea.

Los niveles de aplicaciones de nutrientes a través de vía foliar, en la unidad productiva del señor José Pineda son inferiores en N, P, K, no obstante los niveles del resto de nutrientes, son superiores (figura 47).

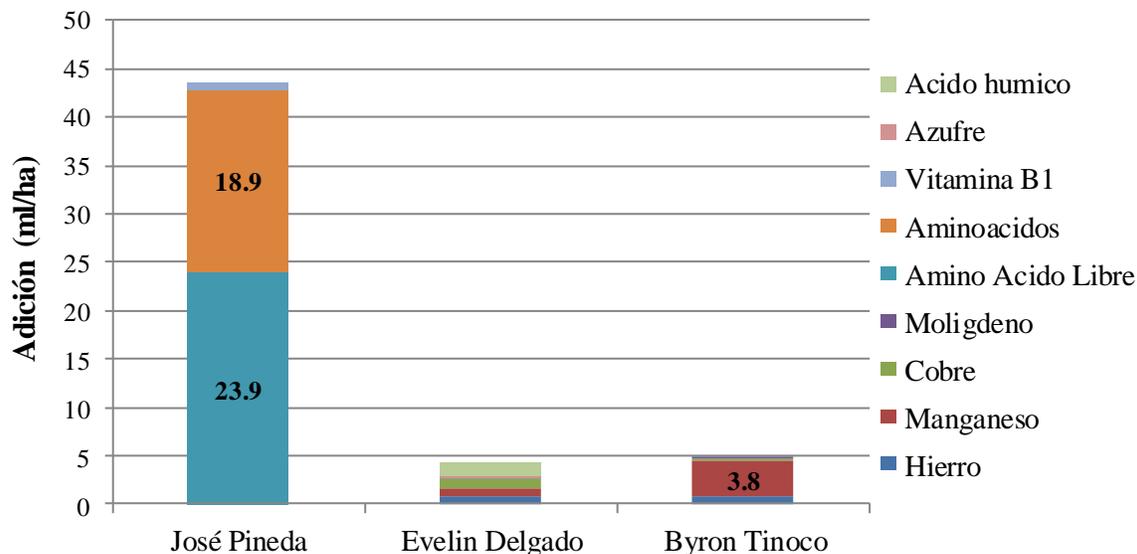


Figura 48. Estimación de adición de fertilizantes foliares en ml/ha.

En la figura 48, se aprecia la continuación de elementos de aplicados a través de vía foliar en ml/ha, siendo siempre en las mismas unidades productivas, los valores no superan los 25 ml/ha de aplicación por nutriente, para este caso es apreciable ver los niveles aminoácidos en la unidad de producción de José Pineda están mayor mente representados. En unidad productiva de Evelin Delgado se aplica con menor niveles los nutrientes reflejados en la figura, oscilando los valores entre 0.1 á 0.9 ml/ha. El manganeso en la unidad de producción de Byron Tinoco se encontró que se aplicó en mayor cantidad con 3.8 ml/ha.

Los niveles de aplicación de nutrientes en kilogramos por hectárea aplicados a través de fertilizantes foliares (figura 49), las unidades productivas estudiadas pertenecen a los productores Evelin Delgado y Rufo Amador, en donde los niveles de N fueron 0.2 kg/ha, P 0.2 kg/ha y K 0.3 kg/ha la unidad de producción de Rufo Amador. 0.2 kg/ha de fósforo y 0.8 kg/ha para K siendo el mayor nivel correspondiente a la unidad productiva del productor Evelin Delgado.

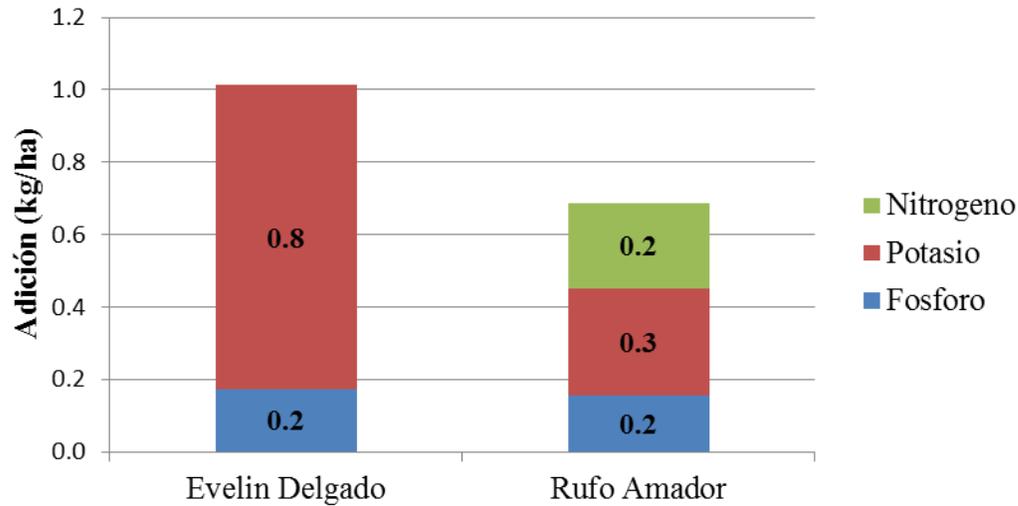


Figura 49. *Estimación de adición de fertilizantes foliares en kg/ha.*

Continuando con los nutrientes aplicados vía foliar en kilogramos por hectárea (Figura 50), los valores son mínimos para todos los casos siendo por debajo de la décima. En el caso de la unidad de producción productor Rufo Amador se aplicó elementos cuyas concentraciones se muestran en la figura 50, siendo muy mínimos, los elementos de mayor aplicación fueron zinc y hierro con 0.007 kilogramos por hectárea, para el caso de la unidad productiva de la cafetalera Evelin Delgado las mayores aplicaciones son de Magnesio con 0.002 kg/ha.

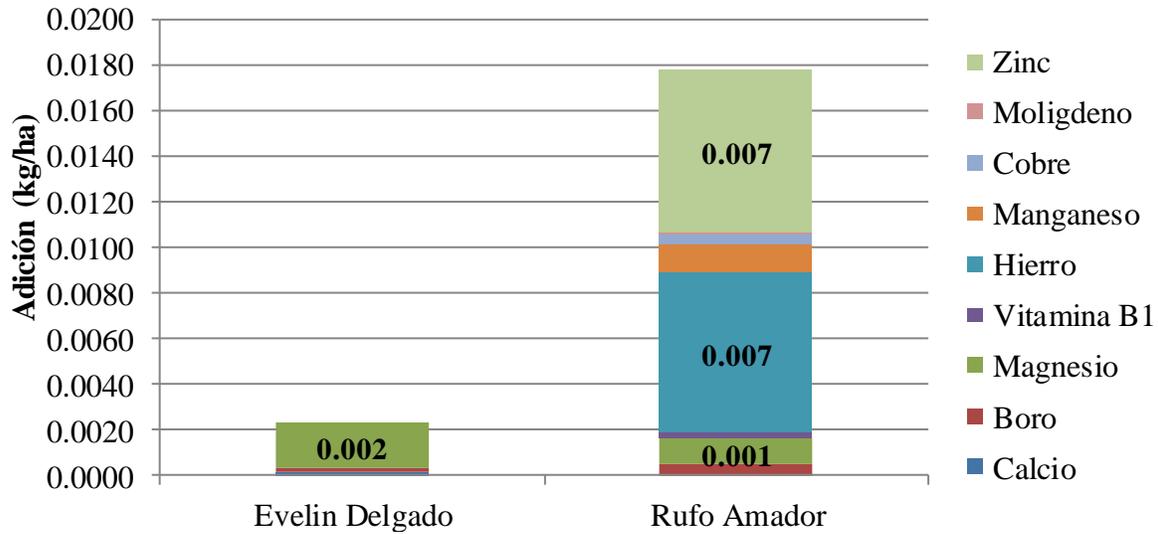


Figura 50. Estimación de adición de fertilizantes foliares en kg/ha.

9.9 Niveles de nutrientes en los suelos por medio de análisis foliar.

Los análisis foliares son utilizados para analizar el estado nutricional de las plantas, los esfuerzos por estandarizar la interpretación de los análisis foliares se iniciaron a fines de los años 60 y principios de los 70 (Lahav y Turner, 1992).

Se fundamenta el estudio de niveles de nutrientes en área foliar de banano, como indicador de fertilidad o estado de fertilidad de las unidades productivas. Existen diversos estudios que interpretan la nutrición a través de la área foliar en conclusión se realizó la descripción, nivel no crítico, nivel medio y nivel deficitario de los resultados encontrados según las investigaciones citadas (Stover y Simmonds, 1987).

La experiencia a través de esta investigación ha demostrado que en la interpretación de los análisis foliares no debe tenerse en cuenta solamente un nutriente, se deben tener en cuenta las relaciones entre nutrientes. Además, es necesario tomar en cuenta que en ciertas ocasiones se presentan factores que pueden afectar la normal absorción de nutrientes como condiciones de salinidad, drenaje o compactación que pueden confundir el diagnóstico.

Tabla 18. Niveles de nutrientes en área foliar de banano sin incluir nervadura central.

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	-----%-----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.90*	0.22*	4.12+	0.17*	2.00**	6*	15*	189+	80+
José Méndez	0.61*	0.28*	5.15+	0.17*	1.83**	8*	19+	279+	116+
Virgilio Rizo	0.87*	0.26*	4.56+	0.18*	1.87**	7*	17*	382+	81+
Ronal Cortedano	0.54*	0.25*	4.56+	0.21+	2.13**	7*	25+	238+	93+
Byron Tinoco	0.90*	0.29*	4.35+	0.18*	2.41*	6*	15*	300+	96+
Evelin Delgado	1.08+	0.26*	3.78+	0.18*	2.56*	7*	16*	368+	77*
Pablo Ramos	0.68*	0.26*	4.32+	0.17*	2.17**	9*	16*	296+	105+
Rufo Amador	1.03+	0.36+	3.65+	0.18*	2.41*	7*	16*	363+	101+

Nivel no crítico + Nivel Medio* Nivel Deficitario** (Fuente: Stover y Simmonds, 1987)

Los niveles de potasio, manganeso y hierro encontrados, expresan nivel no crítico en todas las unidades productivas, exceptuando la unidad de Evelin Delgado donde se encontró que el hierro se encuentra en nivel medio, nivel no crítico significa que no existe déficit de dichos nutrientes en las unidades.

Respeto al elemento calcio y magnesio según los resultados encontrados en las unidades de producción están en nivel medio, significa que es poco probable que los nutrientes sean deficitarios y tenga un efecto positivo en el crecimiento y alta productividad. Aunque en la unidad de Rufo Amador tanto el calcio y magnesio están en nivel no crítico al igual que el Mg en la unidad de Evelin Delgado.

El fósforo, cobre y zinc, se encontraron en niveles medios en la mayoría de unidades, expresando que puede existir déficit en los suelos y al estudiar los resultados de análisis de suelo se confirma que es probable un déficit especialmente de fósforo y zinc en las unidades de producción. En la mayoría de las unidades productivas el nitrógeno se encontró en niveles deficitario (tabla 18), demostrando así que puede existir deficiencia en los suelos provocando inadecuado desarrollo y productividad sostenible.

9.10 Fertilidad de suelo (propiedades químicas).

Para la evaluación de la fertilidad del suelo se realizó análisis químicos, cuyos resultados, sirvieron de guía para determinar la cantidad de nutrientes concentrados en el área productiva y relacionar la cantidad de nutrientes disponibles con la cantidad extraída por la cosecha de café, banano y leña. De igual manera sirven para tomar decisiones de prácticas de correcciones de acidez o alcalinidad, o remediar otros tipos de problemas.

Tabla 19. Propiedades químicas de los suelos.

Productor	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	N	C
	H ₂ O	-----cmol (+)/kg-----				-----mg/kg-----						%
José Pineda	6.2	0.08	15.50+	2.59+	0.33*	5.7**	7.3+	3.6*	15+	118+	0.36	3.34
José Méndez	6.6	0.09	13.19+	4.22+	0.74+	4.5**	7.3+	4.3*	25+	78+	0.33	3.28
Virgilio Rizo	6.3	0.09	19.03+	4.43+	0.26*	4.7**	10.1+	3.5*	14+	91+	0.35	3.34
Ronal Cortedano	6.5	0.06	11.86+	3.75+	0.28*	3.1**	10.9+	4.7*	16+	100+	0.33	3.49
Byron Tinoco	6.2	0.12	10.51+	2.80+	0.24*	4.1**	12.5+	5.5*	40+	133+	0.34	3.47
Evelin Delgado	6.1	0.07	17.50+	4.74+	0.38*	4.0**	9.1+	4.9*	30+	69+	0.34	3.34
Pablo Ramos	5.8	0.11	11.97+	3.46+	0.15*	9.6**	16.7+	5.3*	26+	197+	0.35	3.33
Rufo Amador	6.1	0.07	15.83+	5.74+	0.34*	3.9**	8.8+	3.4*	34+	90+	0.33	3.16

Nivel Óptimo+. Nivel Deficiente**. Nivel Crítico*. Fuente: Guía para la interpretación de análisis de suelo utilizada por el CATIE.

9.10.1 pH

No se observaron diferencias para la mayoría de las unidades productivas. Los rangos de pH se clasifican en: bajo o ácido (5), medio o neutro (5.5 - 6.5), alto o alcalino (>6.5).

Los valores de pH fueron medios o neutros en la mayoría de las unidades productivas, los menores valores de 5.8 ligeramente ácido, se encontraron en la unidad de producción del productor Pablo Ramos, y el mayor pH de 6.6 alto o alcalino se da en los suelos del productor José Méndez. Tan solo el 12.5% de la muestra 1 de 8 productores realizó prácticas de regulación de pH.

9.10.2 Macroelementos.

Los macronutrientes son llamados así porque las plantas los requieren en grandes cantidades Kourous, (2006). En el presente estudio se estudiaron los macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, en todas las unidades productivas.

Nitrógeno

El Nitrógeno es un constituyente de las sustancias más importantes de la célula, se ha demostrado tanto a nivel experimental como en plantación comercial que el nitrógeno es el elemento aplicado en cantidades más altas en el cafetal (Herrera, sf).

Los análisis de nitrógeno son nitrógeno total. La aplicación de nitrógeno se realiza de forma fraccionada de una a dos veces al año, el 75% compuesto por 6 productores de la muestra aplica fertilizantes nitrogenados. Al igual es importante estudiar los aportes por la fijación de nitrógeno por los árboles de sombra.

Fósforo

Los contenidos de fósforo se encontraron en nivel deficiente para todos los casos, es decir las disponibilidades de estos elementos no se encuentran en cantidades suficientes para las plantas pero no tienen mucho efecto negativo. El mayor valor con 9.6 mg/kg se encuentra en la unidad productiva de Pablo Ramos, la segunda unidad productiva con mayor valor de fósforo pertenece al productor José Pineda encontrándose 5.7 gr/ha el contenido de P en la unidad de producción del señor Ronal Cortedano es de 3.1 mg/kg ubicándose en el rango más bajo.

Calcio

Las concentraciones encontradas de calcio están en nivel óptimo en todas las unidades productivas, es decir las disponibilidades son adecuadas para el óptimo desarrollo y productividad sostenible. Las concentraciones más altas encontradas corresponden a las unidades productivas de Virgilio Rizo con 19.03 cmol (+)/kg, 17.50 cmol (+)/kg en la unidad de Evelin Delgado, 15.83 cmol (+)/kg para la unidad de producción del productor Rufo Amador y con 15.50 cmol (+)/kg para la unidad de producción de José Pineda.

El resto de unidades comprenden valores entre 13.19 cmol (+)/kg hasta 10.51 cmol (+)/kg. Tabla 19. Los valores altos de disponibilidad de Ca en los suelos, orientan que puede existir efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Magnesio

Los niveles de Mg al igual que en calcio son óptimos en todas las unidades de producción. Las unidades productivas de los cafetaleros Byron Tinoco y José Pineda presentan niveles medios de Mg con 2.80 cmol (+)/kg y 2.59 cmol (+)/kg respectivamente. Tanto el calcio, potasio y magnesio tienen funciones en la célula de la planta. Se ha demostrado que existe una relación inversa entre el K y el Mg en el cultivo del café, reflejando la inhibición competitiva del K en la absorción de magnesio, Herrera (1995) citado por Herrera (sf).

Potasio

Los valores encontrados para K en suelo, presentaron diferencias entre cada uno de las unidades estudiadas. Los niveles críticos encontrados corresponden a las unidades productivas de Byron Tinoco con 0.24 cmol (+)/kg, Rufo Amador con 0.34 cmol (+)/kg, Evelin Delgado con 0.38 cmol (+)/kg, Ronald Cortedano 0.28 cmol (+)/kg Virgilio Rizo 0.26 cmol (+)/kg José Pineda con valores de 0.33 cmol (+)/kg y Pablo Ramos con 0.15 cmol (+)/kg. Se encontró nivel óptimo con 0.74 cmol (+)/kg correspondiente a la unidad de producción de José Méndez.

Es importante estudiar estas deficiencias ya que se presentan en la mayoría de las unidades, recordemos los altos niveles de extracción de este elemento por las cosechas de banano.

9.10.3 Microelementos.

Los micronutrientes cobre, zinc, manganeso y hierro estudiados en mg/kg, llamados así porque la planta los requiere en menores cantidades pero de igual manera son importantes, porque la ausencia descontrola el equilibrio entre los nutrientes, ocasionando trastorno en las plantas.

Cobre

Los niveles encontrados fueron óptimos para todas las unidades productivas, el mayor nivel se encontró en la unidad de producción del señor Ronal Cortedano con 16.7 gr/kg, la segunda mayor concentración con valor de 12.5 gr/kg se identificó en la unidad de producción del cafetalero Byron Tinoco. Los menores contenidos de cobre se encontraron en las unidades de producción de los cafetaleros José Méndez y José Pineda con 7.3 gr/kg para ambos casos.

Zinc

Las concentraciones de zinc se encontraron en niveles críticos en todas las unidades productivas. Es decir que es probable que estas disponibilidades afecten el desarrollo de las plantas y el equilibrio entre nutrientes.

El zinc activa diversos procesos enzimáticos: la fosforilización de la glucosa y la formación de almidón, activa peptidasas, condensación de aminoácidos a proteínas y la síntesis del ácido indolacético y del triptófano (Herrera sf). Los mayores contenidos de Zn se presentan en la unidad de producción del señor Byron Tinoco con valor de 5.5 mg/kg. El menor valor corresponde para la unidad de producción de Rufo Amador con 3.4 mg/kg

Manganeso

Las concentraciones de Mn resultaron estar en niveles óptimos para todos los casos. En la investigación de Herrera (sf), en suelos muy ácidos, se presentan niveles altos de manganeso, que dificulta la absorción de Hierro y Zinc, con consecuencias negativas en la producción.

Al relacionar estos resultados con el presente estudio se confirma lo planteado por Herrera (sf), como es el caso de la unidad de producción del señor Byron Tinoco donde presentan las mayores concentraciones de Mg con 40 mg/kg y coincidentemente es la unidad de producción con mayor acidez.

Hierro

El microelemento Fe es el de mayor concentración en todas las unidades productivas, según los resultados de laboratorio el elemento hierro está en niveles óptimos (tabla 19).

Los contenidos más altos de hierro se presentaron en la unidad de producción del cafetalero Pablo Ramos con 197 mg/kg, la segunda unidad con mayor concentración de Fe en el suelo corresponde a la unidad de producción del señor Byron Tinoco con 133 mg/kg y la unidad de producción con menores valores de hierro con 69 mg/kg se encontró en la unidad de producción de la señora Evelin Delgado.

Los suelos con altos contenidos de manganeso presentan problemas en la absorción de hierro por las plantaciones de café. Aunque si la deficiencia de hierro no es severa, la producción de la planta no se ve seriamente afectada (Herrera, sf). Con el presente estudio se logró determinar que los niveles de absorción de hierro por las cosechas tanto de banano y café se disminuyen cuando se encuentran altas concentraciones de manganeso en los suelos como es el caso de la unidad de producción del productor Byron Tinoco.

9.11 Análisis de balance de nutrientes.

Las relaciones entre las variables; niveles de extracción de nutrientes, aporte y disponibilidad, se emplean para determinar el balance nutricional de las unidades productivas.

En términos generales se determina que existe déficit del elemento potasio en todas las unidades productivas, donde las extracciones son altas y los aportes en algunas unidades productivas no suplen los niveles de extracción por lo tanto los balances son negativos. En este caso es necesario incorporar potasio por medio de fertilizantes, reponiendo los niveles de extracción. Al estudiar los análisis de suelo el potasio está en nivel medio, este elemento es altamente extraído principalmente por el cultivo de banano, por lo tanto es importante reponer los niveles de extracción y no desgastar la fertilidad de las unidades productivas.

Los análisis de nitrógeno, fósforo y calcio, determinan que existe un balance positivo y los mayores niveles son en nitrógeno en todas las unidades de producción, encontrando que los suelos tienen niveles adecuados de N, P y Ca, por lo cual no hay necesidad de aplicar mucho nitrógeno, fósforo y calcio, a excepciones de las unidades de producción de los productores Rufo Amador y Evelin Delgado donde los balances de fósforo indican que existe deficiencia y hay necesidad de incorporar fósforo a las unidades de producción.

Los balances de micronutrientes son negativos en todas las unidades de producción, por medio del análisis de suelo se determina que los micronutrientes a excepción del zinc se encontró en disponibilidades adecuadas en todas unidades de producción, por lo tanto no hay necesidad de reponer en exceso estos micronutrientes por medio de fertilizantes.

Con anterioridad se estudió los niveles de nutrientes que contienen los residuos de cosechas que se pueden ser utilizados como alternativa de fertilización a las unidades de productivas, no así en ninguna de las ocho unidades productivas estudiadas se utiliza estos residuos como fuente alternativa de fertilización.

Tabla 20. Balance de nutrientes.

Productor: José Pineda										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	2,195 (kilogramos)	3.9	47.3	3.7	50.1	3.3	337	2005	296	3634
Cosecha Banano	366 racimos (últimos 12 meses)	1.2	6.4	0.9	21.1	1.2	3.1	9.6	29.8	59.9
Aprovechamiento de leña	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		5.1	53.7	4.6	71.2	4.5	340.1	2014.6	325.8	3693.9
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	18-25-5-0; 20-20-20; 18-30-0; Biofoliamin; Calcio-Boro; zinc; Urea	0.06	114	59	36	0.03	0	60.6	0	0
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	114	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0.06	114	59	36	0.03	0	60.6	0	0
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-5.04	60.3	54.4	-35.2	-4.47	-340.1	-1954	-325.8	-3693.9

A través del balance se determina que en el área de producción del señor José Pineda existe un balance negativo en la mayoría de los nutrientes, debido a las bajas tasas de reposición, lo cual determina índices crecientes de empobrecimiento en los elementos como calcio, potasio, magnesio, en el caso de los macronutrientes, de igual manera en los micronutrientes como cobre, zinc, manganeso y hierro estos significa que se extraen más nutrientes que los que entran a la unidad. En el caso del nitrógeno y fósforo estos se encontraron en balance positivo, significa que el nivel de aporte es mayor que el que se extrae, es probable que en esta unidad se disminuyan las adiciones de estos nutrientes ya que se está gastando dinero y tiempo.

Tabla 21. Balance de nutrientes.

Productor: José Méndez										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	2.1	24.9	1.8	27.5	1.6	178	1096	152	1905
Cosecha Banano	276 racimos (últimos 12 meses)	1.2	6.7	0.8	22.8	1.3	3.4	9.7	31.5	54.3
Aprovechamiento de leña	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		3.3	31.6	2.6	50.3	2.9	181.4	1105.7	183.5	1959.3
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	15-15-15; 18-41-0	0	26	31	12	0	0	0	0	0
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	22	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0	48	31	12	0	0	0	0	0
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-3.3	16.4	28.4	-38.3	-2.9	-181.4	-1105.7	-183.5	-1959.3

Los análisis de balance determinaron que en la unidad productiva del señor José Méndez existe un balance negativo en cuanto a los micronutrientes cobre, zinc, manganeso y hierro siendo que las cantidades exportadas son más que las que se aportan a la unidad de producción, esto causado por la baja reposición de estos elementos una vez extraídos por las cosechas, de acuerdo a los macronutrientes como nitrógeno y fósforo el balance encontrado fue positivo, significa que no se está desgastando la disponibilidad de estos elementos de la unidad de producción, no así con respecto a calcio, potasio y magnesio se encontró balance negativo, ósea se está extrayendo más de lo repuesto o aportado al suelo.

Tabla 22. Balance de nutrientes

Productor: Ronal Cortedano										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	3.8	42.7	3.5	47.9	2.9	298	1841	254	3171
Cosecha Banano	311 racimos (últimos 12 meses)	1.4	8.4	1.2	27.7	1.9	4.3	16.1	49.8	40.2
Aprovechamiento de leña	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		5.2	51.1	4.7	75.6	4.8	302.3	1857.1	303.8	3211.2
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	14.1	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0	14.1	0	0	0	0	0	0	0
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-5.2	-37	-4.7	-75.6	-4.8	-302.3	-1857.1	-303.8	-3211.2

A través de la realización de balance, se encontró que para la unidad productiva del cafetalero Ronal Cortedano existe un balance negativo en todos los nutrientes estudiados, ya que la cantidad de nutrientes que se está extrayendo es mayor a la cantidad que se está aportando a la unidad. Significa que se está gastando la fertilidad del suelo, según los resultados de análisis de suelo en la mayoría de los elementos a excepción del zinc las disponibilidades son óptimas y medias, significa que estos balances negativos no necesariamente reducen la productividad, esto fue notable en los rendimientos productivos obtenidos, pero es necesario reponer los nutrientes porque es probable que con el transcurso del tiempo la productividad disminuya.

Tabla 23. Balance de nutrientes

Productor: Byron Tinoco										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	2.1	25.9	1.8	26.3	1.7	177	1047	156	1870
Cosecha Banano	391 racimos (últimos 12 meses)	0.8	5.8	0.6	17.4	1	2.7	9.3	25.4	23.2
Aprovechamiento de leña	2.64 (metros cúbicos de guaba)	2.5	3.8	0.2	2.3	0.2	3.4	3.0	7.3	41.4
SUMA SUBTOTAL		5.4	35.5	2.6	46	2.9	183.1	1059.3	188.7	1934.6
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	10-30-10; Bioplanta	0	32	8	5	0	0.1	0.11	3.8	0.8
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	14.4	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0	46.4	8	5	0	0.1	0.11	3.8	0.8
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-5.4	10.9	5.4	-41	-2.9	-182.3	-1059.2	-184.9	-1933.8

En el área de producción del cafetalero Byron Tinoco se encontró balance negativo, causado por las altas extracciones siendo mayor que las reposiciones, lo cual determina índice de empobrecimiento en cobre, zinc, manganeso y hierro, cabe destacar que ocurre lo mismo en el caso del calcio, potasio y magnesio. No así en el caso de nitrógeno y fosforo que se encontró un balance positivo ya que las cantidades que son extraídas son de proporciones mínimas en comparación con las aportadas al suelo. Se debe considerar que los cultivos necesitan otros nueve elementos suministrados por el suelo que también son exportados en los granos de café, racimos de banano y poda de árboles en distintas cantidades.

Tabla 24. Balance de nutrientes

Productor: Virgilio Rizo										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	1.4	15.2	1.2	16.9	1.1	111	654	94	1241
Cosecha Banano	250 (racimos, últimos 12 meses)	0.5	3	0.5	10.2	0.6	1.7	37.6	23	20.5
Aprovechamiento de leña	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		1.9	18.2	1.7	27.1	1.7	112.7	691.6	117	1261.5
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	Urea	0	47	0	0	0	0	0	0	0
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	36.2	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0	83.2	0	0	0	0	0	0	0
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-1.9	65	-1.7	-27.1	-1.7	-112.7	-691.6	-117	-1261.5

De acuerdo al balance encontrado para la unidad productiva del cafetalero Virgilio Rizo existe un balance negativo, para los elementos calcio, fosforo, potasio, magnesio, zinc, manganeso y hierro, debido a las nulas tasas de reposición a exceción del nitrógeno, lo cual se encontró índice de balance positivo ya que se extrajo en proporciones mínimas en comparación con las cantidades que se aportaron.

En esta unidad de producción fue donde se realizaron las menores cosechas de café y banano por lo tanto las menores extracciones de nutrientes, debido al mal manejo de tejido de plantas ya que las disponibilidades de nutrientes en el suelo son óptimas y no perjudican el desarrollo, no obstante es importante implementar prácticas de fertilización y adecuado manejo de tejido, ya que probablemente aumente la productividad, ya que paulatinamente se está empobreciendo la fertilidad del suelo y la productividad disminuirá.

Tabla 25. Balance de nutrientes

Productor: Evelin Delgado										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	2.1	27.4	2	31	1.7	177	1029	154	1884
Cosecha Banano	212 racimos (últimos 12 meses)	1.3	8	0.8	22.6	1.4	4.2	9.8	48.4	29.8
Aprovechamiento de leña	7.68 (metros cúbicos de cacao)	12.5	22.2	2.7	43.5	6.0	19.9	82.5	116.6	170.7
SUMA SUBTOTAL		15.9	57.6	5.5	97.1	9.11	201.1	1121.3	319	2084.5
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	Urea, Tacre 10-11-7, Tacre K – NIR,	0.0004	0.1	0.26	0.95	0.002	0.9	1.6	0.9	0.9
Abonos orgánicos	Bio-green	0.42	0.08	0.05	0.06	0.04	53	210	0	457
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	2.4	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0.4204	2.58	0.31	1.01	0.042	53.9	211.6	0.9	457.9
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-14.9	-55.02	-5.19	-96.09	-9.1	-147.2	-909.7	-318.1	-1626.6

En el caso de la unidad de producción de la cafetalera Evelin Delgado se encontró un desbalance negativo en todos los nutrientes, ya que las exportaciones de nutrientes por las cosechas de café, banano y poda de leña son mayores que las que se reponen por medio de adiciones de fertilizantes y abonos. Las altas extracciones de nutrientes se deben principalmente por los niveles extraídos por medio de los volúmenes de leña, es importante implementa un mejor manejo en esta unidad de producción, por que se está empobreciendo aceleradamente la fertilidad del suelo por la especie arbórea utilizada como sombra.

Tabla 26. Balance de nutrientes

Productor: Pablo Ramos										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	3.3	42.8	3.3	43.7	3	293	1714	259	3257
Cosecha Banano	302 (racimos, últimos 12 meses)	1	8.3	0.8	23.2	1.4	3.5	12.3	28.7	56.8
Aprovechamiento de leña	7.94 (metros cúbicos de guaba)	12.6	19.1	1.1	11.5	1	17.1	15.3	37	209.7
SUMA SUBTOTAL		16.9	70.2	5.2	78.4	5.4	313.6	1741.6	324.7	3523.5
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	9.5	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0	9.5	0	0	0	0	0	0	0
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-16.9	-60.7	-5.2	-78.4	-5.4	-313.6	-1741.6	-324.7	-3523.5

Una vez realizado el balance, se encontró que en la unidad productiva del señor Pablo Ramos existe un desbalance en los macronutrientes como nitrógeno, calcio, fósforo, potasio y magnesio, lo mismo ocurre en el caso de los micronutrientes cobre, zinc, manganeso y hierro, ya que las cantidades extraídas son más que las que se reponen al suelo por medio de fertilizantes, hay que tomar en cuenta que a largo plazo si se sigue con este ritmo de extracciones sin ninguna o baja reposición de nutrientes a la unidad de producción se provocara que el suelo se empobrezca causando que la producción descienda paulatinamente.

Al estudiar las disponibilidades de nutrientes en el suelo estos se encuentran en niveles óptimos a excepción del potasio y zinc, por lo tanto el balance negativo probablemente no perjudica la productividad pero es necesario realizar prácticas de fertilización caso contrario las cosechas pueden disminuir por medio se empobrezca la fertilidad del suelo.

Tabla 27. Balance de nutrientes

Productor: Rufo Amador										
Salida	Cosecha	Kilogramos					Gramos			
		Ca	N	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Cosecha Café	1,293 (kilogramos)	2.4	29	2.1	30	2	208	1244	191	2230
Cosecha Banano	343 racimos (últimos 12 meses)	0.5	3.4	0.4	10.7	0.7	1.8	8.9	16.9	24.7
Aprovechamiento de leña	5.68 (metros cúbicos de guaba)	3.5	0.3	3.2	0.3	5.3	4.7	4.2	10.2	57.7
SUMA SUBTOTAL		6.4	32.7	5.7	41	8	214.5	1257.1	218.1	2312.4
Entrada	Formula	Kilogramos					Gramos			
Fertilizantes	18 - 6 - 12, Urea, Milagro	0	114	7.2	26.8	0.001	0.5	7.1	1.2	7.1
Abonos orgánicos	Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada de nutrientes por fijación de nitrógeno en los árboles leguminosas de sombra		0	66.5	0	0	0	0	0	0	0
SUMA SUBTOTAL		0	181	7.2	26.8	0.001	0.5	7.1	1.2	7.1
BALANCE (ENTRADA - SALIDA)		-6.4	148.3	1.5	-14.2	-7.9	-214	-1250	-216.9	-2305.3

Una vez analizado el balance se demuestra que en la unidad productiva del señor Rufo Amador existe un balance negativo de los nutrientes del suelo debido a las bajas tasas de reposición, lo cual determina índices crecientes de empobrecimiento en: calcio, magnesio, potasio, cobre, zinc, manganeso y hierro, por otro lado en el caso del nitrógeno y fósforo se da un balance positivo ya que las cantidades que son extraídas son en proporciones mínimas en comparación con los contenidos aportados al suelo.

Se debe considerar que las unidades productivas requieren suministro de nutrientes, luego de ser extraídos por las cosechas en los granos de café, racimos de banano y poda de árboles en diferentes cantidades, evitando el empobrecimiento del suelo y la baja productividad.

X. CONCLUSIONES.

Se logró determinar que la cantidad de nutrientes extraídos por las cosechas de café, banano y leña, tiene gran relación con las aportaciones recibidas por el sistema de producción, en base a esto se acepta la hipótesis específica 1.

En la mayoría de las áreas productivas del sistema café con banano se logró la incorporación de altas adiciones de fertilizantes, de igual forma el alto nivel de producción de café con banano demostraron las mayores extracciones de nutrientes, disminuyendo así la gran cantidad de nutrientes que una vez estuvieron disponibles en el suelo y dentro de los análisis realizados existe un desbalance en la mayoría de los elementos analizados, no así en el caso de nitrógeno y fósforo que se encuentran estables en el suelo, en base a esto se acepta la hipótesis específica 2.

Se logró determinar que las áreas productivas de café con banano realizan la poda de árboles para la regulación de sombra bianualmente y que solo el 50% logro realizarla, destacando así altos contenidos en las extracciones de nutrientes, de igual forma se encontró balances negativos para la mayoría de los nutrientes, exceptuando el nitrógeno y fósforo que se encuentran en niveles adecuados en el suelo en base a esto se acepta la hipótesis específica 3.

Se logró determinar que la mayoría de los productores cafetales utilizan los fertilizantes edáficos y foliares en la preparación y desarrollo de sus cultivos logrando un mayor rendimiento en las cosechas por ende se acepta la hipótesis 4.

Se encontró que en la mayoría de las áreas productivas del sistema café y banano en cuanto a la fertilidad de los suelos no se encuentran en rangos óptimos con lo cual rechazamos la hipótesis 5

XI. RECOMENDACIONES.

Que los productores cafetaleros realicen un mejor manejo en cuanto a la incorporación de los elementos nutricionales que son fundamentales para el desarrollo y rendimiento del sistema café con banano, para evitar la reducción y pérdida de la fertilidad de los suelos, que están siendo afectadas por la carencia de nutrientes.

Tomar en cuenta la importancia de los productos residuales por sus contenidos nutricionales, como una forma de fertilización natural o reciclaje de nutrientes sin costo alguno ya que al incorporarlos al suelo, estos aportan elementos esenciales a los cultivos que posteriormente incrementan el desarrollo y rendimiento de las cosechas.

Se recomienda las implementaciones de buenas prácticas de manejo que conlleven a un buen nivel nutricional de los sistemas café con banano, evitando así el desgaste de la fertilidad en los suelos y las bajas productividades de las cosechas.

Estudiar la disponibilidad de nutrientes en las unidades de producción y en base a ello utilizar fórmulas que garanticen el balance de los elementos, la interacción entre suelo - plantas y la sostenibilidad de producción.

XI. BIBLIOGRAFIA

Alvarado, R; G, Rojas. 2007. El cultivo y beneficiado de café. ISBN. 9977-64-768-2. San José, Costa Rica. 27p.

Augstburger F; J, Berger. U, Censkowsky. P, Heid. J, Milz. C, Streit. 2001. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Asociación Naturland. Segunda edición. 40p.

Alcaldía municipal El Cuá, 2010. Base de datos de cultivos permanentes existentes en archivos, año 2010.

Beer, J. 1995. Efecto de los árboles de sombra la sostenibilidad de un cafetal. PROMECAFE, Guatemala. 20p

Castro, F; E, Montes. M, Raine. 2004. Centroamérica la crisis cafetalera: efectos y estrategias para hacerle frente. San José, CR, Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working Paper 23. 128p.

Cuadra, M; Y, González. 2004. Estandarización de unidades de medida y cálculos de volúmenes de madera. INAFOR. 22p.

Cubero, D. 1996. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 278 p.

Cantero, V. 2001. Café orgánico; fertilización orgánica. Guía técnica. 24p

Chavarría, F. 2009. Compendio suelos I: protocolo para muestreo de suelo. Asignatura: Suelos II. UNAN Managua.

Chavarría, F. 2010. Compendio de energías alternativas sostenibilidad II. UNAN Managua.

Doran, J; M, Sarrantonio. M, Liebig. 1996. Soil health and sustainability. Adv. Agron 56: 54p.

Echarri, L. 1998. Libro electrónico “Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente”. 200p.

Espinoza, S. 2001. Programa de diversificación de productos en zonas cafetaleras El Cuá y Wiwili. FONDEAGRO. Jinotega. 80p.

Fassbender, H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 491p.

Fúnez, R; A, Trejo. A Pineda. 2004. Un enfoque de manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos. Centro de Investigación y Capacitación “Jesús Aguilar Paz”. 36p.

Flores, S; F, Alvarado. 2005. Caracterización municipal El Cúa. IDR. 68p.

García, A. 1993. Sintomatología de las deficiencias nutricionales en cacao. ICA, Colombia.

García, R. 1998. Guía para la toma de muestras de suelo. Centro de Investigaciones de la Región Centro Campo Experimental Pachuca. Pachuca, México. 6p.

George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 101 p.

Gil, J; Y, Espinoza. N Obispo. 2005. *Relaciones suelo-planta-animal en sistema silvopastoriles* [en línea]. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gil_1/arti/gil_1.htm. Consultado 10 Octubre 2010.

Guerrero, J. 1997. Estudio de diagnóstico y diseño de beneficios húmedos de café. IICA-Nicaragua & PROMECAFE. 80p.

Hernández, J; E, Ibarra. 1997. El marco conceptual de la sostenibilidad en la modernización de la caficultura en el entorno tecnológico del IICA/PROMECAFE. Panel de Agricultura sostenible. ed. ICAFE. San José, Costa Rica, IICA-PROMECAFE. 30p

Herrera, J. sf. Suelo nutrición y fertilización. Capítulo 7. 24p.

Hernández, G. J, Beer. H, Von Platen. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arábica* cv Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones de sombra en Costa Rica. Agroforesteria en las Américas. 13p.

Hurtado, B. 2003. Guía para la toma de muestra de plantas. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. 13p.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). sf. Estudio de cadena de comercialización del café. 40p

Ibáñez, C; S, Palomeque. F, Fonturbel. 2004. Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo. Ed. Publicaciones Integrales, La Paz.

Jaramillo, R; G, Gómez. 1989. Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. CENICAFÉ. Colombia. 79p

Jiménez, F ; R, Muschler. E, Kopsell. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 187p

Kourous, G; 2006. “Propiedades Físico-Químicas del Suelo y su Relación con los Movimientos del Agua. Oficial de Información, FAO.

Lara, L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la Calidad del café (*Coffea arabica L. var. Caturra*) producido en sistemas agroforestales en la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. CATIE. Costa Rica; Turrialba. 106p

Lahav, E; D, Turner. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín N° 7. INPOFOS. Quito, Ecuador. 71p

López, A; P, Solís. 1992. Síntomas de deficiencias minerales en el cultivo del banano. I Etapa: Calcio, Magnesio, Zinc y Boro. In: Informe anual Corporación Bananera Nacional S.A. San José, Costa Rica. 32p

López, D. 2009. Efecto del vertido directo de las aguas mieles en la calidad físico-química del agua de la Subcuenta del Río Jigüina, Jinotega-Nicaragua. UNAN-FAREM - Estelí. 124p

Monroig, M. sf. Manual de caficultura sostenible. Manual para una caficultura sostenible en Puerto Rico. [En línea] <http://wwwC:\Users\ACEREXTENSA5630Z\Desktop\Manualdecafesostenible_files\id24_m.htm. [Fecha de consulta: 21/03/2011] Fecha de actualización. SF

Núñez, J. 2000. Fundamentos de Edafología. ISBN. 9977-64-148-X. Segunda Edición. 96p

Osorio, L; M, Gómez. M, Zepeda. P, Garcia. 2004. Estrategia para la conservación y diversificación competitiva de la caficultura en Nicaragua. MAGFOR. 127p

Paz, I; Sanchez, M. 2007. Relación entre dos sistemas de sombrero de café y algunas propiedades físicas del suelo en la meseta de Popayán. Vol. 5. Número 2. 5p

Pérez, A; C, Bustamante. P, Rodríguez. R, Viñals. 2005. Influencia de la Fertilización Nitrogenada sobre la Microflora Edáfica y Algunas Condiciones del Crecimiento y el Rendimiento de *Coffea canephora* Pierre Cultivado en suelo Pardo Ócrico sin Carbonatos. Rev. Cultivos Tropicales. Vol. 26. No. 2. 71p

Pérez, L. 2000. Prácticas culturales para aumentar la productividad del banano. En: Informe anual de CORBANA, 1999. San José, Costa Rica.

Ramírez, F. sf. Fertilización foliar. Corporación Misti S.A. 21p

Rathinavelu, R; G, Graziosi. 2005. Posibles uso alternativos de los residuos y subproductos del café. 5p

Rivas, C. 2008. El Café en Nicaragua Análisis y Descripción del Comportamiento del Rubro. 45p

Rivera, J; A, Gómez. 1992. El sombrero en los cafetales protege los suelos de la erosión. Avances Técnicos Cenicafe (Colombia), No.177. 1-8p

Romig, D; M, Garlyng. S, Harris. R, Meyer. 1995. How farmers assess soil health and quality. J. Soil Water Conservation. 236p

Rosales, F; L, Pocasangre. J, Trejos. E, Serrano. W, Peña. 2008. Guía de Diagnóstico de la Calidad y salud de Suelo Bananero. Editor: PhD Franklin E Rosales,

Sánchez, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. Conceptos Básicos. 19p

Sadeghian, S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Cenicafé. Chinchina-Caldas-Colombia. ISSN 0120-047 X. 45p

Sadeghian, S; M, Mejía. P, Arcila. 2006. Composición elemental de frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha en la zona cafetera de Colombia. CENICAFE 57(4). 256p

Senisterra, E; M, Marlats. G, Ducid 2008. Fuste comercial de clones del género Populus: relación entre volumen y densidad de la madera con nutrientes inorgánicos. Tomo XL. N° 1. 49p

Sosa, M; M, Ordoñez. sf. Uso y manejo de sombra en los cafetales. Capítulo 6. 9p.

Stover, R.H; Simmonds, N.W (1987) Tropical Agriculture Series, Longman, London, UK. Bananas, 3rd edition 467 p.

Trinidad, A; D, Aguilar. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el Rendimiento de los cultivos. RRA Latinoamericana, julio-septiembre, año/vol. 17, número 003 Universidad Autónoma Chapingo, México. 255p

ANEXOS

Anexo Nº 1. Cronograma de Actividades.

Actividades	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Mar-Jun	Julio	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Redacción de Protocolo de Investigación	x	x	x	x																											
Reconocimiento y caracterización de las fincas					x	x	X	x																							
Localización, Extensión, Altitud, Coordenadas					x	x	X	x																							
Información de producción					x	x	X	x																							
Área de lotes					x	x	X	x																							
Pendiente					x	x	X	x																							
Evaluación y selección								x																							
Densidad poblacional de café y banano									x	X																					
Inventario de árboles									x	X																					
Caracterización de componentes arbóreos										x	X	x	x																		
Contabilización y pesado de cosecha en banano									x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Muestras en fruto de banano (pulpa – cascara)															x		x		x		x										
Extracción muestras de pinzote																							x	x	x	x	x				
Extracción de muestras en hojas de banano																								x							
Contabilización y pesado de cosecha de café									x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Extracción de muestras en componentes de café													x		x		x		x		x		x								
Determinación de volúmenes de madera									x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Extracción muestras de leña																	x	x													
Muestra de suelo																	x	x													
Monitoreo de aplicaciones de fertilizantes									x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Cálculos de biomasa y densidad en leña																								x	x	x	x				
Pesaje de racimos en planta empacadora																								x	x	x	x				
Determinación de peso de pedicelos																								x	x	x	x				
Análisis de datos – Redacción de informe final																													x	x	
Presentación y publicación de la investigación																														x	

Anexo No 2.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
FAREM - MATAGALPA.

EXTRACCION DE NUTRIENTES EN SISTEMA DE PRODUCCION DE CAFÉ CON BANANO
MUNICIPIO EL CUA - JINOTEGA 2010 – 2011.

Plan de trabajo - Estudio CATIE MESOTERRA

FECHA	ACTIVIDAD	LUGAR	RESULTADOS ESPERADOS	OBSERVACIONES
SEPTIEMBRE / 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y selección de productores socios de cooperativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Municipio El Cuá 	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr determinar los posibles productores de fincas a estudio. 	
Preselección, Visitas y Caracterización de fincas en las comunidad aleñadas al municipio El Cuá				
SEPTIEMBRE-OCTUBRE / 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento y Caracterización de la finca: Localización, Extensión, Altitud, Coordenadas • Levantamiento de información sobre el sistema de producción. (Especies presentes en el área. Manejo Agronómico, rendimientos café, banano, madera, leña y otros bienes). • Mapeo con GPS del lote en estudio. • Determinación de pendiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Municipio El Cuá / Comunidad: La Chata, Santa Rosa, Teosintal, La pitilla, El Golfo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista con el productor. (Explicación del estudio). • Caracterización del área de estudio. 	

OCTUBRE/ 2010	Selección de los 8 lotes a realizar el estudio. Extracción de nutrientes en sistema de producción de café con banano Municipio El Cuá - Jinotega 2010 – 2011.			
OCTUBRE/ 2010 FEBRERO/ 2011	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario y densidad poblacional de café y banano. • Inventario de la cantidad y especies de árboles maderables de uso de sombra presentes en los lotes. • Caracterización de componentes arbóreos: cálculos de dap, altura de fuste, altura de copa, altura de árbol, diámetro de copa, edad y especie. • Contabilización y pesado de cosecha de frutos y hojas de banano provenientes del lote en estudio. • Contabilización y pesado de cosecha de café. • Determinación de los volúmenes de madera extraídos en los lotes puestos a estudio. • Obtención de la muestra de suelo de los lotes en estudio. • Monitoreo y verificación de las aplicaciones de fertilizantes. 	Lotes puestos a estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento de datos eficientes y confiables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las actividades se realizaran en tiempo simultáneo en las 8 fincas en el periodo comprendido desde septiembre 2010 a febrero 2011. • El procesamiento de la información se realizará de manera continua a medida que se realicen levantamientos de datos.

<p>DICIEMBRE / 2010 ENERO/ 2011</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de muestras de material despulpado, café con miel, café lavado y pulpa de café. • Extracción de muestras de leña. • Extracción de las muestras en, hojas y frutos (dedos) de banano. • Extracción de muestras de pinzote 			<ul style="list-style-type: none"> • Envío de las muestras a laboratorio CATIE Costa Rica.
<p>FEBRERO / 2011</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de peso en empacadora de banano. • Determinación peso seco y fresco de pedicelo. 	<p>Empacadora de banano. Cooperativa COSMUPROC Comunidad la Chata/ El Cuá.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento de datos eficientes y confiables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje de Racimos • Pesaje de Raquis • Determinación de numero de dedos

Anexo № 3. Fotografías ilustrativas del estudio investigativo.

Sistema de producción de café con banano y presencia de especies arbóreas.



Caracterización y monitoreo de producción de café.



Muestreo y preparación de muestra de café para análisis bromatológico.



10 kg café uva.

Despulpe de 9500 gr café uva.

Secado de muestra.

Caracterización y monitoreo de producción de banano.



Muestreo y preparación de muestra de banano para análisis bromatológico.



Selección de 15 frutos para análisis bromatológico en frutos de banano



Separación de cascara y pulpa.

Pesaje.

Secado de muestras.

Extracción de muestra foliar y raquis en banano



Área foliar.



Muestra raquis.



Pesaje de raquis.

Caracterización poblacional de especies arbóreas



Identificación de especie y edad



Determinación de dap.



Determinaciones de altura.

Mediciones de volúmenes de leña.



Volúmenes podados.



Determinación de diámetro medio.



Calculo de volumen.

Muestreo y preparación de muestra en leña.



Muestra



Determinación de diámetro.



Longitud de la muestra.

Muestreo de suelo para análisis químico



Selección y pesaje de muestra compuesta de suelo.



Anexo Nº 4. Resultados de laboratorio.



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, TEJIDO VEGETAL Y AGUAS.

TEL: (506) 25582377. FAX 25582060. [Http://www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

Nombre del Cliente: Proyecto Mesoterra - CATIE.

Dirección del sitio: El Cuá - Nicaragua.

Tipo de muestra: Suelo.

Fecha Ingreso: 14/02/2011.

Fecha Análisis: 02,03/03/2011.

Fecha de Reporte: 11/03/2011.

Métodos de análisis:

Extracción en Olsen Modificado pH 8.5, para determinación de Cu, Zn, Mn, Fe, K y P.
Extracción en Cloruro de Potasio 1N para determinación de Ca, Mg y Acidez Intercambiable.

pH en agua.

Carbono y Nitrógeno por combustión.

No. Reporte: NR10-016

Productor	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	N	C
	H ₂ O	-----cmol (+)/kg-----				-----mg/kg-----					%	%
José Pineda	6.2	0.08	15.50	2.59	0.33	5.7	7.3	3.6	15	118	0.36	3.34
José Méndez	6.6	0.09	13.19	4.22	0.74	4.5	7.3	4.3	25	78	0.33	3.28
Virgilio Rizo	6.3	0.09	19.03	4.43	0.26	4.7	10.1	3.5	14	91	0.35	3.34
Ronal Cortedano	6.5	0.06	11.86	3.75	0.28	3.1	10.9	4.7	16	100	0.33	3.49
Byron Tinoco	6.2	0.12	10.51	2.80	0.24	4.1	12.5	5.5	40	133	0.34	3.47
Evelin Delgado	6.1	0.07	17.50	4.74	0.38	4.0	9.1	4.9	30	69	0.34	3.34
Pablo Ramos	5.8	0.11	11.97	3.46	0.15	9.6	16.7	5.3	26	197	0.35	3.33
Rufo Amador	6.1	0.07	15.83	5.74	0.34	3.9	8.8	3.4	34	90	0.33	3.16

Anexo Nº 5. Resultados de laboratorio.



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, TEJIDO VEGETAL Y AGUAS.

TEL: (506) 25582377. FAX 25582060. [Http://www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

Nombre del Cliente: Proyecto Mesoterra - CATIE.

Dirección del sitio: El Cuá - Nicaragua.

Tipo de muestra: Material vegetativo.

Fecha Ingreso: 14/02/2011.

Fecha Análisis: 01,03/03/2011.

Fecha de Reporte: 09/03/2011.

Métodos de análisis:

Digestión Nítrico-Perclórica del material.

Determinación por Absorción Atómica para Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, Mg, K.

Fósforo por método colorimétrico del extracto de digestión.

Nitrógeno por combustión.

No. Reporte: NR11-017

4.1 Análisis bromatológico en café con mucilago

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.11	0.15	1.46	0.16	2.21	18	65	14	308
José Méndez	0.11	0.13	1.53	0.11	1.96	15	9	13	121
Virgilio Rizo	0.11	0.13	1.43	0.16	1.91	19	56	16	315
Ronal Cortedano	0.12	0.14	1.39	0.16	1.83	20	9	15	218
Byron Tinoco	0.10	0.14	1.40	0.11	1.92	14	192	15	124
Evelin Delgado	0.12	0.15	1.76	0.12	2.03	14	233	13	91
Pablo Ramos	0.09	0.15	1.41	0.13	2.04	14	126	14	92
Rufo Amador	0.10	0.14	1.39	0.15	1.89	21	125	18	185

4.2 Análisis bromatológico en café sin mucilago

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.11	0.16	1.52	0.14	2.11	14	6	11	75
José Méndez	0.10	0.16	1.46	0.10	1.80	14	21	14	78
Virgilio Rizo	0.10	0.15	1.37	0.11	1.88	14	8	16	98
Ronal Cortedano	0.12	0.15	1.25	0.10	1.71	16	20	13	75
Byron Tinoco	0.09	0.17	1.41	0.12	2.20	14	3	14	61
Evelin Delgado	0.09	0.15	1.54	0.11	2.07	13	6	14	76
Pablo Ramos	0.14	0.16	1.31	0.12	1.87	15	70	13	69
Rufo Amador	0.12	0.15	1.38	0.11	1.80	15	7	15	87

4.3 Análisis bromatológico en pulpa de café.

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.31	0.08	3.74	0.18	1.56	16	41	18	174
José Méndez	0.27	0.06	3.56	0.15	1.45	28	227	13	268
Virgilio Rizo	0.28	0.07	3.16	0.17	1.25	28	117	16	508
Ronal Cortedano	0.28	0.07	3.24	0.17	1.37	25	204	12	210
Byron Tinoco	0.32	0.10	3.56	0.15	1.86	22	70	25	133
Evelin Delgado	0.26	0.07	4.20	0.18	1.94	17	8	14	138
Pablo Ramos	0.24	0.09	3.01	0.16	1.53	16	11	17	333
Rufo Amador	0.31	0.08	3.42	0.15	1.48	17	75	41	162

4.4 Análisis bromatológico en fruto (pulpa de banano).

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.02	0.13	1.47	0.10	0.76	4	6	15	34
José Méndez	0.02	0.14	1.49	0.09	0.78	4	6	12	28
Virgilio Rizo	0.02	0.13	1.39	0.11	0.75	4	92	30	29
Ronal Cortedano	0.02	0.14	1.39	0.09	0.71	4	9	20	21
Byron Tinoco	0.02	0.14	1.47	0.09	0.84	4	8	13	17
Evelin Delgado	0.02	0.14	1.37	0.08	0.86	5	6	24	17
Pablo Ramos	0.02	0.13	1.39	0.07	0.90	4	7	12	40
Rufo Amador	0.02	0.14	1.42	0.09	0.80	4	19	18	26

4.5 Análisis bromatológico en fruto (cascara de banano).

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.52	0.17	5.14	0.13	0.93	3	27	101	198
José Méndez	0.48	0.19	5.70	0.13	0.97	4	25	103	173
Virgilio Rizo	0.44	0.17	5.36	0.15	0.96	6	137	146	95
Ronal Cortedano	0.40	0.24	4.85	0.13	0.90	3	28	115	46
Byron Tinoco	0.39	0.18	5.30	0.12	1.10	4	31	104	61
Evelin Delgado	0.49	0.19	5.39	0.13	1.07	4	24	140	55
Pablo Ramos	0.36	0.20	5.37	0.13	1.07	3	30	84	113
Rufo Amador	0.41	0.19	4.88	0.12	0.88	6	23	82	107

4.6 Análisis bromatológico en raquis de banano.

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.47	0.32	8.29	0.14	0.56	4.0	33	82	127
José Méndez	0.46	0.29	9.40	0.13	0.57	6.1	42	154	172
Virgilio Rizo	0.44	0.31	8.31	0.14	0.64	4.7	36	119	196
Ronal Cortedano	0.40	0.32	7.60	0.16	0.56	4.8	31	92	202
Byron Tinoco	0.44	0.30	8.71	0.11	0.66	5.1	36	138	195
Evelin Delgado	0.46	0.35	8.02	0.14	0.79	4.9	29	143	177
Pablo Ramos	0.45	0.29	8.09	0.18	0.71	5.5	41	101	190
Rufo Amador	0.40	0.33	8.05	0.14	0.65	2.4	37	126	306

4.7 Análisis foliar en plantas de banano.

Productor	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
	----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	0.90	0.22	4.12	0.17	2.00	6	15	189	80
José Méndez	0.61	0.28	5.15	0.17	1.83	8	19	279	116
Virgilio Rizo	0.87	0.26	4.56	0.18	1.87	7	17	382	81
Ronal Cortedano	0.54	0.25	4.56	0.21	2.13	7	25	238	93
Byron Tinoco	0.90	0.29	4.35	0.18	2.41	6	15	300	96
Evelin Delgado	1.08	0.26	3.78	0.18	2.56	7	16	368	77
Pablo Ramos	0.68	0.26	4.32	0.17	2.17	9	16	296	105
Rufo Amador	1.03	0.36	3.65	0.18	2.41	7	16	363	101

4.8 Análisis bromatológico en leña.

Productor	Especie	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Zn	Mn	Fe
		----- % -----					-----mg/kg-----			
José Pineda	Guaba	0.36	0.02	0.31	0.03	0.65	7	6	6	100
José Méndez	Guaba	0.14	0.03	0.58	0.06	0.55	4	1	4	17
Virgilio Rizo	Guaba	0.79	0.05	0.42	0.03	0.66	5	3	15	91
Ronal Cortedano	Guaba	0.29	0.02	0.36	0.03	0.54	5	2	11	73
Byron Tinoco	Guaba	0.43	0.03	0.28	0.02	0.55	4	3	23	50
Evelin Delgado	Cacao	0.44	0.21	1.53	0.10	0.78	7	29	41	60
Pablo Ramos	Guaba	0.34	0.04	0.19	0.04	0.65	4	3	16	35
Rufo Amador	Guaba	0.38	0.03	0.35	0.03	0.53	8	15	5	87

Anexo 6. Tabla de interpretación de análisis de suelo.

Unidades	Deficiente	Nivel Crítico	Optimo		
Ca/ cmol+/l	0.30	2.20	4.0	36	
Mg/ cmol+/l	0.12	0.80	2.0	18	
K/ cmol+/l	0.03	0.20	0.4	0.6	3
P/ mg/l	2.00	12.00	20	36	80
Cu/ mg/l	0.10	1.00	3	3	20
Zn/ mg/l	0.40	3.00	6	9	36
Mn/ mg/l	0.70	5.00	10	15	100
Fe/ mg/l	1.00	10.00	20	80	
B/ mg/l	0.03	0.20	0.5	0.6	0.8
S/ mg/l	2.00	12.00	20	36	80
Ca/Mg	0.20	1.20	1.9	6.2	
Mg/K	0.20	1.60	3.6	14	
(Ca+Mg)/K	0.20	3.50	10	60	
pH	5	5.5 - 6.5	>6.5		
Acidez Extr. cmol+/l	<0.3	0.3 - 1.5	>1.5		
Saturación acidez %	<10	10.0 - 50.0	>50		
suma bases cmol+/l	<5	0 - 25.0	>25		
CICE cmol+/l	<5	5.0 - 25.0	>25		

Fuente: Guía para la interpretación de análisis de suelo utilizada por el CATIE.

IV. Manejo de plantación de café

- Establece semillero de café Si _____ No _____ En qué mes _____
- ¿Qué tipo de semilla utiliza? Artesanal _____ Certificada _____ ¿De dónde obtiene la semilla? Finca _____ Comprada _____.
- ¿Realiza renovación de plantaciones? Si _____ No _____ En qué mes _____

V. Manejo de sombra

- ¿Qué especies de plantas-arboles para sombra utiliza?

Numero	Especie de árbol	Número	Especie de árbol
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

- ¿Con qué frecuencia realiza regulación de sombra?

- ¿En qué mes? _____ Obtiene sub productos ¿Cuáles? _____,
_____, _____ Comercialización _____, _____
- ¿Cuánta leña obtiene? _____

VI. Fertilización

Realiza fertilización Si _____ No _____ Orgánico _____ Sintético _____

Fertilización Orgánica

Tipo de abono	Método	Dosis onz/pta.	Tiempo de aplicación	Frecuencia de Aplicación	Área total	Total de abono aplicado / ha

VII. Producción de Banano

Comercialización: Hojas Si _____ No _____ ¿Por qué? _____

Producción de banano (racimos)

Nº Plantío	Área ha	Nº Plantas	Rendimiento/ ha	Producción Mensual	Producción Anual	Comercialización	
						Cooperativa	Comerciantes
Total							

VI. Despulpado del Café

- ¿Tiene beneficio húmedo de café? Si _____ No _____. Tiene despulpadora: Si _____ No _____
- ¿A qué distancia se encuentra ubicado el beneficio húmedo de su casa? _____
- El acopio o recibo del café uva en beneficio utilizado es:
Sacos ____ vertido directo a la despulpadora _____ Tolva de madera _____ Pila de concreto sin agua _____ pila de concreto con agua ____ Tanque sifón ____ Otro _____
- ¿Dónde fermenta el café? Balde _____, Saco _____, Barril _____, Canal de Madera _____, Pila concreto _____
- Tiempo de fermentado de café: _____ horas.
- ¿En qué lava el café pergamino?
Balde _____ Saco _____ Barril _____ Canal de Madera _____ Cajón Madera _____, Canal de concreto _____ Pila concreto _____ canal de correteo _____.
- ¿En qué realiza el oreado del café pergamino?
Zaranda o cajillas _____ Plásticos negros _____ Patio de ladrillo _____ patio de concreto _____
- Tiempo de oreado del café pergamino: _____ horas.
- ¿Cómo entrega el café pergamino a la cooperativa o al beneficio seco? :Oreado (menor de 40%) _____, Húmedo (40 – 46%) _____, Mojado (mayor de 46%) _____

- ¿Cómo se maneja la pulpa del café?
Se traslada fuera del sitio ____ Se acumula en el sitio de despulpe ____
- ¿Cómo se traslada la pulpa? Paleada ____ En carretilla ____ en colocho ____
con agua en canal de tierra _____. Con agua en canal de madera ____ Con agua en canal de concreto _____.
- ¿Donde se acumula la pulpa? En pulperos _____. A orilla de fuente de agua ____ mts
Retirada de fuente de agua ____ mts. Directamente en el suelo ____ En fosas ____ En lugares de preparación de abonos ____ Otros: _____
- ¿Qué tratamiento se da a la pulpa, en el lugar donde se deposita?
Secada ____ Volteos ____ Alimento de lombrices _____. Otros: _____
- Aplicación de productos a la pulpa: Cal ____ Enzimas ____ otros ____.
¿Cómo se aprovecha la pulpa? Abono orgánico ____ Alimentación animal ____ En calle de cafetal ____ Sustrato de huerto familiar ____ Sustrato para viveros ____ Otros _____
- Recoge el mucílago del café producto de la fermentación: Si ____ No ____.
¿En que lo recoge? Balde ____ Barriles ____ Bolsas ____ Fosa ____ Otro _____.
- Utiliza el mucílago? Si ____ No ____ ¿Cómo lo utiliza? Abono foliar ____ Como herbicida ____ En conjunto con la abonera orgánica _____.

VII. Manejo de suelos

- ¿Qué prácticas y técnicas de conservación de suelos implementa en su cafetal?
- Barreras muertas ____ Cobertura viva ____ Curvas a nivel ____ Cercas vivas ____
Diques # ____ Cortinas rompe vientos ____ Acequias de laderas ____ Barreras vivas ____ Cobertura muerta (mulch) _____
- Realiza mantenimiento a esas prácticas de conservación de suelo? Si ____ No ____
¿Con que frecuencia? _____ Porqué? _____
- ¿Ha realizado análisis de suelos? Si ____ No ____ ¿Cuándo? _____, ¿Cuenta con hoja de resultados? Si ____ No ____
- ¿Qué porcentaje del cafetal está con prácticas de conservación de suelo?
0-25% ____ 25-50% ____ 50-75% ____ 75-100% _____.

Anexo № 12



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
 Facultad Regional Multidisciplinaria – Matagalpa



EVALUACION DE PRODUCCION Y EXTRACCION DE MUESTRA EN FORESTALES C 07

Código Lote: _____ Nombre Productor: _____
 Fecha: _____ Comunidad: _____ Área Total: _____
 Coordenadas: LN _____ LW _____ Temperatura: _____ asnm: _____
 % Pendiente: _____

Nº Marca	Dimensión			Constante	M cúbicos
	Largo	Alto	Ancho	0.5	

Punto Nº	Nombre del Árbol	Diámetro				Diámetro Medio	Peso Muestra
		1	2	3	4		
Diámetro medio total							

Anexo Nº 15

PRESUPUESTO Y LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES

1. EQUIPOS PARA PREPARACION DE MUESTRAS				
DESCRIPCION DE MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO (US\$)	CANTID.	COSTO TOTAL (US\$)
Cuchillo grande bien afilado	Unidad	2.50	1	2.50
Pala mediana	Unidad	6.32	1	6.32
Balde plástico	Unidad	3.50	1	3.50
Etiquetas	Unidad	0.60	6	3.60
Bolsa plástico grueso (20 x 35 cm)	Docena	1.50	4	6.00
Plástico grande (4 x 7 m)	Yarda	1.00	2	2.00
Saco de nylon	Unidad	0.50	10	5.00
Bolsas plásticas común	Cien	3.45	2	6.90
SUB TOTAL				US\$ 35.82
2. ANALISIS DE LABORATORIO				
Análisis de suelo	Muestra	21.00	8	168.00
Análisis foliar en café	Muestra	16.50	8	132.00
Análisis foliar en banano (Hojas, Raquis, Dedos)	Muestra	16.50	24	396.00
Análisis bromatológico en café	Muestra	16.50	8	132.00
Análisis bromatológico en madera	Muestra	16.50	8	132.00
Tramite de traslado de muestras	Global	100.00	1	100.00
SUB TOTAL				US\$ 1060.00
3. MATERIALES				
Alquiler de computadoras	Horas	0.50	50	25.00

Fotocopias	Página	0.023	370	8.50
Acolchado	Página	0.014	320	4.50
Impresiones	Página	0.09	240	21.50
Impresiones a color	Página	0.40	50	20.00
Empastado	Unidad	8.50	3	25.50
Pintura	Galón	12.50	1	12.50
Capotes	Unidad	13.50	2	27.00
Focos	Unidad	2.50	2	5.00
Baterías	Par	2.00	4	8.00
Cinta métrica (50 m)	Unidad	25.00	1	25.00
Tabla de campo	Unidad	2.00	2	4.00
Cuaderno de registro	Unidad	1.50	2	3.00
Marcador	Unidad	0.50	2	1.00
Lápiz	Unidad	0.50	4	2.00
Cinta adhesiva crepe	Unidad	1.00	1	1.00
SUB TOTAL				US\$ 193.50
4. ESTIPENDIO PARA ESTUDIANTE				
TESISTAS	Transporte, Hospedaje, Alimentación	350.00	8	2,800.00
SUB TOTAL				US\$ 2,800.00
5. SEGUIMIENTO TUTOR				
SEGUIMIENTO TUTOR	Transporte, Hospedaje, Alimentación	37.50	1	37.50
SUB TOTAL				US\$ 37.50
GRAN TOTAL				US\$ 4,126.82