



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**Trabajo de graduación**

Balance aparente de nutrientes N, P y K en  
dos agroecosistemas en San Ramón,  
Matagalpa, Nicaragua 2015-2016

**Autores**

**Br. Amalia Sorelia Mejía Ocampo**

**Br. Denis Ildefonso Urbina Ruíz**

**Asesores**

**Ing. MSc. Leonardo García Centeno**

**Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González**

**Dr. Denis José Salazar Centeno**

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2017**



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

## **Trabajo de graduación**

Balance aparente de nutrientes N, P y K en  
dos agroecosistemas en San Ramón,  
Matagalpa, Nicaragua 2015-2016

### **Autores**

**Br. Amalia Sorelia Mejía Ocampo**

**Br. Denis Ildefonso Urbina Ruíz**

### **Asesores**

**Ing. MSc. Leonardo García Centeno**

**Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González**

**Dr. Denis José Salazar Centeno**

Presentado al honorable tribunal examinador como requisito  
final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2017**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

---

Miembros del tribunal examinador

---

Ing. Norman Cruz Vela

Presidente

---

Dr. Victor Aguilar Bustamante

Secretario

---

Ing. Martha Moraga Quezada

Vocal

Lugar y fecha (día/mes/año) \_\_\_\_\_

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	3
3.1. Ubicación y fechas del estudio	3
3.1.1. Clima	3
3.1.2. Suelo	4
3.1.3. Nivel de complejidad de las fincas	4
3.2. Diseño metodológico	5
3.2.1. Modelo general del balance aparente de nutrientes	5
3.2.2. Medición de los parámetros físicos y químicos en las parcelas	7
3.3. Resultados del análisis de suelo de laboratorio	10
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	11
4.1. Entradas de nutrientes N, P y K de la finca La Espadilla	11
4.2. Salidas de nutrientes N, P y K de la finca La Espadilla	12

4.3. Balance aparente de nutrientes N, P y K de la finca La Espadilla	12
4.4. Balance aparente por elemento en la finca La Espadilla	13
4.4.1. Balance aparente Nitrógeno	13
4.4.2. Balance aparente de Fósforo	14
4.4.3. Balance aparente de Potasio	15
4.5. Entradas de N, P y K de la finca La Vecina	17
4.6. Salidas de N, P y K de la finca La Vecina	18
4.7. Balance aparente de N, P y K de la finca La Vecina	19
4.8. Balance aparente por elemento en la finca La Vecina	20
4.8.1. Balance aparente de Nitrógeno	20
4.8.2. Balance aparente de Fósforo	21
4.8.3. Balance aparente de Potasio	23
4.9. Balance aparente de N, P y K fincas La Vecina y La Espadilla 2015-2016	24
4.10. Indicadores físicos y químicos de suelo	26
4.10.1. Indicadores físicos y químicos de la finca La Espadilla	27
4.10.2. Indicadores físicos y químicos de la finca La Vecina	29
4.11. Indicadores físicos y químicos de las fincas La Espadilla y La Vecina	31
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>33</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>34</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>35</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>39</b>

## DEDICATORIA

En primer lugar a Dios nuestro creador, quien me dio la vida, salud, fuerzas, sabiduría y permitirme con dedicación, esfuerzo concluir con éxito mis estudios universitarios y entrar a una nueva fase de mi vida profesional.

A mi familia especialmente a mis padres Pio Antonio Mejía Acuña y María Agustina Ocampo Gonzales por su amor, comprensión, por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales, por haber depositado su confianza en mí y poder cumplir el sueño que como familia querían que realizara.

A todos mis hermanos que de una u otra manera aportaron para que yo pudiera finalizar con éxito mi carrera universitaria.

A mi Sobrinita Melany Isabell Mejía, por ser esa inspiración de salir adelante, por su fortaleza y por llenar de amor mi vida.

Br. Amalia Sorelia Mejía Ocampo

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por ser la luz que me ha iluminado durante todos mis años de estudio, por darme sabiduría y la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de todas las adversidades de la vida.

A mi familia, en especial a mis padres Sr. Ildefonso Urbina y Sra. Silvia Gómez por su apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida, por ser los pilares fundamentales de mi formación profesional, por inculcarme valores y deseos de superación que me han permitido luchar siempre por mis sueños.

A mis tías Gloria Urbina, Maribel Urbina y a mi tío Joaquín Urbina, por toda la enseñanza, apoyo moral y económico durante todos mis años de estudios.

A mis hermanos, especialmente a Lides López que de una u otra manera siempre me ayudó y me aconsejó para poder realizar mi formación profesional.

A mi abuelita María José Ruiz por todo su apoyo moral y espiritual durante las etapas de mi vida.

A mi novia María José Salmerón por todo su amor y apoyo incondicional durante mis años en la universidad.

Br. Denis Ildefonso Urbina Ruiz

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por sus infinitas bendiciones, por la salud, las fuerzas de cada día y a la Santísima Virgen María por su protección y su gran amor, porque siempre estuvo intercediendo ante Dios, para que pudiéramos lograr esta meta tan importante en nuestras vidas.

A todos nuestros maestros de primaria, secundaria y en especial a los de la universidad, por brindarnos nuevos conocimientos y tener una mejor visión del futuro.

A la Universidad Nacional Agraria por haberse mantenido con su calidad reconocida de enseñanza y lo principal con la enseñanza gratuita que tanta sangre ha costado.

A nuestros asesores MSc. Leonardo García Centeno, MSc. Hugo René Rodríguez y Dr. Denis Salazar Centeno por concedernos el privilegio de trabajar a su lado, por sus aportes, sugerencias y sobre todo servir de guía para la realización del trabajo de graduación.

Al proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional (SAN) de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971), por apoyarnos en el financiamiento en gran parte de este estudio que será de mucha importancia para los productores de nuestro país.

A los productores Martín Vicente Padilla García y Juan Francisco Padilla García por su grandiosa colaboración y también porque siempre nos recibieron bien.

Br. Amalia Sorelia Mejía Ocampo

Br. Denis Ildelfonso Urbina Ruiz



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Entradas y salidas que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes	5
2. Resultados del análisis de suelo de laboratorio	10

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Ubicación geográfica del área de estudio.	3
2	Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en $\text{kg ha}^{-1}$ por parcela/año finca La Espadilla.	14
3	Comportamiento del balance aparente de Fósforo en $\text{kg ha}^{-1}$ por parcela/año finca La Espadilla.	15
4	Comportamiento del balance aparente de Potasio en $\text{kg ha}^{-1}$ por parcela/año finca La Espadilla.	16
5	Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en $\text{kg ha}^{-1}$ por parcela/año finca La Vecina.	21
6	Comportamiento del balance aparente de Fósforo en $\text{kg ha}^{-1}$ por parcela/año finca la Vecina.	22
7	Comportamiento del balance aparente de Potasio en $\text{kg ha}^{-1}$ por parcela/año finca La Vecina.	24
8	Comportamiento del balance aparente de N, P y K fincas La Vecina y La Espadilla 2015-2016	26
9	Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la finca La Espadilla.	28
10	Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la finca La Vecina	30
11	Comparación del comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en las fincas La Espadilla y La Vecina	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Entradas de nutrientes finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2015	39
2	Entradas de nutrientes finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2016	40
3	Salidas de nutrientes finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2015	41
4	Salidas de nutrientes finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2016	42
5	Balance de nutrientes finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2015	43
6	Balance de nutrientes finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2016	44
7	Entradas de nutrientes finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2015	45
8	Entradas de nutrientes finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2016	46
9	Salidas de nutrientes finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2015	47
10	Salidas de nutrientes finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2016	48
11	Balance de nutrientes finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2015-2016	49
12	Categoría de indicadores físicos y químicos de suelos	50
13	Guía de trabajo para toma de datos	51

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad La Grecia, San Ramón, Matagalpa, 2015-2016. El objetivo fue realizar un balance aparente de nutrientes N, P y K en dos agroecosistemas. El estudio se inició con la recolección de muestras de suelo para cada una de las parcelas del agroecosistema, las que fueron enviadas al Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, para realizar análisis de contenido de N, P, K, pH, M.O, porosidad y textura. El modelo utilizado analizó los flujos de entrada y salida de nutrientes (N, P y K) en cada parcela para determinar un balance aparente de nutrientes. Para la medición de indicadores físicos y químicos de suelo se utilizó la metodología de García (2015), los indicadores seleccionados fueron: densidad aparente, textura, porosidad, velocidad de infiltración del agua, pH y materia orgánica, categorizados en un rango de uno a cinco para realizar el análisis. El balance aparente de nitrógeno, fósforo y potasio para la finca La Espadilla fue negativo y para la finca La Vecina positivo. El 83% de los indicadores físicos y químicos evaluados en ambas fincas se encuentran en la misma categoría, el único indicador que difiere en valor entre ambas fincas es el contenido de materia orgánica en el suelo, la finca La Espadilla presenta un contenido de materia orgánica muy alta y la finca La Vecina presenta un contenido de materia orgánica alta.

**Palabras claves:** indicadores, materia orgánica, flujo, textura, porosidad

## **ABSTRACT**

The present research work was carried out in the community of La Grecia, San Ramón, Matagalpa, 2015-2016. The objective was to perform an apparent balance of nutrients N, P and K in two agroecosystems. The study began with the collection of soil samples for each of the agroecosystem plots, which were sent to the Land and Water Laboratory (LABSA) of the National Agrarian University, to perform content analysis of N, P, K, pH, MO, porosity and texture. The model used analyzed nutrient inflow and outflow (N, P and K) in each plot to determine an apparent balance of nutrients. For the measurement of physical and chemical indicators of soil, García's methodology (2015) was used; the selected indicators were: apparent density, texture, porosity, water infiltration velocity, pH and organic matter, categorized in a range of one to Five to perform the analysis. The apparent balance of nitrogen, phosphorus and potassium for the La Espadilla farm was negative and for the La Vecina positive farm. 83% of the physical and chemical indicators evaluated in both farms are in the same category, the only indicator that differs in value between both farms is the organic matter content in the soil, the farm La Espadilla has a content of organic matter Very high and the estate La Vecina has a high organic matter content.

Key words: indicators, organic matter, flow, texture, porosity

## I. INTRODUCCIÓN

El balance aparente de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces y en periodos anuales. Los balances pueden resultar deficitarios, neutros o acumulativos generándose situaciones de pérdida, equilibrio o ganancia de nutrientes en el suelo, respectivamente (Ciampitti y García, 2008).

El balance “aparente” implica que no consideran transformaciones de nutrientes en el sistema suelo-planta, las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión, ni ingresos por deposiciones atmosféricas, por lo que posiblemente subestime el resultado en muchas condiciones (Ernst et al., 2012).

El componente edáfico se caracteriza por tener una alta diversidad estructural y funcional que lo convierte en uno de los sistemas más complejos que existen en la naturaleza. Desde el punto de vista de su manejo, se puede considerar como un componente casi aislado. Esto quiere decir que las mejoras que logremos introducir en los suelos de nuestros cultivos no repercutirán en lo que ocurra en los suelos del agricultor vecino (Bello et al., 2010).

El rendimiento sostenible en el agroecosistema deriva del balance adecuado entre cultivos, suelo, nutrientes, luz solar, agua y los organismos coexistentes. Un agroecosistema es productivo y saludable cuando este balance y condiciones ricas en crecimiento prevalecen de manera que las plantas cultivadas se mantienen resilientes para tolerar el estrés y la adversidad.

Por esta razón se planteó realizar el estudio explorativo, para estimar el estado actual de dos fincas sometidas a diferente manejo (convencional y agroecológico), mediante un balance aparente de nutrientes en San Ramón, Matagalpa, Nicaragua, 2015-2016.

## **II. OBJETIVOS**

### 2.1. Objetivo general

Estimar el balance aparente de nutrientes N, P y K en dos agroecosistemas, San Ramón, Matagalpa.

### 2.2. Objetivos específicos

Cuantificar los flujos de nutrientes N, P y K (entradas y salidas) de las fincas en estudio, según el tipo de manejo.

Realizar un balance aparente de nutrientes (N, P y K) por cada parcela y finca, durante el ciclo 2015-2016.

Valorar la forma de manejo que los productores realizan en cada parcela y si esta influye en la fertilidad del suelo mediante la valoración de algunos parámetros físicos y químicos de suelo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y fechas del estudio

El estudio se realizó en las fincas, La Espadilla y La Vecina, ubicadas en San Ramón, municipio del departamento de Matagalpa, Nicaragua, de octubre de 2015 a diciembre de 2016. Las fincas (figura 1) están ubicadas en el km 143.5 carretera La Dalia, entrada al Roblar 2 km al éste, comunidad la Grecia, con latitud  $12^{\circ}97'95''$  norte y longitud  $85^{\circ}79'95''$  oeste .

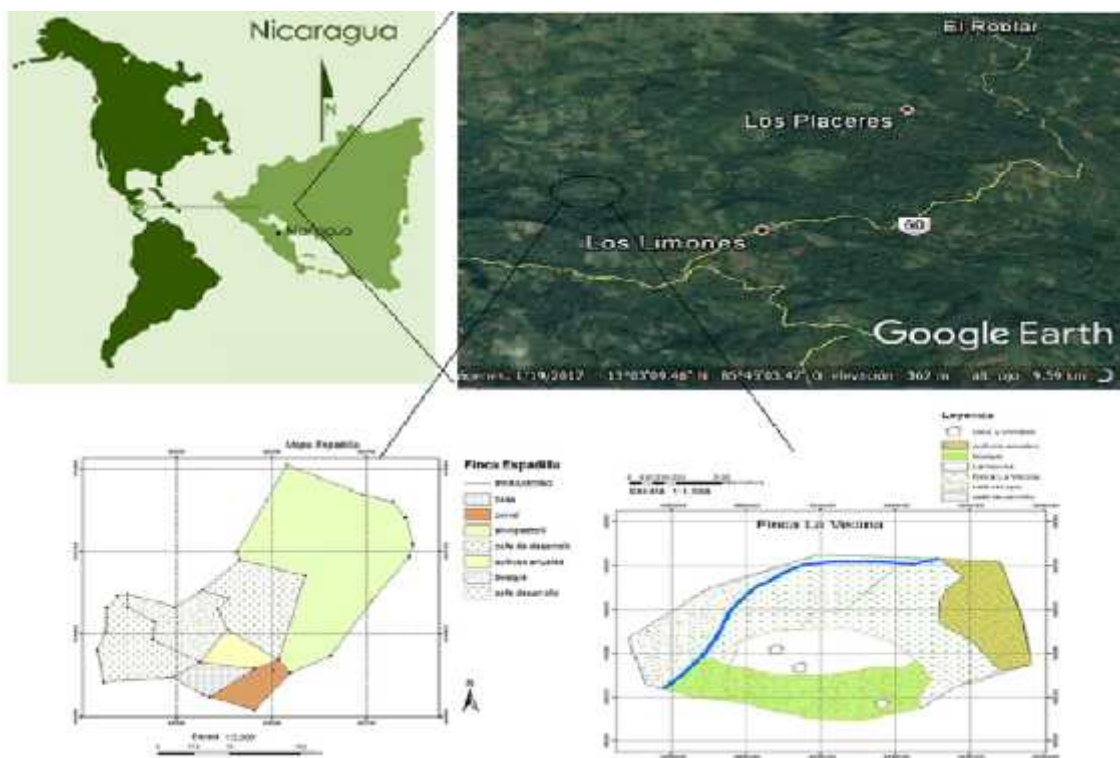


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Fuente: Google Earth (2015)<sup>1</sup>, <http://www.google.com.ni>

#### 3.1.1. Clima

Se caracteriza por tener un clima de tipo Sabana Tropical. Su temperatura oscila entre los 20 °C a 26 °C, las precipitaciones pluviales varían entre los 2,000 a 2,400 mm, caracterizándose por una buena distribución durante todo el año (AMUPNOR, 2010).



### 3.1.2. Suelo

Los suelos del municipio de San Ramon contienen un pH ligeramente ácido (5.5 a 6.5) a fuertemente ácido (4.7 a 5.5), generalmente son profundos (80-100 cm) a medianamente profundo (60-80 cm), de textura franco arcilloso a arcilloso, bien drenado y de mediana fertilidad (AMUPNOR, 2010).

Estos suelos son bastantes susceptibles a los agentes erosivos los cuales actúan en conjunto con la topografía en zonas que van de fuertemente ondulada a quebrado. Estos suelos aun tienen la capacidad de ser manejables, mediante el uso adecuado de sistemas de producción, prácticas de conservación de suelo y el establecimiento de cultivos permanentes.

### 3.1.3. Nivel de complejidad de las fincas

De acuerdo a la metodología de Vázquez aplicada por Vargas y Laguna (2017, datos no publicados), la finca La Espadilla logró un promedio de 3.17, este valor permitió clasificar según el diseño y manejo de la biodiversidad a la finca La Espadilla como compleja, y la finca La Vecina que obtuvo un promedio de 1.25, permitió clasificar según el diseño y manejo de la biodiversidad como poco compleja.

Una finca compleja por sus distribuciones y arreglos le permite disponer de mayor alimento, estabilidad ante variaciones climáticas y un equilibrio en sus agroecosistema. Vázquez (2013), expresa que una finca compleja tiene la capacidad de respuesta ante eventos extremos. En los agroecosistemas presentan interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen y estas relaciones determinan en gran medida la salud del mismo (Altieri y Nicholls, 2000). Mientras más compleja es la finca mayor, estabilidad en su sistema presenta y puede llegar a ser sostenible.

### 3.2. Diseño metodológico

#### 3.2.1. Modelo general del balance aparente de nutrientes

En las dos fincas en estudio el modelo utilizado analizó los flujos de entrada y salida de nutrientes (N, P y K) de las parcelas a partir de información obtenida de los análisis de laboratorio de muestras de suelo. El estudio se limitó a analizar, procesar y presentar los resultados a partir de los datos con los que se contó (Análisis de suelo de campo y de laboratorio).

Cuadro 1. Entradas y salidas que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes

<b>Entradas de nutrientes (e)</b>	<b>Salidas de nutrientes (s)</b>
Aporte de fertilizantes minerales (kg ha <sup>-1</sup> )	Cosecha del producto (kg ha <sup>-1</sup> )
	Residuos de cosecha (kg ha <sup>-1</sup> )
Aporte de material orgánico (kg ha <sup>-1</sup> )	Pérdidas por quema (kg ha <sup>-1</sup> )
<b><u>Balance</u> = <u>entradas (e)</u> - <u>salidas (s)</u></b>	

#### *Entradas de nutrientes (E)*

Como se muestra en el (Cuadro 1), las entradas consideradas están referidas a la incorporación de fertilizantes minerales y orgánicos al suelo. Las cantidades de nutrientes (N, P y K) incorporadas al sistema, fueron calculadas a partir de los contenidos de éstos en las diferentes formas de presentación del producto, el valor obtenido se presentó en kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K.

Ejemplo del cálculo:

Si el productor aplicó 1 qq ha<sup>-1</sup> de 12-30-10, la cantidad real aplicada fue:

5.45 kg ha<sup>-1</sup> de N.

13.64 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

4.55 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Es importante mencionar que en la finca convencional no aplican abonos verdes, no construyen aboneras, no hay aportes por excretas ya que no tiene ganado; por lo tanto, no se cuantificaron entradas ni salidas de este tipo.

En la finca agroecológica se elabora compost mineralizado para aplicarlo en las diferentes parcelas.

### ***Salidas de nutrientes (S)***

Con la salida del producto y de los residuos de cosecha, se exportan los nutrientes que la planta utilizó en su formación; el manejo que los productores le dan a la biomasa es incierto, en algunos casos los rastrojos pueden ser extraídos de la parcela, perdiéndose de esta manera materia orgánica que se podría incorporar al suelo para incrementar el contenido de nutrientes. Para obtener el contenido de nutrientes N, P y K, se utilizó información de análisis de laboratorios realizados en Nicaragua (fruto y grano).

La información se ordenó de manera que fuera de fácil manejo y que permitiera ver de forma clara los balances aparentes de nutrientes de cada parcela y por finca. Los resultados se presentan en forma de cuadros (ver anexo) donde se reflejan las entradas, salidas y el balance aparente de nutrientes, ya sea de producto cosechado o como biomasa producida, esto debido a que el manejo de los rastrojos no es similar para los dos productores ni para algunas parcelas.

### 3.2.2. Medicion de los parámetros físicos y químicos en las parcelas

Los indicadores del estado del recursos suelo no son universales, sino que deben de ser elegidos en función del tipo de ambiente y suelo de la región en estudio (Prieto et al., 2013).

Los indicadores seleccionados fueron: profundidad del suelo, porosidad, infiltración, materia orgánica, textura y pH, usados como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo, utilizados para analizar si los actuales sistemas de manejo de las fincas están conservando, mejorando o degradando el suelo.

Para la medición de los parámetros físicos y químicos se utilizó la metodología desarrollada por (García, 2015).

#### ***Profundidad del suelo***

La profundidad del suelo fue medida introduciendo un barreno de colcho hasta donde se presentó un cambio de color o de material, posteriormente se procedió a medir con una cinta métrica la profundidad alcanzada por el barreno, se realizaron cinco mediciones aleatorias por cada parcela, en total veinticinco mediciones por finca.

#### ***Densidad aparente del suelo***

La densidad aparente se midió utilizando un cilindro , para ello se limpió el sitio de muestreo con una pala punta cuadrada, colocamos el cilindro de pvc sobre la superficie de muestreo, previamente liberada de hojarasca, basura y arvenses, una vez colocado el cilindro en el suelo, pusimos la regla de madera sobre éste y se golpeó suavemente la regla con el martillo hasta lograr que el cilindro penetrara en el suelo y que la regla llegara a la superficie de este.

Luego de el procedimiento anterior, con ayuda de la pala, se escarbó alrededor del cilindro y se sacó el suelo sin perturbarlo. Una vez afuera el cilindro se procedió a cortar con un cuchillo, de

manera transversal a cada lado del cilindro. Se procedió a guardar todo el suelo contenido en el cilindro en una bolsa plástica.

La fórmula para calcular la densidad aparente es la siguiente:

$$Da = M_{ss} \text{ (g)} / V \text{ (cm)}^3$$

Donde:

Da = densidad aparente del suelo

M<sub>ss</sub> = masa o peso del suelo seco

V = volumen del cilindro

### ***Medición de la infiltración de agua en el suelo***

La velocidad de infiltración del agua en el suelo se midió utilizando un cilindro de PVC, el cual se colocó sobre el suelo, presionando hacia abajo y girando hasta que haya profundizado unos 10 cm, con un ayuda de un nivel nivelamos el cilindro, luego se introdujo un plástico dentro del cilindro cubriendo la superficie del suelo, se agregó agua dentro del cilindro hasta casi llenarlo, se anotó el valor del nivel de agua alcanzada en el cilindro, con cuidado se quitó el plástico y se anotó la cantidad de agua infiltrada luego de realizar tres lecturas con intervalos de 1 minuto, aumentando a 5, 10, 15, y 45 minutos, hasta que toda el agua se había infiltrado. Este procedimiento se realizó tres veces en cada parcela de las dos fincas.

### ***Medición de la materia orgánica del suelo***

Para la medición de la materia orgánica se utilizó un barreno, se hicieron cinco barrenadas de 10 cm en puntos al azar por parcela, luego se colocó el suelo en un recipiente para homogenizar la muestra; posteriormente se tomaron de 1 a 3 gramos de la muestra para depositarlos en un vaso de vidrio. Luego del procedimiento anterior se adicionó agua oxigenada hasta saturar la muestra y observar la efervescencia para realizar la clasificación.

### ***Medición de la porosidad total del suelo***

Con los valores de densidad aparente ( $D_a$ ) y la densidad real ( $D_r$ ) se calculó el espacio poroso del suelo, aplicando la fórmula:

$$\% Ep = 1 - \left( \frac{D_a}{D_r} \right) * 100$$

### ***Muestreo De Suelo***

El muestreo se realizó en las áreas de Café en producción, pasto, bosque, cultivos anuales y café en desarrollo de la finca La Espadilla, en cultivos anuales, bosque, café en producción, café en desarrollo y café en recepo de la finca La Vecina.

Se realizaron cinco tomas de sub-muestras por parcela en zig zag, en cada punto se barrenó 10 veces a una profundidad variable de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm respectivamente. Cada muestra se depositó en un balde plástico donde se realizó la homogenización de las 50 muestras tomadas por parcela para posteriormente tomar una muestra de 400 a 800 g de suelo para realizar su posterior análisis en laboratorio.

### 3.3. Resultados del análisis de suelo de laboratorio

#### Finca La Espadilla

Parcela	Identificación	pH	MO	N	P	K	Partículas			
		(H <sub>2</sub> O)	(%)	(%)	ppm	meq/100g suelo	Limo	Arena	Arcilla	Clase textural
I	Café producción	5.91	3.14	0.16	10.44	0.41	34	30.4	35.6	Franco Arcilloso
II	Bosque	5.65	3.57	0.18	4.3	0.15	34	28.4	37.6	Franco Arcilloso
III	Culti. Anuales	5.96	2.71	0.14	2.14	0.2	34	28.4	37.6	Franco Arcilloso
IV	Café en desarrollo	5.4	3.41	0.17	1.55	0.19	34	22.4	43.6	Arcilla
V	Pasto de corte	5.42	2.85	0.14	2.44	0.45	34	28.4	37.6	Franco Arcilloso

#### Finca La Vecina

Parcela	Identificación	pH	MO	N	P	K	Partículas			
		(H <sub>2</sub> O)	(%)	(%)	ppm	meq/100g suelo	Limo	Arena	Arcilla	Clase textural
I	Culti. Anuales	5.36	3.91	0.2	2.61	0.32	36	24.4	39.6	Franco Arcilloso
II	Café desarrollo	5.19	4.38	0.22	2.44	0.15	38	28.4	33.6	Franco Arcilloso
III	Café Producción	5.42	4.56	0.23	7.07	0.2	38	24.4	37.6	Franco Arcilloso
IV	Café Recepo	5.34	5.14	0.26	3.94	0.29	34	22.4	43.6	Arcilla
V	Bosque	7.36	4.64	0.23	3.76	3.76	30	34.4	35.6	Franco Arcilloso

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Entradas de nutrientes N, P y K de la finca La Espadilla

Las parcelas café en producción, cultivos anuales, y café en desarrollo recibieron la misma cantidad de compost mineralizado para ambos años, se puede observar en el (anexo 2 y 3). No existe ninguna variación en el área establecida de cultivo ni en las dosis de compost aplicado por ciclo.

Las parcelas bosque y pasto de corte no recibieron ningún tipo de nutriente externo, sólo el reciclaje de materia orgánica dentro de las mismas. En ésta finca no se tiene ninguna práctica específica para la recuperación del suelo, la práctica de manejo del productor está orientada a dejar rastrojos de cultivos en el suelo.

Durante los años 2015-2016 los aportes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio a nivel de finca por medio de aplicación de compost mineralizado, se mantuvieron constantes, con un valor de 224.32 kg ha<sup>-1</sup> de N, 101.4 kg ha<sup>-1</sup> de P, y 221.26 kg ha<sup>-1</sup> de K (ver anexo 2 y 3).

Las cantidades de fertilizante orgánico aplicadas a nivel de finca son consideradas bajas, tomando en cuenta los bajos contenidos en Fósforo y Potasio presentes en el suelo sumado al promedio de extracción por hectárea de varias gramíneas (pastos de corte) reportado por Bernal (1998) de 220 kg N, 28 kg de P y 200 kg de K y la alta demanda de P y K en cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), banano (*Mussa spp*), pasto y frijol (*Phaseolus vulgaris*), (García, 2007), por tal razón los nutrientes del suelo van disminuyendo conforme pasa el tiempo y se pierde la capacidad de producir de manera sustentable.

Según el análisis de suelo, comparado con el rango establecido por (LABSA, 2017), el porcentaje de Nitrógeno a nivel de finca se encuentra alto; el Fosforo disponible pobre y el Potasio medio.



#### 4.2. Salidas de nutrientes N, P y K de la finca La Espadilla

En el año 2015 y 2016 se aplicaron las mismas cantidades de nitrógeno para los cultivos por parcela (ver anexo 4 y 5), las salidas de este elemento fueron 11 veces mayor a la cantidad aplicada , con un valor de 2471.75 kg ha<sup>-1</sup> en 2015 y 2497.03 kg ha<sup>-1</sup> en 2016, la parcela de cultivos anuales presenta salidas de 950.35 kg ha<sup>-1</sup> de N en 2015 y 958.41 kg ha<sup>-1</sup> de N en 2016, debido a la alta extracción de nutrientes por parte del cultivo de cucurbitáceas y yuca, reportado por Quirós y Salas (2006) quienes afirman que el cultivo de yuca es un gran extractor de nitrógeno del suelo, con una absorción total de 889 kg ha, del cual un 55% es absorbido por las raíces tuberosas y el tallo, la parcela de pasto de corte presenta salidas de 1413.11 kg ha<sup>-1</sup>de N en 2015 y 2016.

Las salidas de fósforo fueron siete veces mayor a la cantidad aplicada para ambos años, con un valor de 748.55 kg ha<sup>-1</sup> en 2015 y 755.51 kg ha<sup>-1</sup> en 2016, debido posiblemente a cultivos que extraen altas cantidades de fósforo como la yuca y cucurbitáceas, como se mencionó en el párrafo anterior.

En potasio las salidas fueron 32 veces mayores a la cantidad aplicada, con un valor de 3211.95 kg ha<sup>-1</sup> en el 2015 y 3232.08 kg ha<sup>-1</sup>para el 2016, presentando mayor extracción las parcelas de cultivos anuales debido a la alta extracción de nutrientes por el cultivo de pipian (*Cucurbita pepo* L.) reportado por CONABIO (s.f), para una producción media de 80,000-100,000 kg por hectárea se aplica 200-225 kg de nitrógeno , 100-125 kg de fósforo y 250-300 kg de potasio y pasto de corte con un promedio anual de 1319.7 kg ha<sup>-1</sup> y 1704.9 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

#### 4.3. Balance aparente de nutrientes N, P y K de la finca La Espadilla

Las salidas de nutrientes por las cosechas, la baja aplicación de fertilizantes influyen mucho en el balance de nutrientes , todos estos factores sumados a las pobres condiciones del suelo, como se muestra en la tabla del análisis de suelo de las parcelas (P y K muy bajos), proyectan como producto balances negativos.

Se presenta el balance aparente de nutrientes durante los años 2015 y 2016, (ver anexo 6 y 7). En ambos años las parcelas que mas influyeron en un balance negativo son la de cultivos anuales, debido a la siembra frijol y yuca en época de apante, en la que el productor no aplica ningún tipo de fertilizante, además de cultivar cucurbitáceas en la época de verano, que demandan altas cantidades de nutrientes para cumplir su ciclo productivo, (González & Pomares, 2008) y la parcela pasto de corte, donde siembra pastos que no reciben aporte de nutrientes y según (Moreno & Molina, 2007) los pastos tienen una alta tasa de extracción de nutrientes, esto conlleva a tener un balance negativo en ambos años.

#### 4.4. Balance aparente por elemento en la finca La Espadilla

##### 4.4.1. Balance aparente Nitrógeno

En los años 2015 y 2016 las parcelas de cultivos anuales y pasto de corte presentan balances negativos (ver figura 2), debido a la siembra de cucurbitáceas y yuca en época de apante, y taiwan, king grass, caña dulce y pará caribe, cultivos que no reciben ningún tipo de fertilizante. En las parcelas de café en producción y café en desarrollo se observa un balance positivo bajo debido a que reciben bajos aportes de nutrientes via compost. La parcela de bosque mantiene un balance neutro para ambos años, no se le da ningún aprovechamiento ni manejo.

La deficiencia más evidente de nitrógeno durante los dos años se observa en las parcelas de cultivos anuales y pasto de corte. Las aplicaciones de compost mineralizado para los cultivos de maíz, frijol y cucurbitáceas en la parcela de cultivos anuales son bajas en los ciclos productivos de primera, postrera y verano, en frijol y yuca para la época de apante no existe aplicación, al igual la parcela de pasto de corte.

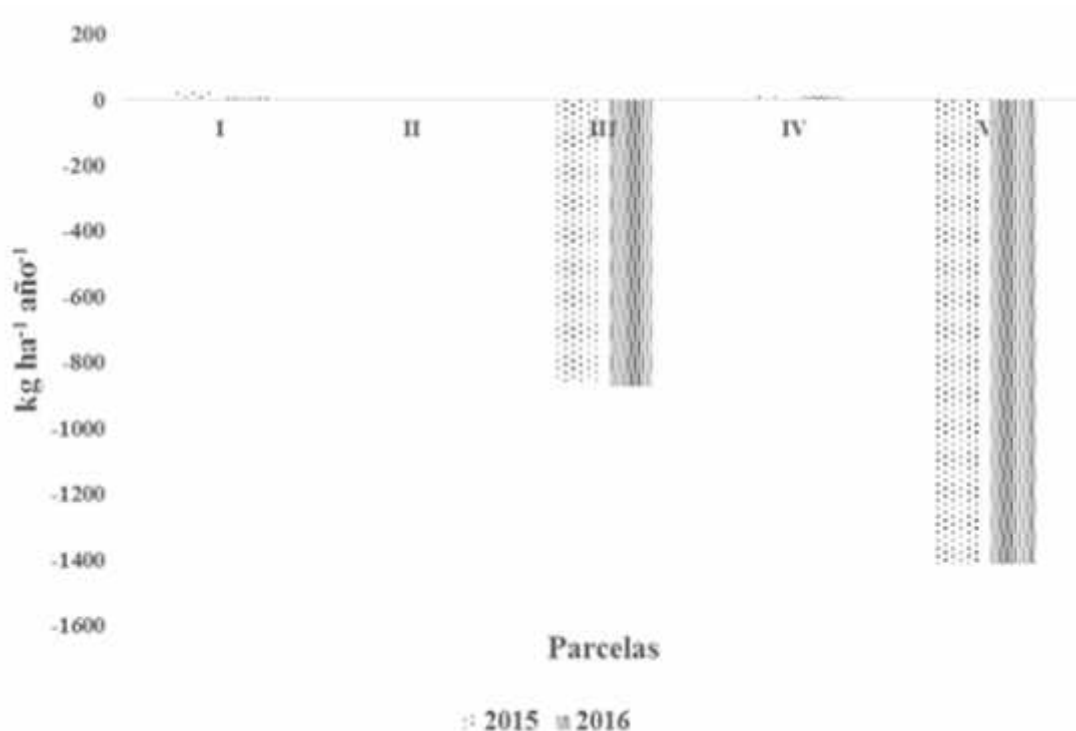


Figura 2. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en kg ha-1 por parcela/año finca La Espadilla.

#### 4.4.2. Balance aparente de Fósforo

La figura 3 muestra que en el año 2015-2016 las parcelas que presentan un balance negativo son la de cultivos anuales y pasto de corte.. El balance positivo se presenta en las parcelas café en producción y café en desarrollo, debido a que éstas reciben aporte de nutrientes via compost y la cantidad aplicada compensa la extracción de nutrientes por las cosechas. La parcela de bosque presenta un balance neutro.

La deficiencia más evidente de fósforo se observa en la parcela de cultivos anuales donde el productor realiza siembra en cuatro épocas consecutivamente y de esta manera agota las reservas de fósforo del suelo.

La parcela de pasto de corte obtuvo un balance negativo de 442.65 kg ha<sup>1</sup> , debido a la deficiencia de este elemento en el suelo y que el productor no realiza ningún aporte de fertilizante.

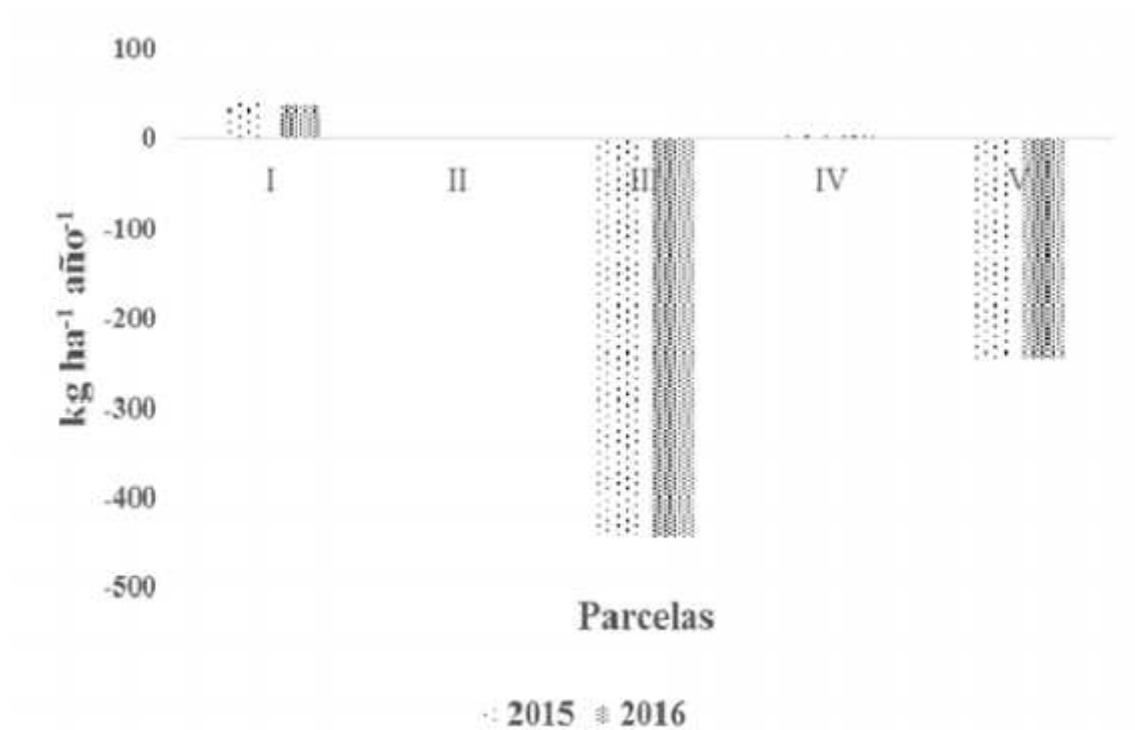


Figura 3. Comportamiento del balance aparente de Fósforo en kg ha<sup>-1</sup> por parcela/año finca La Espadilla.

#### 4.4.3. Balance aparente de Potasio

En la figura 4 se observa que para los años 2015-2016 las parcelas de cultivos anuales, café en desarrollo y pasto de corte tuvieron balances negativos.

En la parcela de cultivos anuales se observa un aumento de 5 kg ha<sup>-1</sup> en el balance negativo de 2016 comparado con el 2015, posiblemente porque en algunas épocas de siembra (apante) no aplican fertilizantes a los cultivos establecidos, por medio de las cosechas se extraen nutrientes que no son restituidos, lo que provoca un empobrecimiento en la fertilidad del suelo, (Garcia, 2007).

En la parcela de café en desarrollo, se observa un balance negativo, debido a la presencia de café y musáceas utilizadas para sombra lo que causa déficit de potasio porque las cantidades que se aplican por parcela no son suficientes ( $14.4 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

En la parcela de pasto de corte para ambos años se observó un mayor balance negativo de potasio ( $1319 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Para 2015-2016 de forma general se puede decir que los balances estuvieron negativos para la mayoría de las parcelas por año, debido a que el suelo no recibe aporte suficiente de nutrientes via fertilizante y tiene mayor salida de nutrientes por medio de la extracción que se realiza en las cosechas. Todo desequilibrio de los elementos minerales asimilables que existen o aparecen en el suelo, debe ser corregido por los aportes de elementos fertilizantes, de manera que se restablezca el equilibrio óptimo de los elementos del suelo, (Garcia, 2007).

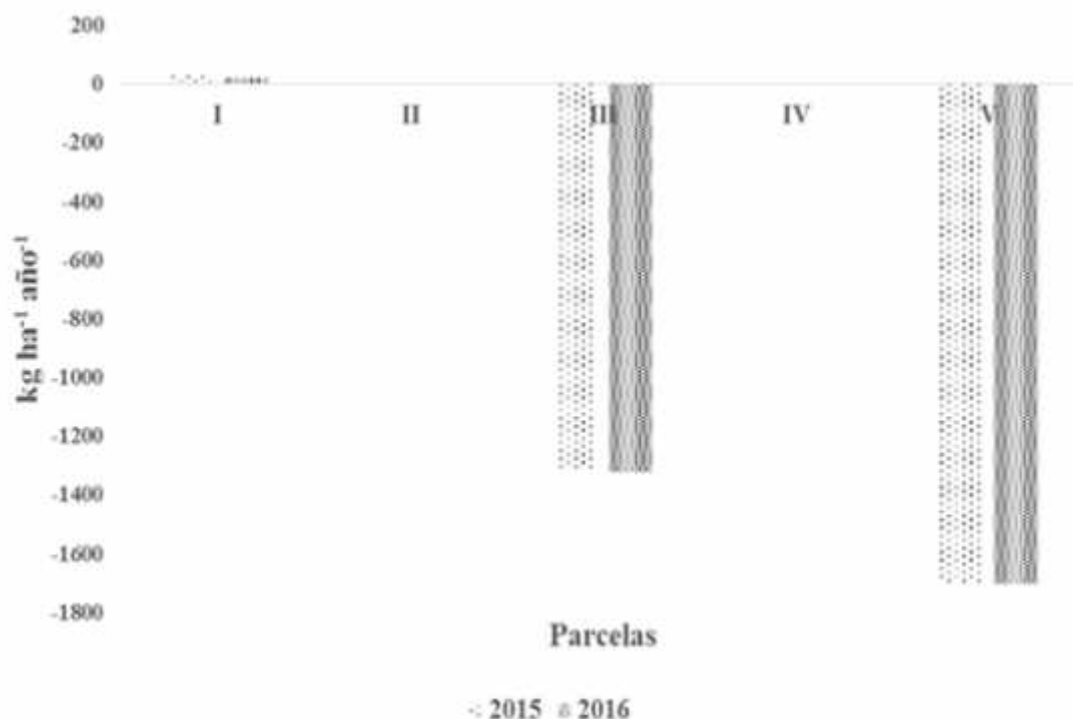


Figura 4. Comportamiento del balance aparente de Potasio en  $\text{kg ha}^{-1}$  por parcela/año finca La Espadilla.

#### 4.5. Entradas de N, P y K de la finca La Vecina

En el anexo cuadro 8 y 9 se presentan las entradas a los cultivos por parcelas en dos años (2015-2016) en el agroecosistema poco complejo, se representan las entradas de nitrógeno fósforo y potasio en  $\text{kg ha}^{-1}$ . El cuadro muestra que en la parcela cultivos anuales, hubo una disminución en las cantidades de nitrógeno aplicadas en el año 2016 con respecto al 2015 a causa de la ausencia del cultivo de maíz en época de primera de 2016 lo que significó una ausencia de  $59.38 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, en las parcelas de café en desarrollo, café producción y café en recepo, se aplicó la misma cantidad de fertilizante para ambos años, la parcela de bosque no recibió ningún tipo de aplicación. En esta finca no se tiene ninguna práctica específica para la recuperación de la fertilidad del suelo.

En el año 2015 los aportes de nitrógeno, fósforo y potasio fueron de  $664.36 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $152.33 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, y  $179.76 \text{ kg ha}^{-1}$  de K y en 2016 se presentó una disminución en los aportes de nitrógeno y fósforo con valores de  $604.98 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $152.63 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente, el aporte de potasio se mantuvo igual que en 2015.

Las cantidades de fertilizante sintético aplicadas a nivel de finca son consideradas bajas, tomando en cuenta los bajos contenidos en Fósforo y Potasio presentes en el suelo, sumado a esto la demanda de cultivos como banano y café, según (ICAFE, 2011) se deben aplicar  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  año de una fórmula completa y  $179 \text{ kg ha}^{-1}$  año de nitrato de amonio para una producción estimada de 20 fan/ha. Todo esto conlleva a un continuo empobrecimiento de la fertilidad del suelo provocando su deterioro productivo a lo largo del tiempo.

Según el análisis de laboratorio de suelo, comparado con el rango establecido por (LABSA, 2017), el porcentaje de nitrógeno se encuentra alto; el Fósforo disponible pobre y el potasio medio.

Según Andrades & Martínez (2014) bajos niveles de fósforo en el suelo disminuyen la capacidad de crecimiento de las raíces, reduce la cantidad y calidad de los frutos así como también retrasa la maduración de los mismos mientras que bajos niveles de potasio reducen la resistencia de las plantas a periodos de sequía y heladas, mantener niveles adecuados de ambos elementos en el suelo es importante para obtener buenos rendimientos en las cosechas.

#### 4.6. Salidas de N, P y K de la finca La Vecina

En el anexo (10 y 11) se presentan las salidas de N, P y K. La tasa de extracción de nutrientes es variable de acuerdo al cultivo establecido y al rendimiento alcanzado por este (Ventimiglia, Carta, & Rillo, 2000).

En el año 2015 y 2016 se aplicaron las mismas cantidades de nitrógeno para cada cultivo por parcela, las salidas de este elemento fueron 2 veces menor en 2015 y 4 veces menor en 2016 en comparación a la cantidad aplicada, con un valor de  $185.44 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2015 y  $112.65 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2016. En fósforo las salidas de este elemento fueron 5 veces menor para el año 2015 y 8 veces menor para el año 2016 en comparación con la cantidad aplicada, con un valor de  $25.31 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2015 y  $15.42 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2016. En potasio las salidas fueron 1 vez menor en ambos años comparado con la cantidad aplicada, con un valor de  $93.79 \text{ kg ha}^{-1}$  en el 2015 y  $95.20 \text{ kg ha}^{-1}$  para el 2016.

Las aplicaciones de fertilizantes fueron mayores a las extraídas por los cultivos, pero no se ve un aumento significativo de los rendimientos de los cultivos en 2016 comparado con el año 2015, razón por la cuál se puede decir que el productor está realizando gastos en fertilizantes que podrían usarse en otras actividades de conservación del suelo, (García, 2007) indica que la cantidad de fertilizante a aplicar se debe aumentar siempre y cuando este signifique un incremento en los rendimientos y que este aumento en los rendimientos tenga un valor adicional al fertilizante aplicado.

#### 4.7. Balance aparente de N, P y K de la finca La Vecina

Las salidas de nutrientes por las cosechas y la aplicación de fertilizantes influyen mucho en el balance de nutrientes , el agroecosistema poco complejo presenta un balance positivo para ambos años a causa de que las cantidades de fertilizantes aplicadas superan a las extraídas por la cosecha de cultivos establecidos, (Ernst et al., 2012) afirman que balances positivos pueden indicar construcción de fertilidad en suelos con bajos suministros de nutrientes o riesgos de contaminación en suelos fértiles.

En el anexo 12 se presenta el balance aparente de nutrientes durante dos años (2015-2016) que comprendió el estudio. En ambos años las parcelas que mas influyeron en un balance positivo fueron café desarrollo, café producción y café recepo, en la cuál no existe extracción por cosecha porque la parcela está recién recepada y los brotes nuevos no son productivos todavía.

La parcela de bosque presenta balance negativo para ambos años (2015-2016), de ésta se extrae leña para consumo pero no se aplica fertilizante sin embargo (Martín et al., 1996) sostienen que las especies que se encuentran en lugares pobres de P o N edáfico poseen mayores índices de reabsorción, dado que se ven obligadas a retenerlos y reutilizarlos lo mejor posible, favoreciendo un reciclado interno mas eficiente.



#### 4.8. Balance aparente por elemento en la finca La Vecina

##### 4.8.1. Balance aparente de Nitrógeno

En la figura 5 se observa que en los años 2015 y 2016 se presenta un balance negativo en la parcela de bosque, debido a que de ésta se extrae leña para consumo pero no se le aplica ningún tipo de fertilizante, sólo existe el reciclaje natural de la materia orgánica producida por las plantas.

Durante ambos años se presentan balances positivos para las parcelas de cultivos anuales con  $41.86 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2015 y  $58.23 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2016, café desarrollo, café en producción y café recepo, debido a que existe una aplicación de fertilizantes mucho mayor a la extraída por las cosechas, práctica indispensable para mantener la fertilidad de los suelos (García, 2007).

El año 2016 presenta una leve variación en cuanto al balance en comparación al año 2015 esto debido a la ausencia del cultivo de maíz en la parcela de cultivos anuales y al aumento en el rendimiento de algunos cultivos como café por efecto de un mejor manejo en el año 2015 comparado con años anteriores donde las aplicaciones de fertilizantes y control de plagas y enfermedades eran menores.

La parcela de café recepo en el año 2016 presenta un aumento en el balance de  $4.3 \text{ kg ha}^{-1}$  de N en relación al año 2015 este aumento se debe a que durante 2015 hubo extracción de nutrientes por medio de la leña de café que se aprovechó cuando se realizó el recepado.

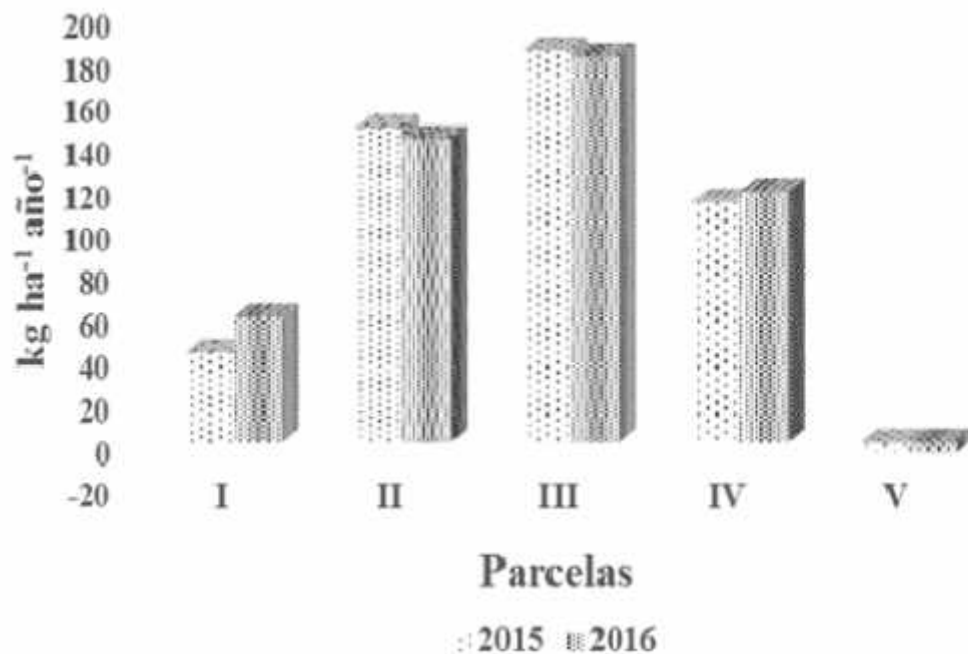


Figura 5. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en kg ha<sup>-1</sup> por parcela/año finca La Vecina.

#### 4.8.2. Balance aparente de Fósforo

En la figura 6 se observa que durante los años 2015 y 2016 únicamente se presentaron balances negativos en la parcela de bosque, debido a que de ésta se extrae leña para consumo pero no se aporta ningún tipo de fertilizante, sólo existe el reciclaje natural de nutrientes.

Durante ambos años se presentan balances positivos para las parcelas de cultivos anuales, café desarrollo, café en producción y café recepo, la restitución de nutrientes es mayor a la extraída por la cosecha a pesar que en el año 2016 hubo un aumento en los rendimientos a consecuencia de un mejor control de plagas y enfermedades que permitieron mejor desarrollo de los cultivos. El año 2016 la parcela de cultivos anuales presenta una variación de 10 Kg ha<sup>-1</sup> en cuanto al balance en comparación al año 2015 esto debido a que en éste año no se estableció el cultivo de maíz por falta de recursos económicos, lo que contribuye a un balance positivo más amplio porque no hay extracción de fósforo por parte del grano de maíz.

Las parcelas café en desarrollo y café en recepo presentan una leve variación influenciada por el aumento de los rendimientos de los cultivos a consecuencia de mejoras en el sistema de manejo como el control preventivo de plagas y enfermedades que permitieron evitar afectaciones en los cultivos, la parcela de café en producción presenta un balance neutro porque no existe variación en los rendimientos de los cultivos pero se mantienen las mismas dosis aplicadas de fertilizantes, (Ernst et al., 2012) sostiene que balances de nutrientes neutros indican que el stock del nutriente en el suelo no varió, pero la fertilidad del mismo podría ser limitante para el logro de mayores rendimientos.

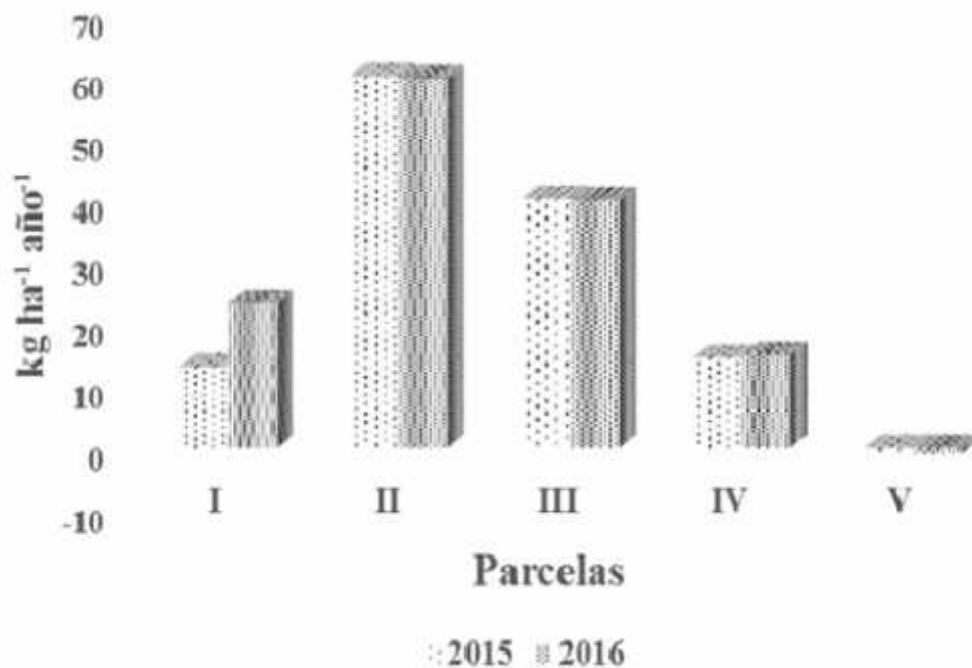


Figura 6. Comportamiento del balance aparente de Fósforo en kg ha-1 por parcela/año finca la Vecina.

#### 4.8.3. Balance aparente de Potasio

En la figura 7 se observa que durante los años 2015 y 2016 se presenta balance negativo en la parcela de bosque, debido a que es la única parcela que se extrae leña pero no se restituyen los nutrientes porque no se aplica fertilizante.

Durante ambos años se presentan balances positivos para las parcelas de cultivos anuales con  $16.98 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2015 y  $22.37 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2016, año donde se presenta un aumento en el balance a causa de la ausencia de la extracción provocada por el cultivos de maiz, en la parcela de café en desarrollo existe una disminución del balance del año 2016 comparado con el 2015 debido a que se aplicaron las mismas cantidades de fertilizantes pero la extracción por cosecha aumentó porque se produjo un incremento productivo de 5 qq de café sumado a esto la extracción realizada por el cultivo de musáceas.

La parcela de café producción presenta un balance positivo pero dentro de ambos años existe una variación negativa de  $3.45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$  en el año 2016 en relación al año 2015 debido a que durante ambos años no hay variación en las dosis de fertilizantes aplicadas, la parcela de café recepo presenta balance positivos pero no existe una variación de cantidad muy marcada a pesar de un pequeño aumento de rendimiento en la parcela de café en producción.

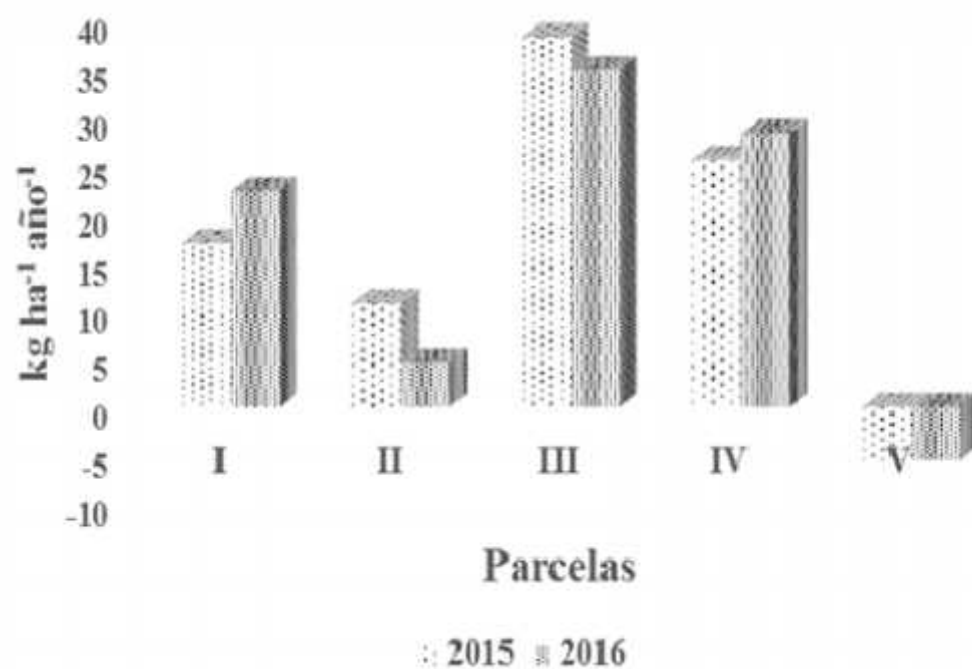


Figura 7. Comportamiento del balance aparente de Potasio en kg ha<sup>-1</sup> por parcela/año finca La Vecina.

#### 4.9. Balance aparente de N, P y K fincas La Vecina y La Espadilla 2015-2016

En el balance aparente general de las fincas La Espadilla y La Vecina, se observa un resultado negativo de N, P, K para la finca La Espadilla debido a la baja incorporación de fertilizante y a la alta extracción de nutrientes por las cosechas de cada cultivo establecido. En la finca La Vecina se presentó un balance positivo, donde el productor realiza aplicaciones de fertilizante completo y urea que compensan las extracciones por cosecha que realizan los cultivos.

La finca La espadilla presenta balances negativos debido a la diversidad de cultivos presentes en las parcelas, se considera el café (*Coffea arabica L*) como principal cultivo y las aplicaciones de fertilizante son dirigidas a éste, los demás cultivos aprovechan los nutrientes que son incorporados para poder cumplir su ciclo productivo; la nula aplicación de fertilizante

en la época de apante en la parcela de cultivos anuales y pasto de corte, sumado a la extracción de nutrientes por cosecha, agota las reservas de nutrientes del suelo.

Se obtuvieron mayores valores negativos para el potasio con -6001.5 kg en ambos años, debido a que el compost mineralizado contiene mayor cantidad de nitrógeno y bajas de fósforo y potasio. García y González (2013), afirman que los balances negativos reducen la fertilidad del suelo pudiendo afectar seriamente la producción (rendimientos y biomasa no cosechada).

Los resultados tienen relación con el análisis de suelo en laboratorio que indican bajos niveles de potasio, provocando un agotamiento de las reservas minerales del suelo afectando de manera directa la fertilidad y el rendimiento de los cultivos. El fósforo presenta los valores negativos más bajo con promedio de -1301.26 kg por año.

La Finca La Vecina presenta balances positivos, considerando la poca diversidad de cultivos en las parcelas y la aplicación de cantidades de fertilizantes que compensan los nutrientes que se extraen por las cosechas. Se presentaron valores para el nitrógeno de 971.25 kg, el fósforo con 264.23 kg y potasio con 170.53 kg. En estudios realizados por Ernst et al., (2012), se demostró que un balance positivo en una condición mayor a un suelo saturado en fertilidad representa un riesgo de contaminación para el suelo.

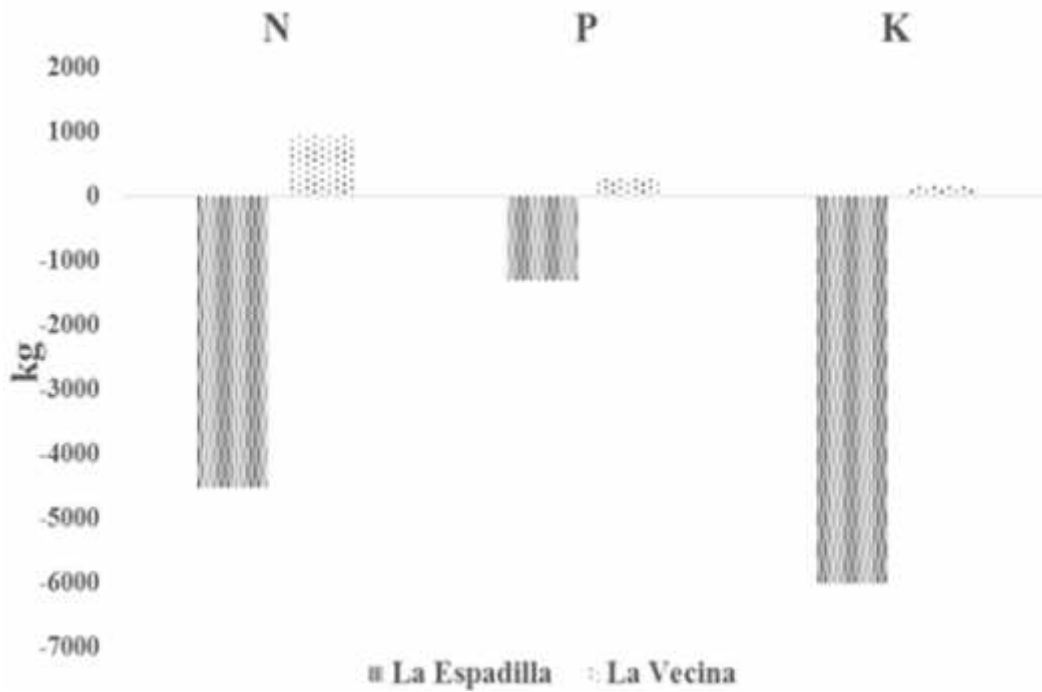


Figura 8. Comportamiento del balance aparente de N, P y K fincas La Vecina y La Espadilla 2015-2016

#### 4.10. Indicadores físicos y químicos de suelo

Los indicadores de calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (Astier et al., 2001).

Las figuras 10 y 11 presenta el estado actual de indicadores de suelo de las fincas en estudio, representado en una ameba. Indicadores que fueron categorizados en una escala de uno a cinco como se presenta en el anexo cuadro 8.

#### 4.10.1. Indicadores físicos y químicos de la finca La Espadilla

La materia orgánica en el sistema suelo al mejorar la estructura y su cohesión, aumenta la permeabilidad al agua y al aire de los suelos de cultivos; además la gran capacidad de los colides húmicos para retener las moléculas de agua, hace que aumente la capacidad de retención hídrica del suelo (Labrador et al. 1993).

En la figura 10 se observa que la materia orgánica en las parcelas bosque, café en producción, café en desarrollo, cultivos anuales y pasto de corte se encuentra en una categoría de cuatro a cinco presentando contenido de materia orgánica de alta a muy alta, los valores de porosidad oscilan entre 55 y 70% y son clasificados por García (2015) como excelente, comportamiento reportado en estudios realizados por Cardona y Sadeghian (2005), donde encontraron valores de porosidad de 67% en suelos manejados orgánicamente (prácticas agroecológicas), declarando que a mayor contenido de materia orgánica se incrementa la porosidad.

Los suelos donde están establecidas las parcelas café en producción, bosque, pasto de corte y cultivos anuales presentan una textura franco arcillosa, según Rucks et al., (2004) son suelos de textura moderadamente fina que poseen buenas características de drenaje y areación. Esta textura le confiere a los suelos cierta ventaja en los que se refiere a una mayor estabilidad estructural y capacidad de intercambio de cationes, excepto la parcela café en desarrollo que presenta una textura arcillosa. La textura y el alto contenido de materia orgánica favorecen la buena velocidad de infiltración que presentan las cinco parcelas.

La profundidad del suelo en las parcelas de café en producción, cultivos anuales, café en desarrollo y pasto de corte se encuentran en un rango de 25 a 50 centímetros, consideradas como profundidad superficial, la parcela bosque que presenta un rango que va de 100-50 centímetros, considerada moderadamente profunda.



El pH define la actividad química y biológica de un suelo, el mejor rango de pH para la agricultura están entre los 5.5 y 6.5 (Watler & Thompson, 2002), las cinco parcelas presentan un rango de pH de 5.3 a 5.9, cercano a la neutralidad, en consideración al manejo que se realiza en la finca y a la presencia de arboles, éstos valores coinciden con lo reportado por Ojeda et al., (2007); Young, (1989), quienes indican que en los sistemas con presencia de arboles, la materia orgánica se mantiene a niveles satisfactorios, favoreciendo un reciclaje de las bases y permitiendo una reducción de la acidez del suelo.

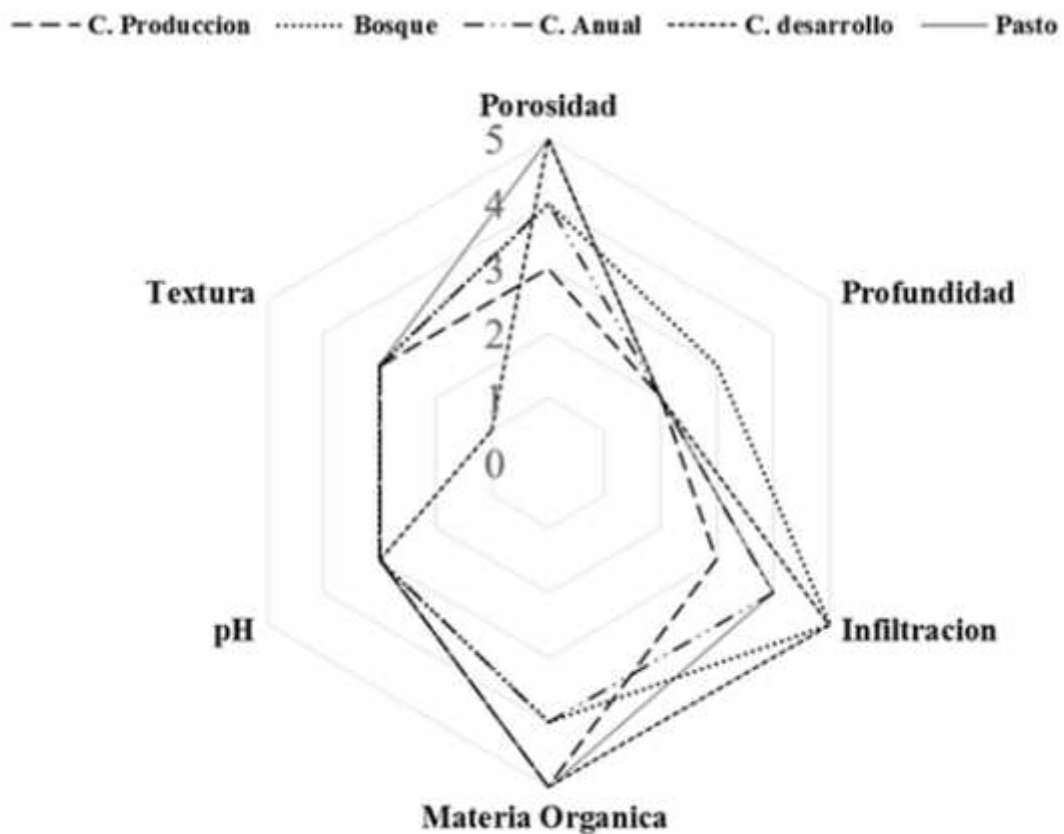


Figura 10. Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la Finca La Espadilla.

#### 4.10.2. Indicadores físicos y químicos de la finca La Vecina

Flores y Alcalá (2010) indican que una reducción en la porosidad del suelo repercute en propiedades físicas desfavorables debido a una menor aireación del suelo, menor capacidad de infiltración de agua y dificultad para la penetración de las raíces.

En figura 11 se observa que los suelos de las parcelas presentan una textura franco arcillosa en su mayoría, únicamente la parcela de café en recepo presenta una textura arcillosa y presentan una porosidad que se encuentra en una clasificación de satisfactoria a excelente con un rango que va de 50 a 65, debido al efecto favorable que sobre esta propiedad ejercen la materia orgánica y las raíces de las plantas al realizar una exploración mas profunda en el suelo, favoreciendo de esta manera la velocidad de infiltración del agua lo que permite mantener suelos bien drenados en periodos de intensas lluvias.

Según Fassbender (1984), el contenido de materia orgánica del suelo esta influenciado por el pH, la vegetación, las características físicas y químicas, la microfauna del suelo y factores como el tipo de manejo y las especies de cultivos establecidas.

Las parcelas de café en desarrollo, café recepo, café en producción y bosque se presenta un contenido de materia orgánica alto debido al aporte de residuos orgánicos tales como hojarasca, raíces, la micro y la mesofauna del suelo; la parcela de cultivos anuales presenta un contenido de materia orgánica media, en ésta se ha perdido por erosion la capa superficial rica en materia orgánica., la parcela de café en desarrollo presenta un pH fuertemente ácido, considerando el aporte de materia orgánica por medio de la hojarsca coincide con lo dicho por Vansintja & Vega (1992), que la materia orgánica es hidrófila, almacenando agua 5 a 10 veces mayores que la capacidad de retención de la arcilla por tanto el pH tiende acidificarse por la presencia de iones de hidroxilo en el agua.

La profundidad de los suelos de las parcelas cultivos anuales, café en desarrollo y café en producción es considerada como superficial según la clasificación realizada por García (2015),

mientras que la parcela de bosque y café en recepo presentó una profundidad moderadamente superficial, representando una profundidad marginal que sumado a la abundante presencia de rocas en éstas parcelas forman una barrera física que limita el crecimiento adecuado de las raíces de las plantas.

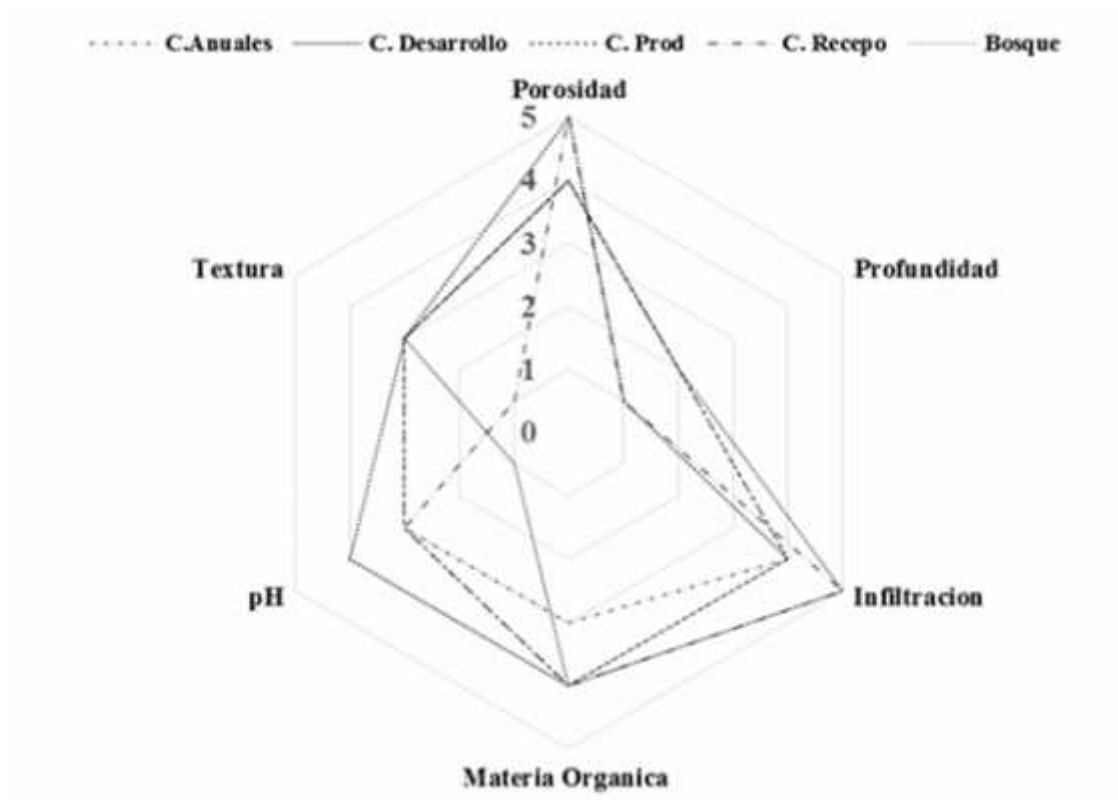


Figura 11. Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la finca La Vecina.

#### 4.11. Indicadores físicos y químicos de las fincas La Espadilla y La Vecina

Jiménez y González (2006) afirman que las interpretaciones y evaluaciones del comportamiento de indicadores físicos y químicos del suelo deben evaluarse con respecto a tendencias a largo plazo o a señales de sostenibilidad, que se traducirán en una degradación, mantenimiento o aumento de su calidad biológica, química o física.

En la figura 12 se observa que el 83% de los indicadores físicos y químicos evaluados en ambas fincas se encuentran en la misma categoría, según la clasificación realizada por García (2015), el único indicador que difiere en valor entre ambas fincas es el contenido de materia orgánica en el suelo, la finca La Espadilla presentó un contenido de materia orgánica muy alta, la finca La Vecina presentó un contenido de materia orgánica alta.

Utilizando la materia orgánica como único indicador con valores diferentes no se puede decir que finca presenta mayores ventajas en cuanto a la otra porque las evaluaciones se realizaron durante dos años, Arnold et al., 1990 afirman que para encontrar incrementos en la calidad del suelo se deben hacer evaluaciones mayores a 10 años.

La diferencia de materia orgánica de las fincas está influenciado por el tipo de manejo y la fertilización utilizada como lo demuestran estudios realizados por Ribó (2003) donde afirma que el uso de una fertilización casi exclusivamente química, ha provocado un enorme empobrecimiento de los suelos de cultivos en materia orgánica.



Figura 12. Comparación del comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en las fincas La Espadilla y La Vecina.

## **V. CONCLUSIONES**

El balance aparente de nitrógeno, fósforo y potasio para la finca La Espadilla fue negativo y para la finca La Vecina positivo.

El manejo que realizan los productores influye en el contenido de materia orgánica en el suelo, la finca La Espadilla presentó un contenido de materia orgánica muy alta y la finca La Vecina presentó un contenido de materia orgánica alta. Los demás indicadores físicos y químicos evaluados se encuentran en la misma categoría.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El productor de la finca La Espadilla debe compensar el déficit presentado por las exportaciones de N, P, y K restituyendo los elementos al sistema productivo, tomando en cuenta las exigencias nutricionales de los cultivos.

El productor de la finca La Vecina debe diversificar los cultivos de su finca y dar mejor uso a los rastrojos de cosecha para mejorar las cantidades de materia orgánica presente en el suelo.

El productor de la finca La Vecina debe analizar si las cantidades de fertilizante aplicadas a los cultivos son las adecuadas, de acuerdo a los rendimientos obtenidos.

## VII. LITERATURA CITADA

- Altieri MA, Nicholls CI. 2000. Applying agroecological concepts to development of ecological based pest management systems. En Proc. Workshop Professional Societies and Ecological based pest management systems. National Research Council, Washington DC, 14-19 pp.
- AMUPNOR. 2010. Diagnóstico del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial – San Ramón (En Línea). Nic. Consultado el 18 de sept 2015. Disponible en: <http://www.amupnor.com/sites/default/files/sites/default/files/doc/Diagnostico%20San%20Ramon.pdf>.
- AMUPNOR-INAFOR. 2012. Plan ordenamiento forestal del municipio de San Ramón. (En Línea). Nic. Consultado el 18 de sept 2015. Disponible en: <http://www.amupnor.com/sites/default/files/sites/default/files/doc/Plan%20de%20ordenamiento%20Forestal%20San%20Ram%C3%B3n.pdf>.
- Andrades, M.; Martínez, ME. 2014. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. (en línea). Consultado 22 mar. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Arnold, RW.; Izaboles, I. y Targulian, V. O. (1 990). Global soil change. Report of an international institute for applied system analysis. Laxenburg. Australia: International Ssociety of Soil Science UNEP.
- Astier, M; Maass, M; Etchevers, J. 2001. Derivacion de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. (en línea). Consultado 23 feb. 2017. Disponible en: <http://132.248.9.195/pdtestdf/0309779/A6.pdf>
- Bello et al., 2010. Biodesinfeccion de suelos y manejo agrónomico. (en línea). Consultado el 27 mar 2017. Disponible en: [http://cfapalencia.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/Biodesinfeccion\\_de\\_Suelos\\_y\\_Manejo\\_Agronomico.pdf](http://cfapalencia.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/Biodesinfeccion_de_Suelos_y_Manejo_Agronomico.pdf)
- Bernal, EJ. 1998. Fertilización de cultivos en clima frio. MonómerosColombo-Venezolanos. 359p.
- Cardona Calle, DA; Sadeghian Khalajabadi, S. 2005. Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar. (en línea). Consultado el 15 mar. 2014. Disponible en <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/197/1/arc056%2804%29348-364.pdf>
- Ciampiti, I; Garcia, F. 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. Revista Horizonte A. 4 (18): 22-28.



- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, MX). s.f. Cucurbita pepo pepo. Consultado 27 mar. 2017. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20870\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20870_sg7.pdf)
- Echeverria, HE et al. 2014. Guía de Trabajos Prácticos de Edafología. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias, Dpto. Edafología Agrícola. Balcarce.
- Ernst, et al. 2012. Balance aparente de N, P y K en función de la intensidad de uso del suelo para la agricultura. (en línea). Consultado 17 mar. 2017. Disponible en: [http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue032\\_ernst.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue032_ernst.pdf)
- Fassbender, HW. 1984. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina (Cuarta Edición ed.). San José, Costa Rica: IICA.
- Flores D, L.; Alcalá M, JR. 2010. Manual de procedimientos analíticos. (en línea). Consultado 24 feb. 2017. Disponible en: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>
- FUNPROVER (Fundación produce Veracruz, MX). s.f. Propiedades físicas del suelo. (en línea). Consultado 24 feb. 2017. Disponible en: <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Propiedades%20Fisica%20del%20Suelo.pdf>
- García, FO; González Sanjuan, MF. 2013. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Como estamos?. (en línea). Consultado 15 mar. 2017. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/6E55A4956F44419585257B3400548C6E/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/6E55A4956F44419585257B3400548C6E/$FILE/2.pdf)
- García, L. 2007. Texto básico: fertilidad de suelo y fertilidad de cultivo. Universidad Nacional Agraria: Managua Nicaragua.
- García, L. 2015. Manual: Metodologías de campo para determinar la profundidad, la densidad aparente, materia orgánica e infiltración del agua en el suelo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria.
- González, V.; Pomares, F. 2008. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológico. (en línea). Consultado 15 feb. 2017. Disponible en: <http://www.agroecologia.net/recursos/documentos/manuales/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>
- ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2011. Guía técnica para el cultivo del café. (en línea). Consultado 14 mar. 2017. Disponible en: <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>

INIDE-MAGFOR. 2013. IV censo nacional agropecuario CENAGRO. Departamento de Matagalpa y sus municipios. 120p.

Jiménez B, R.; González Q, V. 2006. La calidad de suelos como medida para su conservación. (en línea). Madrid, España. Consultado 24 mar. 2017. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo13c/articulo125.pdf>

Laboratorio de Suelo y Agua. 2017. Análisis químico y físico de suelo. Managua: Universidad Nacional Agraria.

Labrador M, J. et al., 1993. La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización. (en línea). Consultado 26 mar. 2017. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_03.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf)

Martín, A.; Santa Regina, I.; Gallard, JF. 1996. Eficiencia, retraslocación y balance de nutrientes en bosques de *Quercus Pyrenaica* bajo diferente pluviometría en la sierra de Gata (Centro-oeste Español). (en línea). Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia\\_10\\_07\\_tcm7-45837.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_10_07_tcm7-45837.pdf)

Moreno O, F.; Molina R, D. 2007. Buenas prácticas agropecuarias en la producción de ganado doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta. (en línea). Consultado 15 feb. 2017. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1564s/a1564s00.pdf>

Ojeda Q, L. et al., 2007. Geomorfología, propiedades físicas y principales componentes de la fertilidad del suelo en un bosque semideciduomesófilo y en zonas de colecciones de plantas del Jardín Botánico de Cienfuegos. (en línea). Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&hid=21&sid=8c1a403a-0891-4e39-8762-10ab45e1c351%40sessionmgr14>

Prieto M, J.; Prieto G, F.; Acevedo S, O.; Méndez M, M. 2013. Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México. (en línea). Consultado 24 mar. 2017. Disponible en : [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v24n01\\_083.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_083.pdf)

Quirós Arguello, BJ; Salas, GE. 2006. Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos en yuca (*Manihot esculenta*) en el tanque de La Fortuna, San Carlos, Alajuela. (en línea). Consultado 17 mar. 2017. Disponible en: [http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5896/An%C3%A1lisis%20de%20crecimiento%20y%20absorci%C3%B3n%20de%20nutrimentos%20en%20yuca%20\(Manihot%20esculenta\)%20en%20El%20Tanque%20La%20Fortuna%20de%20San%20Carlos,%20Alajuela.pdf?sequence=1](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5896/An%C3%A1lisis%20de%20crecimiento%20y%20absorci%C3%B3n%20de%20nutrimentos%20en%20yuca%20(Manihot%20esculenta)%20en%20El%20Tanque%20La%20Fortuna%20de%20San%20Carlos,%20Alajuela.pdf?sequence=1)

- Ribó H, M. (2003). Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico. Valencia, España. (en línea). Consultado 25 mar. 2017. Disponible en: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9501/ribo.pdf?sequence=1>
- Rucks, L. et al. 2004. Propiedades físicas del suelo. (en línea). Consultado 24 feb. 2017. Disponible en: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Vargas Urbina, JE.; Laguna Ramírez, MJ. 2017. Diseños, manejo y biodiversidad de la macro fauna del suelo en dos agroecosistemas cafetaleros en Matagalpa, Nicaragua 2015-2016. (in litt).
- Vázquez L, L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Habana, CU.
- Ventimiglia, LA.; Carta, HG.; Rillo, SN. 2000. Exportación de nutrientes en campos agrícolas. (en línea). Consultado 15 feb. 2017. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/A6AB235F461783C48525799C0058ED55/\\$FILE/ExpNut9deJulio.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/A6AB235F461783C48525799C0058ED55/$FILE/ExpNut9deJulio.pdf)
- Watler R, WJ.; Thompson C, DD. 2002. Caracterización y clasificación de los suelos de la microcuenca Cuscamas, con una propuesta agroecológica del uso mayor de la tierra, El Tuma, La Dalia, Matagalpa. (en línea). Consultado 24 feb. 2017. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/TESIS/TNP32W334.PDF>
- Young, A. (1989). Ten hypothesis for soil agroforestry research. *Agroforestry Today*. 1(1):3

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Entradas de nutrientes Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2015

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Nutrientes incorporados totales		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015	I	Perenne	Café Productivo	124.39	56.23	122.69
		Total/Balance			<b>124.39</b>	<b>56.23</b>
	II	Perenne	Bosque	0	0	0
		Total/Balance			<b>0</b>	<b>0</b>
	III	Primera	Maiz	18.85	8.52	18.59
		Postrera	Frijol	18.85	8.52	18.59
		Apante	Frijol	0	0	0
		Apante	Yuca	0	0	0
		Verano	Pipian	14.45	6.53	14.26
		Verano	Ayote	33.18	15	32.73
		Total/Balance			<b>85.33</b>	<b>38.57</b>
	IV	Perenne	Café Desarrollo	14.6	6.6	14.4
		Anual	Banano Seda	0	0	0
		Total/Balance			<b>14.6</b>	<b>6.6</b>
	V	Perenne	Pasto King			
			Grass	0	0	0
			Taiwan	0	0	0
			Caña dulce	0	0	0
			Para Caribe	0	0	0
Total/Balance			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Total</b>				<b>224.32</b>	<b>101.4</b>	<b>221.26</b>

Anexo 2. Entradas de nutrientes Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2016

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Nutrientes incorporados totales			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
2016	I	Perenne	Café Productivo	124.39	56.23	122.69	
		Perenne	Aguacate	0	0	0	
		Perenne	Naranja	0	0	0	
		Perenne	Limón Agrio	0	0	0	
		Perenne	Mandarina	0	0	0	
		Perenne	Toronja	0	0	0	
		Perenne	Cacao	0	0	0	
		Perenne	Achiote	0	0	0	
		Total/Balance		<b>124.39</b>	<b>56.23</b>	<b>122.69</b>	
		II	Perenne	Bosque	0	0	0
		Total/Balance		0	0	0	
		III	Primera	Maiz	18.85	8.52	18.59
			Postrera	Frijol	18.85	8.52	18.59
			Apante	Frijol	0	0	0
			Apante	Yuca	0	0	0
			Verano	Pipian	14.45	6.53	14.26
			Verano	Ayote	33.18	15	32.73
	Total/Balance			<b>85.33</b>	<b>38.57</b>	<b>84.17</b>	
	IV	Perenne	Café Desarrollo	14.6	6.6	14.4	
		Anual	Banano Seda	0	0	0	
		Total/Balance		<b>14.6</b>	<b>6.6</b>	<b>14.4</b>	
	V	Perenne	Pasto King				
			Grass	0	0	0	
			Taiwan	0	0	0	
			Caña dulce	0	0	0	
			Para Caribe	0	0	0	
	Total/Balance		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>Total</b>				<b>224.32</b>	<b>101.4</b>	<b>221.26</b>	

Anexo 3. Salidas de nutrientes Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2015

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Salidas totales de nutrientes			
				N	P	K	
2015	I	Perenne	Café				
			Productivo	31.63	2.13	37.43	
			Aguacate	3.04	1.12	5.48	
			Naranja	4.97	1.46	1.7	
			Limón Agrio	2.23	0.22	2.06	
			Mandarina	6.86	0.62	7.02	
			Toronja	6.95	1.11	11.95	
			Cacao	7.9	3.65	4.45	
			Achiote	39.15	6.51	21.51	
	Total/Balance		<b>102.73</b>	<b>16.82</b>	<b>91.6</b>		
	II	Perenne	Bosque	0	0	0	
		Total/Balance		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
	III	Primera	Maiz	19.22	6.97	3.87	
			Postrera	Frijol	22.73	7.25	17.43
			Apante	Frijol	30.52	9.73	23.4
			Apante	Yuca	259	331.81	872.73
			Verano	Pipian	368	74.5	287.5
			Verano	Ayote	250.88	50.96	196
				Total/Balance	<b>950.35</b>	<b>481.22</b>	<b>1400.93</b>
	IV	Perenne	Café Desarrollo	2.07	0.14	2.45	
			Anual	Banano Seda	3.49	4.62	12.02
				Total/Balance	<b>5.56</b>	<b>4.76</b>	<b>14.47</b>
	V	Perenne	Pasto King				
			Grass	459.26	79.87	554.11	
			Taiwan	459.26	79.87	554.11	
			Caña dulce	282.62	49.15	340.99	
			Para Caribe	211.97	36.86	255.74	
		Total/Balance	<b>1413.11</b>	<b>245.75</b>	<b>1704.95</b>		
	<b>Total</b>			<b>2471.75</b>	<b>748.55</b>	<b>3211.95</b>	

Anexo 4. Salidas de nutrientes Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2016

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Salidas totales de nutrientes			
				N	P	K	
2016	I	Perenne	Café				
			Productivo	39.5	2.66	46.768	
			Aguacate	3.04	1.12	5.48	
			Naranja	4.97	1.46	1.7	
			Limón Agrio	2.23	0.22	2.06	
			Mandarina	6.86	0.62	7.02	
			Toronja	6.95	1.11	11.95	
			Cacao	15.8	7.3	8.9	
	Perenne	Achiote	39.15	6.51	21.51		
	Total/Balance			<b>118.5</b>	<b>21</b>	<b>105.388</b>	
	II	Perenne	Bosque	0	0	0	
	Total/Balance			0	0	0	
	III	Primera	Maiz	21.94	7.95	4.41	
			Postrera	Frijol	25.4	8.1	19.47
			Apante	Frijol	33.19	10.58	25.44
			Apante	Yuca	259	331.81	872.73
			Verano	Pipian	368	74.5	287.5
			Verano	Ayote	250.88	50.96	196
			Total/Balance			<b>958.41</b>	<b>483.9</b>
	IV	Perenne	Café Desarrollo	3.52	0.24	4.18	
			Anual	Banano Seda	3.49	4.62	12.02
	Total/Balance			<b>7.01</b>	<b>4.86</b>	<b>16.2</b>	
	V	Perenne	Pasto King				
			Grass	459.26	79.87	554.11	
			Taiwan	459.26	79.87	554.11	
			Caña dulce	282.62	49.15	340.99	
			Para Caribe	211.97	36.86	255.74	
	Total/Balance			<b>1413.11</b>	<b>245.75</b>	<b>1704.95</b>	
<b>Total</b>				<b>2497.03</b>	<b>755.51</b>	<b>3232.088</b>	

Anexo 5. Balance de nutrientes Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2015

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Balance aparente (I-E)			
				N	P	K	
2015	I	Perenne	Café				
			Productivo	92.76	54.1	85.26	
			Aguacate	-3.04	-1.12	-5.48	
			Naranja	-4.97	-1.46	-1.7	
			Limón Agrio	-2.23	-0.22	-2.06	
			Mandarina	-6.86	-0.62	-7.02	
			Toronja	-6.95	-1.11	-11.95	
			Cacao	-7.9	-3.65	-4.45	
			Achiote	-39.15	-6.51	-21.51	
	Total/Balance		<b>21.66</b>	<b>39.41</b>	<b>31.09</b>		
	II	Perenne	Bosque	0	0	0	
		Total/Balance		0	0	0	
	III	Primera	Maiz	-0.37	1.55	14.72	
			Postrera	Frijol	-3.88	1.27	1.16
			Apante	Frijol	-30.52	-9.73	-23.4
			Apante	Yuca	-259	-331.81	-872.73
			Verano	Pipian	-353.55	-67.97	-273.24
			Verano	Ayote	-217.7	-35.96	-163.27
				Total/Balance		<b>-865.02</b>	<b>-442.65</b>
	IV	Perenne	Café Desarrollo	12.53	6.46	11.95	
			Anual	Banano Seda	-3.49	-4.62	-12.02
				Total/Balance	<b>9.04</b>	<b>1.84</b>	<b>-0.07</b>
	V	Perenne	Pasto King				
			Grass	-459.26	-79.87	-554.11	
			Taiwan	-459.26	-79.87	-554.11	
			Caña dulce	-282.62	-49.15	-340.99	
			Para Caribe	-211.97	-36.86	-255.74	
		Total/Balance		<b>-1413.11</b>	<b>-245.75</b>	<b>-1704.95</b>	
	<b>Total</b>			<b>-2247.43</b>	<b>-647.15</b>	<b>-2990.69</b>	



Anexo 6. Balance de nutrientes Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa 2016

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Balance aparente (I-E)			
				N	P	K	
2016	I	Perenne	Café				
			Productivo	84.89	53.57	75.922	
			Aguacate	-3.04	-1.12	-5.48	
			Naranja	-4.97	-1.46	-1.7	
			Limón Agrio	-2.23	-0.22	-2.06	
			Mandarina	-6.86	-0.62	-7.02	
			Toronja	-6.95	-1.11	-11.95	
			Cacao	-15.8	-7.3	-8.9	
			Achiote	-39.15	-6.51	-21.51	
	Total/Balance		<b>5.89</b>	<b>35.23</b>	<b>17.302</b>		
	II	Perenne	Bosque	0	0	0	
	Total/Balance			0	0	0	
	III	Primera	Maiz	-3.09	0.57	14.18	
			Postrera	Frijol	-6.55	0.42	-0.88
			Apante	Frijol	-33.19	-10.58	-25.44
			Apante	Yuca	-259	-331.81	-872.73
			Verano	Pipian	-353.55	-67.97	-273.24
			Verano	Ayote	-217.7	-35.96	-163.27
			Total/Balance		<b>-873.08</b>	<b>-445.33</b>	<b>-1321.38</b>
	IV	Perenne	Café Desarrollo	11.08	6.36	10.22	
			Anual	Banano Seda	-3.49	-4.62	-12.02
			Total/Balance		<b>7.59</b>	<b>1.74</b>	<b>-1.8</b>
	V	Perenne	Pasto King				
			Grass	-459.26	-79.87	-554.11	
			Taiwan	-459.26	-79.87	-554.11	
			Caña dulce	-282.62	-49.15	-340.99	
			Para Caribe	-211.97	-36.86	-255.74	
	Total/Balance		<b>-1413.11</b>	<b>-245.75</b>	<b>-1704.95</b>		
	<b>Total</b>			<b>-2272.71</b>	<b>-654.11</b>	<b>-3010.828</b>	

Anexo 7. Entradas de nutrientes Finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2015

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Entradas (Kg ha <sup>-1</sup> )			
				N	P2O5	K2O	
2015	I	Primera	Pipian	19.36	8.36	16.06	
		Primera	Maiz (Grano)	59.38	0	0	
		Primera	Chayote	19.36	8.36	16.06	
		Postrera	Chiltoma	74.87	17.04	10.71	
		Total/Balance		172.97	33.76	42.83	
	II	Perenne	Café Desarrollo	158.62	60.99	28.29	
		Anual	Banano Patriota	0	0	0	
		Total/Balance		158.62	60.99	28.29	
	III	Perenne	Café				
			Produccion	215.57	42.59	80.35	
Anual		Banano Patriota	0	0	0		
		Total/Balance		215.57	42.59	80.35	
IV	Perenne	Café Recepo	117.2	14.99	28.29		
	Total/Balance		117.2	14.99	28.29		
V	Perenne	Bosque	0	0	0		
	Total/Balance		0	0	0		
Total			<b>664.36</b>	<b>152.33</b>	<b>179.76</b>		

Anexo 8. Entradas de nutrientes Finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2016

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Entradas (Kg ha <sup>-1</sup> )		
				N	P2O5	K2O
2016	I	Primera	Pipian	19.36	8.51	16.06
		Primera	Chayote	19.36	8.51	16.06
		Postrera	Chiltoma	74.87	17.04	10.71
		Total/Balance			113.59	34.06
II	II	Perenne	Café Desarrollo Banano	158.62	60.99	28.29
		Anual	Patriota	0	0	0
		Total/Balance			158.62	60.99
III	III	Perenne	Café Produccion Banano	215.57	42.59	80.35
		Anual	Patriota	0	0	0
		Total/Balance			215.57	42.59
IV	IV	Perenne	Café Recepo	117.2	14.99	28.29
		Total/Balance			117.2	14.99
V	V	Perenne	Bosque	0	0	0
		Total/Balance			0	0
Total				<b>604.98</b>	<b>152.63</b>	<b>179.76</b>

Anexo 9. Salidas de nutrientes Finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2015

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Salidas (Kg ha <sup>-1</sup> )		
				N	P	K
2015	I	Primera	Pipian	13.66	2.81	10.82
		Primera	Maiz (Grano)	75.75	9.99	5.39
		Primera	Chayote	28.5	6.1	7.54
		Postrera	Chiltoma	13.2	1.74	2.1
	Total/Balance			131.11	20.64	25.85
	II	Perenne	Café Desarrollo	10.32	0.71	12.26
	II	Anual	Banano Patriota	1.54	0.2	5.31
Total/Balance			11.86	0.91	17.57	
	III	Perenne	Café Produccion	30.98	2.13	36.79
	III	Anual	Banano Patriota	1.54	0.2	5.31
Total/Balance			32.52	2.33	42.1	
	IV	Perenne	Café Recepo	5.11	0.46	2.78
Total/Balance			5.11	0.46	2.78	
	V	Perenne	Bosque	4.84	0.97	5.49
Total/Balance			4.84	0.97	5.49	
Total				<b>185.44</b>	<b>25.31</b>	<b>93.79</b>

Anexo 10. Salidas de nutrientes Finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2016

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Salidas (Kg ha <sup>-1</sup> )			
				N	P	K	
2016	I	Primera	Pipian	13.66	2.81	10.82	
		Primera	Chayote	28.5	6.1	7.54	
		Postrera	Chiltoma	13.2	1.74	2.1	
		Total/Balance			55.36	10.65	20.46
II	II	Perenne	Café Desarrollo	15.48	1.07	18.39	
		Anual	Banano Patriota	1.54	0.2	5.31	
		Total/Balance			17.02	1.27	23.7
		III	Perenne	Café Produccion	33.89	2.33	40.24
Banano Patriota	1.54			0.2	5.31		
Total/Balance				35.43	2.53	45.55	
IV	Perenne	Café Recepo	0	0	0		
		Total/Balance			0	0	0
V	Perenne	Bosque	4.84	0.97	5.49		
		Total/Balance			4.84	0.97	5.49
Total				<b>112.65</b>	<b>15.42</b>	<b>95.20</b>	

Anexo 11. Balance de nutrientes Finca La Vecina, San Ramón, Matagalpa 2015-2016

Año	Parcela	Epoca	Cultivo	Balance aparente (I-E)		
				N	P	K
2015	I	Primera	Pipian	5.7	5.55	5.24
		Primera	Maiz (Grano)	-16.37	-9.99	-5.39
		Primera	Chayote	-9.14	2.26	8.52
		Postrera	Chiltoma	61.67	15.3	8.61
		Total/Balance		41.86	13.12	16.98
	II	Perenne	Café Desarrollo	148.3	60.28	16.03
	II	Anual	Banano Patriota	-1.54	-0.2	-5.31
	Total/Balance		146.76	60.08	10.72	
	III	Perenne	Café Produccion	184.59	40.46	43.56
	III	Anual	Banano Patriota	-1.54	-0.2	-5.31
	Total/Balance		183.05	40.26	38.25	
	IV	Perenne	Café Recepo	112.09	14.53	25.51
	Total/Balance		112.09	14.53	25.51	
	V	Perenne	Bosque	-4.84	-0.97	-5.49
	Total/Balance		<b>-4.84</b>	<b>-0.97</b>	<b>-5.49</b>	
Total				<b>478.92</b>	<b>127.02</b>	<b>85.97</b>
2016	I	Primera	Pipian	5.7	5.7	5.24
		Primera	Chayote	-9.14	2.41	8.52
		Postrera	Chiltoma	61.67	15.3	8.61
		Total/Balance		58.23	23.41	22.37
	II	Perenne	Café Desarrollo	143.14	59.92	9.9
	II	Anual	Banano Patriota	-1.54	-0.2	-5.31
	Total/Balance		141.6	59.72	4.59	
	III	Perenne	Café Produccion	181.68	40.26	40.11
	III	Anual	Banano Patriota	-1.54	-0.2	-5.31
	Total/Balance		180.14	40.06	34.8	
	IV	Perenne	Café Recepo	117.2	14.99	28.29
	Total/Balance		117.2	14.99	28.29	
	V	Perenne	Bosque	-4.84	-0.97	-5.49
	Total/Balance		<b>-4.84</b>	<b>-0.97</b>	<b>-5.49</b>	
	Total				<b>492.33</b>	<b>137.21</b>

Anexo 12. Categoría de indicadores físicos y químicos de suelos

Categoría	Parámetros del suelo					
	Profundidad (cm)	Porosidad total (%)	Materia Orgánica	pH	Textura	Infiltración (cm/h)
<b>1</b>	<25	<40	Nula	<5.2	A	0.1-0.5
<b>2</b>	25-50	70	Baja	>7.5	AR	25
<b>3</b>	50-100	55-70	Media	5.3-5.9	FAAR	12--25
<b>4</b>	100-150	50-55	Alta	6.6-7.4	FAL	2--6
<b>5</b>	150	40-50	Muy alta	6.0-6.5	F	6--12

A: Arcilloso, AR: Arenoso, F: Franco, L: Limoso, FAAR: Franco arcilloso arenoso, FAL:

Franco arcilloso limoso

Anexo 13. Guía de trabajo para toma de datos

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

GUIA DE TRABAJO DE CAMPO SAN RAMÓN, MATAGALPA

BALANCE APARENTE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS PRODUCTIVOS.

I Datos Generales.

1.1 Nombre del productor \_\_\_\_\_

1.2 Nombre de la fincas \_\_\_\_\_

1.3 Tipo de propiedad \_\_\_\_\_

II. Información básica de la Unidad la finca.

2.1 Como maneja su finca:

- a) Como una sola area \_\_\_\_\_
- b) La maneja parcelada \_\_\_\_\_
- c) Si la maneja parcelada, en cuantas areas la tiene dividida \_\_\_\_\_

2.2 Informacion de manejo por area y ciclos año 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Rendimiento	Fertilizacion	
		Primera	Postrera	Postreron		Kg. Completo	Kg. Urea
1							
2							
3							
4							
5							
6							



### 2.3 Informacion de manejo por area y ciclos 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Rendimiento	Fertilizacion	
		Primera	Postrera	Postreron		Kg. Completo	Kg. Urea
1							
2							
3							
4							
5							
6							

### 2.4 Informacion de manejo por area y ciclos con animales año 2015 - 2016

Parcela	Cantidad de animalres por tipo			Tiempo aprox. de pastoreo	Edad de animales por tipo		
	Equino	Caprino	Bovino		Equino	Caprino	Bovino
1							
2							
3							
4							
5							
6							

## 2.5 Informacion de manejo por area y ciclos con animales año 2015 - 2016

Parcela	Cantidad de animalres por tipo			Tiempo aprox. de pastoreo	Edad de animales por tipo		
	Equino	Caprino	Bovino		Equino	Caprino	Bovino
1							
2							
3							
4							
5							
6							

## 3. Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo

### 3.1 Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo año 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Quema	A la cosecha, que saca de la parcela o deja
		Primera	Postrera	Postreron		
1						
2						
3						
4						
5						
6						

### 3.2 Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo año 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Quema	A la cosecha, que saca de la parcela o deja
		Primera	Postrera	Postreron		
1						
2						
3						
4						
5						
6						

#### 4. Información sobre los cultivos

##### 4.1 Distancias de siembra

Cultivo	Distancia de siembra