



*“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

## **Trabajo de Graduación**

### **Balance Aparente de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en dos Agroecosistemas de granos básicos, Diriamba, Nicaragua 2015-2016**

#### **AUTORES**

Br. Milton Larry Blandón Vivas

Br. Wesly Ariel Blandón Vivas

#### **ASESORES**

Ing. MSc. Leonardo García Centeno

Dr. Denis Salazar Centeno

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez

**Managua, Nicaragua**

**Octubre, 2017**



*“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

## **Trabajo de Graduación**

### **Balance Aparente de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en dos Agroecosistemas de granos básicos, Diriamba, Nicaragua 2015-2016**

#### **AUTORES**

Br. Milton Larry Blandón Vivas  
Br. Wesly Ariel Blandón Vivas

#### **ASESORES**

Ing. MSc. Leonardo García Centeno  
Dr. Denis Salazar Centeno  
Ing. MSc. Hugo René Rodríguez

Presentado al honorable tribunal examinador  
como requisito final para optar al título  
profesional de ingeniero agrónomo

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2017**



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMIA

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

### INGENIERO AGRÓNOMO

Miembro del Tribunal Examinador:



---

**MSc. Moisés Blanco N.**  
Presidente



---

**Dr. Víctor Aguilar Bustamante**  
Secretario



---

**MSc. Gerardo Murillo M.**  
Vocal

Managua, 26 de octubre del 2017.

# CONTENIDO

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	iv
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	4
<b>3.1 Descripción del área de estudio</b>	4
<b>3.2 Descripción de las fincas de estudio</b>	4
<b>3.3 Determinación del balance aparente de nutrientes</b>	5
<b>3.4 Modelo general del balance aparente de nutrientes</b>	7
<b>3.5 Medición de los parámetros físicos y químicos en las parcelas</b>	9
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	12
<b>4.1 Balance Aparente de Nitrógeno, Fósforo y Potasio finca El Chipote</b>	12
<b>4.1.1 Entradas de N, P y K por Parcela y Finca</b>	12
<b>4.1.2 Salidas de N, P y K a nivel de Parcela y Finca</b>	13
<b>4.1.3 Balance de N, P y K en finca El Chipote</b>	14
<b>4.2 Balance Aparente por Elemento finca El Chipote</b>	15
<b>4.2.1 Balance Aparente de Nitrógeno</b>	15
<b>4.2.2 Balance Aparente de Fósforo</b>	17
<b>4.2.3 Balance Aparente de Potasio</b>	18
<b>4.3 Balance Aparente de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, finca El Manantial</b>	19
<b>4.3.1 Entradas de N, P y K por Parcela y Finca</b>	19
<b>4.3.2 Salidas de N, P y K por Parcelas y Finca</b>	20
<b>4.3.3 Balance Aparente de N, P y K en finca El Manantial</b>	21
<b>4.4 Balance Aparente por elemento finca El Manantial</b>	22
<b>4.4.1 Balance Aparente de Nitrógeno</b>	22
<b>4.4.2 Balance Aparente de Fósforo</b>	23
<b>4.4.3 Balance Aparente de Potasio</b>	24
<b>4.5 Determinación de los parámetros físicos de las parcelas</b>	25

<b>4.5.1 Finca el Chipote, Miguel Sandino Sánchez</b>	<b>25</b>
<b>4.5.2 Finca El Manantial, Evelio Sandino Sánchez</b>	<b>27</b>
<b>4.5.3 Comparación de los parámetros físicos y químicos entre fincas (El Chipote y El Manantial)</b>	<b>29</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>34</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>37</b>

## **DEDICATORIA**

Este esfuerzo lo dedico a mis padres Dina Vivas García y José Ubence Blandón León que a pesar de las limitaciones y la distancia siempre me han apoyado incondicionalmente con sus consejos para tomar el buen camino y culminar mis estudios.

A mis hermanos que de una u otra forma siempre me apoyaron para que cada año yo volviera a mi centro de estudio, pero en especial a mi hermana Luisa Blandón Vivas, que ha sido como mi segunda madre y siempre estuvo en las buenas y en las malas y gracias a ello poder realizar mis sueños en ser un profesional y depositar esa confianza en mí.

A mi cuñado Carlos Napoleón Picado Brizuela por haber sido el que gestiono y confió en mí para que yo estudiara una carrera.

**Br. Milton Larry Blandón Vivas**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Carlos Blandón León y Lilliam Vivas García, por ser mi ejemplo a seguir como persona y por el apoyo moral y espiritual que siempre me han brindado durante mis años de estudio y en los momentos difíciles de la vida, alentándome a seguir siempre hacia delante.

A mi pequeño hijo Wesley Blandón por ser esa bendición que Dios me dio, y lo que me ha impulsado más a culminar mis estudios.

A todos mis hermanos que de alguna u otra manera contribuyeron a la finalización de mis estudios.

**Br. Wesley Ariel Blandón Vivas**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por darnos la vida y la fortaleza durante todos estos años de nuestros estudios, y que siempre nos brindó salud, amor y esas ganas de superación que gracias a nuestro Señor hemos podido alcanzar poco a poco.

A la Universidad Nacional Agraria por habernos prestado sus laboratorios para los análisis que se requerían y siempre darnos esa educación de calidad y sobre todo gratuito y orgullosamente público.

A nuestros asesores Ing. MSc. Leonardo García Centeno, Dr. Denis Salazar Centeno y Ing. MSc. Hugo Rene Rodríguez por habernos ayudado en este trabajo y aportar sus conocimientos y sugerencias para la realización de este trabajo

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 Sr. Francisco Evelio Sandino Sánchez y Sr. Miguel Ángel Sandino Por su amable atención y colaboración para este estudio

De forma especial se agradece a:

El personal del CENIDA, de la Dirección y el área de selección y adquisiciones que durante cuatro años formaron parte de nuestra formación profesional y por brindarnos siempre ese apoyo e inculcarnos responsabilidad, puntualidad y sobre todo dedicación al trabajo.

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Bloques de los Agroecosistemas agrícolas.	5
2. Entrada y salida que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes.	7
3. Clasificación de la presencia de materia orgánica en el suelo.	10
4. Valorización de los parámetros físicos del suelo.	11

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Comportamiento del balance aparente de N, P y K / Años (2015, 2016), finca El Chipote.	15
2. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno / parcela /Años (2015, 2016), finca El Chipote.	16
3. Comportamiento del balance aparente de Fósforo / parcela /Años (2015, 2016), finca El Chipote.	18
4. Comportamiento del balance aparente de Potasio / parcela /Años (2015, 2016), finca El Chipote.	19
5. Comportamiento del balance aparente de N, P y K / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.	22
6. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.	23
7. Comportamiento del balance aparente de Fósforo / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.	24
8. Comportamiento del balance aparente de Potasio / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.	24
9. Indicadores de calidad de suelo en la finca El Chipote, comunidad Rio Limón.	27
10. Indicadores de calidad de suelo en la finca El Manantial, comunidad Rio Limón.	29
11. Relación de los indicadores de calidad de suelo entre las finca El Chipote y El Manantial.	31

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
1. Información de manejo por área y ciclos año 2015 – 2016.	37
2. Información de manejo por área y ciclos con animales año 2015 – 2016.	37
3. Información sobre distancias de siembra en los cultivos.	37
4. Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo año 2015 – 2016.	38
5. Rendimiento de grano y biomasa en kg ha <sup>-1</sup> de los diferentes cultivos establecidos en la finca El chipote para los años 2015 y 2016.	38
6. Rendimiento de grano y biomasa en kg ha <sup>-1</sup> de los diferentes cultivos establecidos en la finca El Manantial para los años 2015 y 2016.	39
7. Contenido de nutrientes (N, P y K) en los granos y biomasa.	39
8. Contenido de nutrientes (N, P y K) en frutas y biomasas.	40
9. Resultados de análisis Químicos y Físicos de suelo. Finca El Chipote.	40
10. Resultados de análisis Químicos y Físicos de suelo. Finca El Manantial.	41
11. Entradas de Nutrientes años (2015 - 2016), Finca El Chipote, Diriamba, Nicaragua.	41
12. Entradas de Nutrientes años (2015 - 2016), Finca El Manantial, Diriamba, Nicaragua.	42
13. Balance aparente de nutrientes (N, P y K) por ciclo y cultivo en la finca El Chipote, propiedad de don Miguel Sandino, en la comunidad Rio Limón, municipio Diriamba, 2015 – 2016.	43
14. Balance Aparente de Nutrientes (N, P y K) por ciclo y cultivo en la finca El Manantial, propiedad de don Evelio Sandino, en la comunidad Rio Limón, municipio Diriamba, 2015 – 2016.	44

## RESUMEN

En dos unidades de producción localizadas en el municipio de Diriamba departamento de Carazo, se realizó un estudio sobre balance aparente de los nutrientes N, P y K, durante el ciclo productivo 2015-2016, con el propósito de conocer el manejo que cada productor realiza en su parcela y el impacto sobre la fertilidad del suelo de las fincas con la evaluación de indicadores físicos y químicos de suelo. El seguimiento durante el periodo de estudio, se realizó mediante encuesta y visitas al campo para conocer todo lo relacionado a los cultivos, rendimiento y destinos de los rastrojos. Se recolectó muestras de suelo en cada una de las parcelas y fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria, (LABSA), para su respectivo análisis; con las muestras de suelo se calculó el contenido de N, P, K, pH, M.O, porosidad y textura, se determinó densidad aparente, profundidad, infiltración y porosidad. Para el cálculo de las salidas de nutrientes, se consultó literaturas nacionales e internacionales de las concentraciones de nutrientes N, P y K de los cultivos, reportados por otros trabajos con estos mismos cultivos. La unidad de producción El Manantial resultó con el balance negativo más alto durante los dos años, en el 2015 se produjeron valores de -3289.8 kg de Nitrógeno, -399.9 kg de Fósforo y -4282.7 kg Potasio; en la finca El Chipote para el año 2015 se obtuvo un balance negativo más alto con valores de -318.8 kg de Nitrógeno, -126.5 kg de Fósforo y -168.4 kg de Potasio. La finca que presentó mejores resultados en los parámetros físicos fue la finca El Manantial con textura Franca arcillosa, rango de pH de hasta 6.0 – 6.5, con profundidades desde 50 – 100 cm, la materia orgánica y porosidad fueron iguales para ambas fincas alcanzando el nivel óptimo de la categorización que definió la calidad de suelo.

**Palabras claves:** Balance, indicadores, fertilidad, suelo

## **ABSTRACT**

In two production farms located in the municipality of Diriamba department of Carazo, a study was performed on the apparent balance of nutrients N, P and K during the production cycle 2015-2016, in order to know the management that each producer performs in their plot and the impact on the soil fertility of the farms with the evaluation of soil physical and chemical indicators. The follow-up during the study period was carried out by means of a survey and visits to the field to know all the relation to the crops, yield and destinations of stubble. Soil samples were collected in each of the plots and were sent to the soil and Water Laboratory of the National Agrarian University, (LABSA) for their respective analysis; N, P, K, pH, M.O, porosity and texture were calculated with soil samples, apparent density, depth, infiltration and porosity were determined. For the calculation of the nutrient outputs, national and international literature on the nutrient concentrations (N, P and K) of the crops, reported by other works with these same crops, were consulted. The El Manantial production unit had the highest negative balance during the two years, in 2015 there were values of -3289.8 kg of Nitrogen, -399.9 kg of Phosphorus and -4282.7 kg Potassium; in the El Chipote farm for the year 2015 a higher negative balance was obtained with values of -318.8 kg of Nitrogen, -126.5 kg of Phosphorus and -168.4 kg of Potassium. The farm that presented better results in the physical parameters was the farm El Manantial with clay free texture, pH range up to 6.0 - 6.5, with depths from 50 - 100 cm, the organic matter and porosity were the same for both farms reaching the level optimization of the categorization that defined soil quality.

Keywords: Balance, indicators, fertility, soil

## I. INTRODUCCIÓN

El sector agrícola de Nicaragua ha tenido un desarrollo sustentado en la extensión de la superficie más que en la intensificación de la producción, mientras que los rendimientos han quedado estancados acompañados de una degradación de los recursos naturales. Los suelos tienden a agotarse por el uso extractivo, siendo mayor la exportación de nutrientes en las plantas a través de las cosechas que el suministro en elementos nutritivos. La disponibilidad desequilibrada de nutrientes puede conducir a la disminución de las reservas del suelo y a la pérdida de exceso de nutrientes. Numerosas observaciones indican que los balances de nutrientes a nivel de finca son deficientes debido a que son mayores las exportaciones de estos nutrientes a través de las cosechas que las entradas a través de las fertilizaciones (INTA-FAO 1997).

El balance de los nutrientes, es extremadamente complejo porque es donde se trata con los elementos mayores del suelo y sus interacciones mutuas, con los micronutrientes y sus interacciones con los elementos mayores y cada uno de ellos entre sí, así como, con otros factores que afectan el suelo y las plantas.

Si aplicamos un fertilizante con nitrógeno puede llevarnos a tener una deficiencia en el nivel de Hierro, Cobre o Boro, mientras que en una aplicación prolongada con Fósforo puede causar una deficiencia en el nivel del Cobre y el exceso de Potasio puede afectar en Manganeso, así como un alto nivel de magnesio puede llevarnos a una deficiencia de Manganeso (Ramírez, 2006).

De acuerdo a García & González (2013), al querer mejorar los balances de nutrientes del suelo se debe recordar que los nutrientes que no son absorbidos en un ciclo por el cultivo, no son necesariamente perdidos del sistema, sino que pueden ser utilizados por los cultivos siguientes en la rotación. Esto ocurre especialmente con nutrientes poco móviles en el suelo como P y K, pero, en algunas situaciones también se han observado residualidad de N y S inmovilizados en la materia orgánica o la biomasa microbiana que posteriormente son liberados de forma gradual.

La residualidad de los nutrientes depende fuertemente de la dinámica de los mismos en el sistema suelo-planta y de las condiciones edafoclimáticas, los efectos de acumulación de fertilidad promoverían cambios en el ambiente edáficos en cuanto a sus condiciones químicas, físicas y biológicas que se pueden observar parcialmente en incrementos de materia orgánica en el suelo.

Si la cantidad de nutrientes extraído por la cosecha es mayor que los nutrientes aplicados a los cultivos el suelo se empobrecerá y a un largo plazo repercutirá en la cosecha y si la cantidad de nutrientes aplicadas al suelo es mayor que los nutrientes utilizados por las cosechas habrá acumulación, fijación o pérdida de nutrientes en el suelo.

La importancia de estimar el balance de nutrientes, ya sea que se haga a nivel de país, región, finca o parcela, radica en que los balances negativos (aplicar menos nutrientes de los que se extraen con las cosechas), provocan una disminución de la fertilidad de los suelos, afectando la productividad y rentabilidad del sistema y degradando el recurso suelo. Por otra parte, balances exageradamente positivos (aplicar más nutrientes de los que se extraen con los productos cosechados), dan lugar a bajas eficiencias de uso de los nutrientes y pobres resultados económicos, pudiendo generar desequilibrios nutricionales o problemas de contaminación ambiental (González & Pomares, 2008).

El suelo es la base de la producción animal y vegetal ya que de su adecuado manejo depende que los alimentos sean constantes y crecientes y que se mejore y conserve su fertilidad. Mantener y elevar la calidad del suelo es parte de las tareas diarias del agricultor para producir cosechas sanas y abundantes, los animales se desarrollen sin anormalidades y su crecimiento y producción permita mejorar el nivel de vida de la ciudadanía (Torres, 2008).

Ante la continua pérdida de fertilidad natural y productiva de los suelos, muchos productores pequeños y medianos, han optado por cambiar su enfoque en el manejo de sus fincas cambiando del sistema tradicional a un sistema agroecológico, con el objetivo no solo de mejorar sus suelos, sino también la sostenibilidad de sus parcelas, mediante la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas, por esta razón se planteó la realización del presente estudio explorativo mediante la realización de un balance aparente de nutrientes en dos fincas bajo el sistema de balance de nutrientes en dos agroecosistemas de granos básicos en Diriamba, Nicaragua, 2015-2016.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el balance aparente de nutrientes en dos agro ecosistemas de granos básicos en Diriamba, Nicaragua 2015-2016.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Cuantificar los flujos de nutrientes N, P y K, (entradas y salidas) en dos fincas con manejo compleja y medianamente compleja.
2. Generar un balance aparente de los nutrientes N, P y K por parcela y finca, durante el ciclo productivo 2015 - 2016.
3. Evaluar mediante la valoración de algunos parámetros físicos y químicos de suelo, el efecto de la forma de manejo que los productores realizan en cada parcela.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

##### **Localización del área de estudio**

El estudio se realizó en la comunidad Rio Limón municipio de Diriamba departamento de Carazo en las unidades de producción de granos básicos El Manantial propiedad del señor Evelio Sandino y El Chipote propiedad del señor Miguel Ángel Sandino durante los ciclos productivos 2015 – 2016.

##### **Aspecto geográfico y agroclimático**

El municipio de Diriamba se localiza en la región del pacifico sur de Nicaragua, tiene una superficie de 348.88 km<sup>2</sup>, se encuentra ubicado entre las coordenadas 11°51' de longitud Norte y 86°14' de longitud Oeste formando parte de la provincia fisiográfica costanera del pacifico y volcánica del pacifico, alcanza una elevación de 450 a 500 msnm, se caracteriza por tener un clima húmedo, con temperatura, que oscilan entre los 25 °C - 27 °C y las precipitaciones alcanzan entre los 1200 y 1400 mm, predominan suelos de origen volcánico perteneciente al orden de los inceptisoles, molisoles y alfisoles y un 15 % corresponde al orden de los vertisoles y entisoles (IV CENAGRO 2013).

#### **3.2 Descripción de las fincas de estudio**

##### **Coefficiente del Manejo de la Biodiversidad (CMD)**

Según Aguilera & Pilarte (2017), el coeficiente del manejo de la biodiversidad en la finca El Chipote logró un promedio de 2.95 y la finca El manantial con 1.46. Este valor permitió clasificarla, según el diseño y manejo de la biodiversidad, a la finca El Chipote como “Compleja” y a la finca El Manantial “Medianamente Compleja”. Una finca compleja por sus distribuciones y arreglos le permite disponer de mayor alimento, estabilidad antes las variaciones climáticas y un equilibrio en sus agroecosistema.

##### **Sistema de producción compleja**

La unidad de producción con sistema de manejo compleja, El Chipote propiedad del señor: Miguel Ángel Sandino Sánchez, cuenta con un área de terreno de 9.1 ha, presenta altitud de 460 msnm. Según los análisis de suelos realizados por (LABSA, 2017) de la Universidad Nacional Agraria la finca presenta clases texturales arcillosos y franco-arcillosos, con materia orgánica de 2.63 a 3.84 %, y pH que oscila entre 5.48 a 5.96.

En esta finca se cultiva pastos en callejones, cercas vivas, plantaciones de árboles dispersos, se instauraron cortinas rompe viento, uso de productos biológicos para el control de plagas y enfermedades, posee cultivo en asocio incorporación de materia orgánica mediante rastrojos y residuos de los cultivos cosechados.

### Sistema de producción medianamente compleja (El Manantial)

La unidad de producción con sistema manejo medianamente compleja, El Manantial propiedad del señor Evelio Sandino igualmente cuenta con un área de tierra 9.84 ha, presenta una altitud de 460 msnm. Según los análisis de suelos realizados por (LABSA, 2017) de la Universidad Nacional Agraria la finca presenta clase textural de franco-arcillosos, con materia orgánica de 2.36 - 3.67 %, y pH que oscila entre 5.74 - 6.29. Este sistema está enfocado principalmente en un manejo intensivo con alta dependencia de insumos externos (productos sintéticos), para el manejo agronómico de los cultivos predominando más el monocultivo, no en todas las parcelas se realiza la incorporación de rastrojos y residuos de los cultivos.

**Cuadro 1.** Bloques de los Agroecosistemas agrícolas

Agroecosistema El Chipote		Agroecosistema El Manantial	
Lote		2015	Lote
1	Bosque		1
2	Guineo ( <i>Musa paradisiaca</i> ) + Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> L.)		2
3	Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)+ Maíz ( <i>Zea mays</i> )		3
4	Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> ) + Gandul ( <i>Cajanus cajan</i> )		4
5	Frutales		5
			Gamba ( <i>Andropogon gayana</i> kunth)
2016			
1	Bosque		1
2	Guineo + Guayaba		2
3	Frijol + Maíz		3
4	Frijol + Maíz		4
5	Frutales		5
			Gamba y Frijol

### 3.3 Determinación del balance aparente de nutrientes

#### Principios de la metodología

La metodología permite establecer un balance aparente de nutrientes a nivel de las parcelas cultivadas y a nivel de las fincas enteras, el balance a nivel de la finca se establece por un periodo de tiempo equivalente a los ciclos productivos del 2015 y 2016, el método prevé una serie de mediciones que se llevan a cabo sobre los cultivos.

## **Fase de la recolección de datos**

En la recolección de información se utilizó una encuesta, en la que el productor facilitó toda la información necesaria, relacionada a la actividad productiva y de manejo que los productores realizan en sus fincas:

- Manejo de los cultivos y de las rotaciones de cada parcela.
- Rendimiento de los cultivos (salidas).
- Biomasa producida por el cultivo.
- Salida de nutrientes por biomasa.
- Entradas de nutrientes por biomasa.
- Entradas por fertilización (química u orgánica).

Se recolectó muestras de suelo en cada una de las parcelas (la forma en que cada productor tiene dividida su finca, y no como experimental), en forma de zig zag y luego fueron enviadas al laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria para su respectivo análisis (pH, % de MO, macro elementos y textura). Las muestras se recolectaron a una profundidad de 20 cm utilizando un barreno, balde, bolsas plásticas, etiquetas. Por cada parcela se obtuvieron 10 submuestras de suelo y se homogenizaron para obtener 500 g de suelos, obteniendo cinco muestras de suelos por finca.

Para el cálculo de la biomasa se tomó muestras de plantas tomando en cuenta los cultivos establecidos en cada una de las fincas, durante la etapa de madurez, las mediciones se realizaron utilizando el marco de 1m<sup>2</sup>, con cinco repeticiones por parcela, el que se ubicó al azar. Las muestras tomadas, se pesaron para tomar el peso fresco de la biomasa, luego se secó en horno a 105 °C, por un tiempo de 24 horas. Las concentraciones de nutrientes (N, P y K) de estas plantas, se tomó de las reportadas por otros trabajos realizados con ese tipo de cultivo, preferiblemente en Nicaragua, en los casos en que no se tenga el dato nacional, se tomó los reportados en la literatura internacional.

Se considerará como salida de biomasa todo material vegetativo que sale fuera de las parcelas cultivadas (raíz, tallos, hojas y frutos), y que son depositadas fuera de estas, quemadas o incorporadas a otras para lo cual se debe verificar el destino que el productor le da a los residuos del cultivo (entradas para la parcela destino), y así hacer los cálculos respectivos de exportación de nutrientes.

### 3.4 Modelo general del balance aparente de nutrientes

Se realizó un esquema de acuerdo a las condiciones agro-lógicas y socioeconómicas del sitio específico para obtener el resultado del estado nutricional del suelo para los cultivos.

Se analizó los flujos de entrada y salida de nutrientes de las parcelas a partir de la información obtenida de los análisis de laboratorio de muestras de suelo y muestras de plantas de estudio realizados anteriormente, ya que no consta con estudios de pérdidas de nutrientes por erosión, ni aparatos especializados para medir pérdidas de nutrientes por lixiviación, volatilización y/o desnitrificación. Por consiguiente, este estudio se limitó a analizar, procesar y emitir los resultados a partir de los datos con los que se cuenta (Análisis de suelo y de partes vegetales).

El modelo planteado en el estudio es el siguiente:

**Cuadro 2.** Entradas y salidas que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes

Aportes o entradas de nutrientes (E)	Exportación o salidas de nutrientes (S)
Aporte de fertilizantes minerales ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Cosecha del producto ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Aporte de material orgánico ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Residuos de cosecha ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Aporte por fijación biológica ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Pérdidas por quema ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

---

Balance= Entradas (E) - Salidas (S)

#### Entradas de nutrientes

Las entradas consideradas están referidas a la incorporación de fertilizantes inorgánicos u orgánicos al suelo. Se calcularon a partir de los contenidos de estos en las diferentes formas de presentación del producto, el valor obtenido se presenta en  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, P y K.

Si el productor aplica  $1 \text{ qq. ha}^{-1}$  de 12-30-10 estaría aplicando:

5.45  $\text{kg ha}^{-1}$  de N

13.63  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$

4.54  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$

#### Salidas de nutrientes

El método propone obtener el contenido de nutrientes N, P y K, salidas de las parcelas a través del análisis de laboratorio que se le hizo a cada una de las muestras (raíz, tallos, hojas y frutos).

Ejemplo, si el productor extrae el raquis (olote), este se lleva consigo la siguiente cantidad de nutrientes:

$$\text{Densidad de siembra} = 147,546 \text{ plantas ha}^{-1} = 21 \text{ plantas / m}^2$$

$$\text{Peso promedio del raquis} = 2.54 \text{ g}$$

$$\text{Concentración de nutrientes en el raquis} = 0.29 \% \text{ de N, } 0.06 \% \text{ de P}_2\text{O}_5, 0.65 \% \text{ de K}_2\text{O}$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Densidad de siembra del cultivo} \times \text{Peso promedio del raquis}$$

$$\text{Rendimiento} = 147546 \text{ ptas. ha}^{-1} \times 2.54 \text{ g} = 374766.84 \text{ g ha}^{-1} = 374.76 \text{ kg ha}^{-1}$$

La salida de nutrientes por el raquis será igual a:

$$S = \text{Rendimiento (kg ha}^{-1}) \times \text{Concentración en el raquis (\% de N, P, K)} / 100$$

Entonces si el productor no incorpora el raquis a la parcela donde fue cultivado está perdiendo:

$$1.08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

$$0.22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de P}_2\text{O}_5$$

$$2.43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de K}_2\text{O}$$

Si el productor quema los rastrojos producidos por el cultivo solamente se estiman las pérdidas de N por volatilización; ya que el P y el K no son volátiles y quedan en las cenizas.

Ejemplo: La salida de N por quema de rastrojos de sorgo se estima de la siguiente manera:

$$\text{Densidad de siembra} = 147546 \text{ plantas ha}^{-1} = 21 \text{ plantas m}^{-2}.$$

$$\text{Peso seco de la biomasa producida (raíz, hojas, tallo) / planta} = 21.3 \text{ g.}$$

$$\text{Concentración de N en la biomasa} = 4.03 \%.$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Densidad de siembra} \times \text{Peso seco de la biomasa producida / planta}$$

$$\text{Rendimiento} = 147546 \text{ plantas /ha} \times 21.3 \text{ g /planta} = 3142.8 \text{ kg ha}^{-1}.$$

$$S = \text{Rendimiento (kg ha}^{-1}) \times \text{Concentración de N en la biomasa (\%)} / 100$$

$$S = 3142.8 \text{ kg ha}^{-1} \times 4.03 \% / 100 = 126.65 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N.}$$

La información se ordenó de manera que esta fuese 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 donde se reflejó las entradas, salidas y el balance aparente de nutrientes.

### 3.5 Medición de los parámetros físicos y químicos en las parcelas

Los indicadores seleccionados son usados como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo. Constatando si los actuales sistemas de manejo están conservando, mejorando o degradando el suelo. Por ello, se elaboró la tabla 4 donde los indicadores se han categorizados, de manera que puedan ser graficados y mostrar la tendencia de los indicadores de acuerdo al manejo del suelo, de manera que se pueda tomar decisiones para su mejora. Esta categorización se basó en rangos, pues son las tendencias las que interesan y no los valores exactos.

Los métodos utilizados para la medición de estos parámetros físicos, están basado a métodos de fácil empleo por los productores y debidamente calibrados, elaborados por (García, 2015).

#### **Profundidad del suelo**

La forma de medir la profundidad es muy sencilla, se realizó introduciendo un barreno de colcho hasta donde se presentó un cambio de suelo con presencia de talpetate, 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 25 mediciones por finca.

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

Para la medición de este parámetro, se utilizó el método estándar del cilindro, solo que los cilindros utilizados en este ensayo fueron de PVC con un diámetro de 2 pulgadas y 7.5 cm de altura, para un volumen aproximado de 1142.7 cm<sup>3</sup>. Se realizaron 5 réplicas por parcela para obtener un valor promedio. El suelo contenido en el cilindro fue secado en una estufa a 105 °C durante 24 horas, una vez seco el suelo se pesó y se procedió a calcular la Da mediante la siguiente formula:

$$Da = \frac{Mss \text{ (g)}}{V \text{ (cm}^3\text{)}}$$

Donde:

Da = densidad aparente del suelo

Mss = peso del suelo seco

V = volumen del cilindro

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

En la medición de la tasa de infiltración de agua se usó el método del anillo simple, utilizando cilindros de PVC, con un diámetro de 8 pulgadas y 10 cm de altura, con una cinta en centímetro en la parte de adentro del cilindro, que permitió medir el volumen de agua infiltrada.

Para esto se procedió a poner el cilindro sobre el suelo, presionando hacia abajo y girando hasta que haya profundizado unos 10 cm, cubrir el suelo dentro del cilindro con el plástico, agregar suavemente el agua dentro del cilindro hasta casi llenarlo.

Se anotó el valor del volumen de agua en el nivel alcanzado, se quitó el plástico y se anotó el volumen de agua que se infiltró después de realizar unas tres lecturas con intervalos de 1 minuto, se aumentó los intervalos a 5, 10, 15 y 30 minutos, en el caso de que la infiltración se dio rápido se rellenó el cilindro de dos a tres veces, se realizaron 3 réplicas por parcela para obtener un promedio y por último se graficó los datos de tiempo e infiltración acumulada, obteniendo la curva de infiltración del suelo.

### Medición de la materia orgánica del suelo

Para la medición de la materia orgánica del suelo se utilizó un barreno, realizando cinco barrenada de 10 cm, se colocó el suelo en un recipiente y se homogenizó bien la muestra, posteriormente se tomó un poco de la muestra homogenizada y se depositó en un vaso de vidrio (aproximadamente 2 o 3 gramos), a esta muestra se le adicionó agua oxigenada al 30 % hasta saturarla y se observó el efecto del agua oxigenada y se clasifico de acuerdo a las categorías mostrados en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Clasificación de la presencia de materia orgánica en el suelo

<b>Categoría</b>	<b>Observación</b>	<b>Presencia de MO</b>
<b>1</b>	No se observa efervescencia, ni se escucha al oído.	Nula
<b>2</b>	No se observa efervescencia, pero se escucha al oído.	Baja
<b>3</b>	Se nota efervescencia claramente	Media
<b>4</b>	La efervescencia es rápida y sube lentamente	Alta
<b>5</b>	La efervescencia es rápida y sube rápidamente	Muy alta

### 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:

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

**Cuadro 4.** Valorización de las propiedades hidrofísica – química de suelo

<b>Valoración</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Porosidad total (%)</b>	<b>MO (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Textura</b>	<b>Infiltración (cm / h)</b>
<b>1</b>	< 25	>70	nula	< 5.2	Arcillosa	<1.95
<b>2</b>	25-50	< 39	baja	> 7.5	Arenoso	> 25
<b>3</b>	50 - 100	51-55	media	5.3 - 5.9	Franco arcillo arenoso	12.1-25
<b>4</b>	100-150	55-69	alta	6.6-7.4	Franco arcillo limoso	2-6
<b>5</b>	> 150	40-50	Muy alta	6.0-6.5	Franco	6.1-12

Fuente García, 2015

La información se ordena de manera que esta sea de fácil manejo y que permita ver de forma clara la calidad de suelo de cada parcela y por finca. Los resultados se presentan en forma de amebas donde se reflejó la tendencia o la dirección general de la calidad del suelo. Por ello se elaboró una tabla donde los indicadores se han caracterizados. (Cuadro 4).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Balance Aparente de Nitrógeno, Fósforo y Potasio finca El Chipote

#### 4.1.1 Entradas de N, P y K por Parcela y Finca

En el Anexo 10, se muestran, las entradas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por cultivo para la finca El chipote durante el ciclo productivo 2015 - 2016. Muestra que la parcela de bosque recibe la misma entrada de nutrientes para los dos años, esto es debido a que la única forma es a través del estiércol seco depositado por el caballo que permanece todo el tiempo en este lugar. Igualmente sucedió con los frutales donde se obtuvo las mismas entradas para los dos años con la aplicación de compost.

En granos básicos la fertilización fue igual para ambas parcelas durante el año 2015, siendo diferente para el año 2016 aun en las mismas parcelas. Al parecer el productor tiene establecida una norma definida para la aplicación de fertilizantes en estas parcelas. La práctica de manejo está orientada a dejar los restos de las cosechas sobre el suelo (a excepción del raquis).

Las entradas de nutrientes más bajas a nivel de parcela ocurrieron durante la postrera del año 2015, siendo la parcela 3, con valores de 3.5 kg de N, 1.2 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 4.4 kg de K<sub>2</sub>O, en este mismo año la parcela 4 recibió mayor entrada de nutrientes producto de que además del compost se dieron entradas a través de la fijación biológica de la leguminosa gandul, aportando 20 kg de N, 2 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 9.5 kg de K<sub>2</sub>O.

En el año 2016 las entradas de nutrientes en las parcelas 3 y 4 de granos básicos aumentaron hasta un 57.5 %, en comparación al año 2015 debido a que el productor duplicó las dosis de fertilización por hectárea. Aunque en la parcela 4 se observa que las entradas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio resultaron menores que el año 2015, esto se debe a que solo en el primer año se produjo entradas por fijación biológica a través del gandul (*Cajanus cajan* L.).

Las mayores entradas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por medio del compost se dio en la parcela 5 y 2 compuesta por los frutales y el asocio de guineo (*Musa paradisiaca*) + guayaba (*Psidium guajava* L) con valores de 13.6 kg, 4.8 kg y 16.8 kg en frutales y 9.2 kg, 3.1 kg y 11.4 kg en guineo más guayaba. Ambas parcelas recibieron las mismas entradas durante los dos años, esto se debe a que el productor tiene una dosis de aplicación de fertilizante establecida, utilizando 10 libras de compost por árbol de fruta y 2 libras por planta de guineo y de guayaba.

A nivel de finca es evidente observar que el año que recibió mayor aporte de Nitrógeno fue 2016 con un valor de 50.9 kg y para el 2015 fue de 38.5 kg. Las entradas de Fósforo se mantuvieron en 13.4 kg en 2016 y de 12.9 kg para el 2015. En el caso del Potasio se obtuvo valores similares en ambos años con 47.1 y 47.0 kg respectivamente. Durante los dos años las entradas de N, P y K son consideradas como bajas, tomando en cuenta los bajos contenidos de estos elementos en los suelos de la finca y de las bajas concentraciones en el compost utilizado para la fertilización de los cultivos en la unidad de producción.

Las entradas de nutrientes vía biomasa (producida por las demás parcelas), no se practica en ninguna de las cinco parcelas, toda la biomasa producida por los cultivos comúnmente de granos básicos se dejan en la misma parcela, los nutrientes contenidos en la biomasa son nuevamente incorporado al suelo proceso que no es considerado como entradas si no como reciclaje de nutrientes.

#### **4.1.2 Salidas de N, P y K a nivel de Parcela y Finca**

Como se puede observar en el Anexo 10, existen grandes salidas, de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, causadas por las cosechas, se sabe que a mayores rendimientos habrá mayor exportación de nutrientes, principalmente de las parcelas donde se practicó el asocio de cultivos entre granos básicos y la de frutales. Otra forma de salida de estos nutrientes es el contenido en el raquis de maíz (*Zea mays*) que es sacado de la parcela al momento de la cosecha, el resto de biomasa es nuevamente incorporado al suelo, igualmente del resto de cultivos en las demás parcelas.

Las salidas de nutrientes a nivel de parcelas fueron mayores durante el año 2015 en las parcelas 3 y 4, con cultivos: frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) + maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) + gandul (*Cajanus cajan*), en ambas parcelas se obtuvieron los rendimientos más altos de la finca, por tal razón son la causa de que se haya producido las mayores salidas con valores de: 172 kg de N, 53.0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 113.5 kg de K<sub>2</sub>O en la parcela tres y 131.1 kg de N, 18.1 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 22.6 kg de K<sub>2</sub>O.

Los rendimientos en grano y biomasa obtenidos en estas parcelas produjeron salidas mayores a las aplicaciones de nutrientes hechas por el productor, esto debido a que en la parcela tres donde se estableció el asocio de frijol y maíz se obtuvieron rendimientos de 3881.7 kg de grano entre los cultivos, sumado los 158.8 kg de olote que son extraídos de la parcela y en los cultivos de sorgo y gandul se obtuvo una producción 3881.6 kg de granos y 2014.4 kg de biomasa que son extraídas de la parcelas.

Según García (2007), para un rendimiento de  $2.4 \text{ t ha}^{-1}$  (2400 kg) de frijol la remoción de los macro nutrientes equivale a: 155 kg de N, 50 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 120 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ , en  $6 \text{ t ha}^{-1}$  (6000 kg) de maíz la remoción equivale a: 120 kg de N, 50 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 120 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  y de igual manera en rendimiento de  $4 \text{ t ha}^{-1}$  (4000 kg) de sorgo la remoción de estos nutrientes equivalen a: 120 kg de N, 40 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 100 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ .

En el caso de las parcelas 1 (bosque) y 2 (guineo y guayaba) las salidas de nutrientes están en cero, producto a que en la parcela de bosque no se extrae ningún tipo de biomasa, leña, madera y la parcela de musáceas + guayaba durante estos dos años estaban en la etapa de crecimiento y de igual forma no se realizaba ninguna extracción.

A nivel de finca, para el año 2015 se dieron las mayores salidas, aunque no fue el año en que más nutrientes se aplicó, las salidas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio fueron tres veces superior que el año 2016, con valores de 321.5 kg, 83.2 kg y 149.4 kg respectivamente, esto es debido a que en el año 2015 se obtuvo los mayores rendimientos en las parcelas tres y cuatro, asociados de maíz + frijol y sorgo + gandul, provocando mayores extracciones de este elemento por las cosechas principalmente del grano y biomasa por medio del raquíz y del tallo, hoja y panoja de sorgo.

#### **4.1.3 Balance de N, P y K en finca El Chipote**

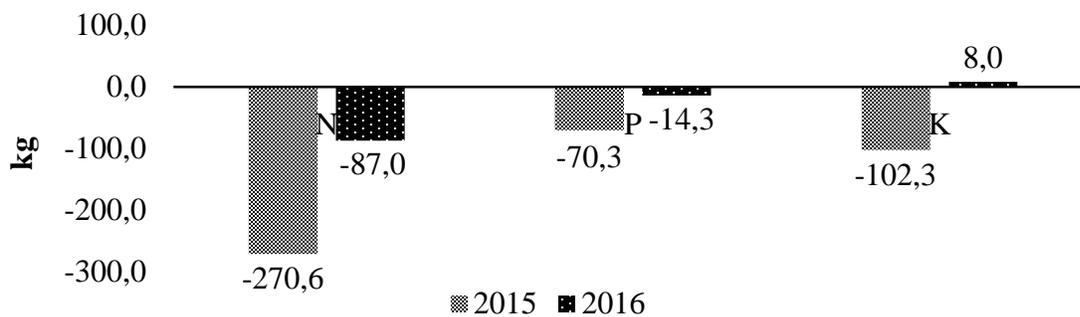
Las salidas de nutrientes por las cosechas, la baja adición de fertilizantes, influyen mucho en los balances de nutrientes de las parcelas; Todos estos factores más la deficiencia de agua producto de las bajas precipitaciones arrojan como producto balances muy por debajo de los valores de equilibrio. Poniendo en evidencia que existe una tendencia hacia el agotamiento de las reservas minerales del suelo, lo que inevitablemente conducirá a una disminución de la fertilidad del suelo en sus parcelas.

Según NLWRAP (2001) para interpretar el resultado es necesario considerar que, un balance negativo de una parcela o sistema que tiene niveles de fertilidad superiores a los valores críticos de disponibilidad de nutrientes no debe ser considerado necesariamente como “malo”. Si bien, un balance negativo podría estar indicando un agotamiento progresivo de las reservas de nutrientes en el suelo, no siempre los cultivos responden al agregado de nutrientes en dichos suelos. Esto podría ser explicado porque dichos suelos pueden estar bien dotados en cuanto su fertilidad natural.

En la Figura 1 se muestra el balance aparente de nutrientes, durante los ciclos productivos 2015 y 2016, refleja que en el año 2015 se obtuvo el balance más bajo con altos valores negativos, -270.6 kg de Nitrógeno, -70.3 kg de Fósforo y -102.3 kg de Potasio y para el año 2016 estos valores se redujeron a -87.0 kg de Nitrógeno, -14.3 kg de Fósforo y 8.0 kg de Potasio. Estos valores se deben a que los rendimientos se redujeron en el año 2016.

En estudio realizado por Ernst *et al.*, (2012), indican que cuanto mayor sea la extracción registrada en las parcelas más negativo resultara el balance aparente. Establecen que el balance aparente está correlacionado con la extracción, sin embargo, la fertilización realizada no está de acuerdo con la extracción por los cultivos. Además, para compensar los nutrientes extraídos por las cosechas se debe hacer uso de altas dosis de fertilizantes de compost debido a que la concentración de estos elementos es muy baja en comparación con los fertilizantes sintéticos.

Para Smaling & Stoorvogel (1998) el análisis de balances ha demostrado que agro-ecosistemas con balances negativos han venido ampliándose en un amplio rango de lugares desde tierras de mala calidad a suelos con buenas características en zonas volcánicas del este de África y América Latina.



**Figura 1.** Comportamiento del balance aparente de N, P y K / Años (2015, 2016), finca El Chipote.

## 4.2 Balance Aparente por Elemento finca El Chipote

### 4.2.1 Balance Aparente de Nitrógeno

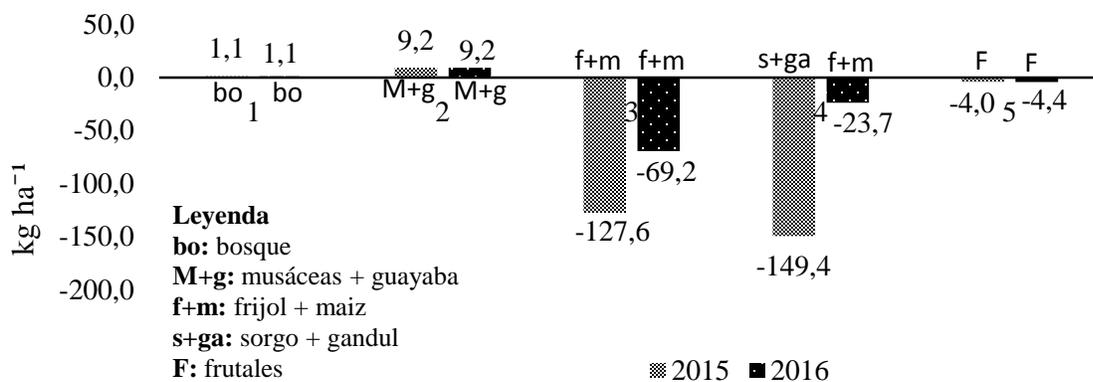
En la Figura 2 se presenta el balance aparente de nitrógeno por parcela y año, durante los dos años que comprendió el estudio. De las cinco parcelas estudiadas tres fueron las que afectaron el balance negativo.

En las parcelas, 1 (bosque) y 2 guineo (*Musa paradisiaca*) + guayaba (*Psidium guajava* L.) no se produjo ninguna extracción de nutrientes, resultando un balance positivo en estas dos parcelas con valores 1.1 kg y 9.2 kg, producto de las entradas de nutrientes mediante el excremento de caballo en el área de bosque y la aplicación de compost en los cultivos de guineo y guayaba durante los dos años. En ambas parcelas no se produjo la salida de nutrientes.

En la parcela 5 frutales se observa que el balance fue bastante similar en los dos años con valores de -4 y -4.4 kg, esto debido a que los rendimientos para el año 2016 aumentaron únicamente de 2 – 5%, referente al año 2015.

El balance de nitrógeno en la parcela 4 fue diferente en ambos años, resultando un balance negativo más alto en el año 2015 con los cultivos de sorgo + gandul con -149.4 kg, respecto al año 2016 frijol + maíz con -23.7 kg, en gran parte está relacionado a los rendimientos obtenidos que fueron diferentes para cada año, además el tipo de cultivo establecido no fue el mismo en los dos años. De igual manera se refleja en la parcela 3 la diferencia en el balance que no fue similar en ambos años, se produjo el balance negativo más alto en el 2015 con la siembra de frijol + maíz con -127.6 kg en comparación al 2016 igualmente con frijol + maíz con -69.2 kg.

Según Vieira *et al.*, (1999), el nitrógeno es uno de los elementos más determinantes en los rendimientos de los cultivos, esto está dado por su papel en la producción de materia vegetativa, representando del 1 al 4 % del peso seco de la planta, por lo general los suelos agrícolas están desprovisto de este elemento, más sin embargo un suministro inadecuado e ineficiente de nutrientes en la planta, crea un agotamiento de las reservas de nutrientes en la finca.



**Figura 2.** Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno / parcela /Años (2015, 2016), finca El Chipote.

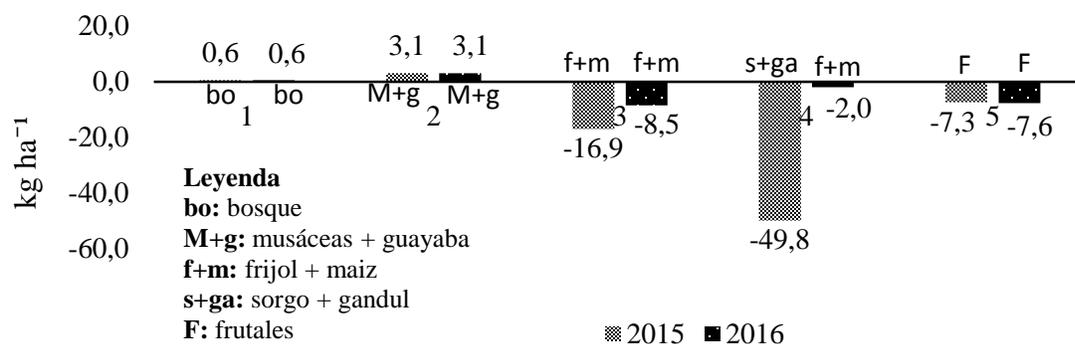
#### 4.2.2 Balance Aparente de Fósforo

En las parcelas 1 bosque y 2 guineo + guayaba, en ambas parcelas el balance dio positivo para los dos años, debido a que únicamente se dieron entradas de nutrientes y ningún tipo de salida, ya que las musáceas y guayabas están en la etapa de crecimiento vegetativo.

En la Figura 3, se muestran los balances de Fósforo por parcela, durante dos años, obteniendo el balance negativo más alto en la numero 4 para el año 2015 con los cultivos de sorgo y gandul, con valores de -49.8 kg, no así en el 2016 con los cultivos de maíz y frijol que se establecieron en esta misma parcela, el balance se redujo a -2 kg se considera mejor para este año, a pesar que los cultivos de maíz y sorgo son quienes exportan más fosforo en el grano. Las salidas de nutrientes en el maíz fueron bajas por el bajo rendimiento de grano en este ciclo de siembra, no para el sorgo donde se obtuvieron altos rendimientos, se considera que se remueven 6.2 kg de P por cada kg de P que se aplica (García & González, 2013).

Evaluaciones realizadas por Cano *et al.*, (2006), demuestran que el balance aparente en agricultura de secano de al menos 5 cultivos) fueron de  $0,37 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mostrando un balance aparente de fósforo que se podría clasificar como neutro, además manifiesta que los cultivos de maíz y sorgo son quienes exportan más P en el grano y que el sorgo es un cultivo menos fertilizado. Por otra parte, el maíz si bien es el que más P exporta, es también quien más fertilizante recibe.

Morón & Kehlz (1992), reportan el efecto de la agricultura continua sin fertilización, agricultura continua con fertilización y rotación pastura-cultivos (50/50) con fertilización en ambas fases, observaron que las parcelas que incluían fertilización lograron mantener o incluso elevar los niveles de P disponible en el suelo, mientras que el sistema de agricultura continúa sin fertilización mostro un descenso en los niveles de P disponible. La principal causa de que la mayoría de las parcelas están dando un balance negativo es por el pobre suministro de estos elementos en el compost utilizado para la fertilización de los cultivos, no es suficiente para satisfacer la demanda requerida por cada cultivo.



**Figura 3.** Comportamiento del balance aparente de Fósforo / parcela /Años (2015, 2016), finca El Chipote.

### 4.2.3 Balance Aparente de Potasio

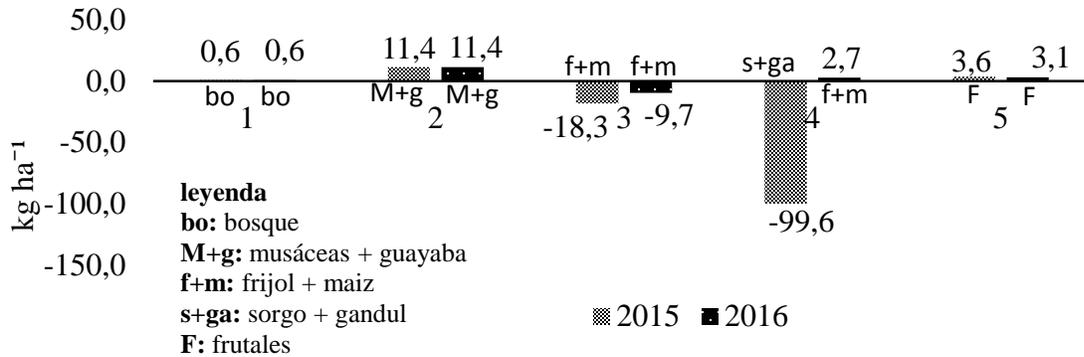
Es importante señalar que igual como sucedió con el nitrógeno y fósforo, sucede con el potasio, presentando balance positivo para las parcelas 1 y 2, durante los dos años de estudio, producto de que no hubo ningún tipo de salida de nutrientes solamente las entradas por la aplicación de fertilizantes orgánicos y entradas por el estiércol de caballo.

En la figura 4 se muestra el balance aparente de potasio por parcela y año, mostrando un balance negativo, para dos parcelas, durante el año 2015, en cambio en el 2016 solamente una parcela resulto con un balance negativo, la parcela que obtuvo valores negativos más alto fue la parcela 4 (sorgo + gandul) se obtuvo en balance negativo muy alto de potasio con un valor de -99.6 kg, fue 7 veces mayor las salidas que las entradas, muy diferente sucedió para el año 2016 con la siembra de los cultivos de frijol + maíz, obteniendo un balance positivo con valor de 2.7 kg.

Los resultados presentado se deben principalmente a que las exportaciones de potasio en estos cultivos son muy diferente, resultando con mayores exportación los cultivos de sorgo y gandul, otro aspecto a considerar son los rendimientos, siendo mayores los del año 2015, sin embargo las entradas de este nutrientes son consideradas muy bajas porque no se comparan con las extracciones por estos cultivos.

En la parcela 3 durante los dos años se establecieron los mismos cultivos frijol + maíz, con la única diferencia que los rendimientos no fueron iguales para ambos años, obteniendo mejores rendimientos en el año 2015, y distintos valores en el balance.

Para los dos años el balance resulto negativo, debido a que las entradas de potasio son consideradas muy bajas y no se logra suplir las demandas de extracción por estos cultivos. Con respecto al K, al no registrarse fertilizaciones, se registra una mayor extracción de K en el suelo (Ackermann & Gasparri, 2011).



**Figura 4.** Comportamiento del balance aparente de Potasio / parcela /Años (2015, 2016), finca El Chipote.

### 4.3 Balance Aparente de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, finca El Manantial

#### 4.3.1 Entradas de N, P y K por Parcela y Finca

En el Anexo 11, se puede observar el Balance de nutrientes por ciclo y cultivo en las parcelas de la finca el manantial, para los dos años. Se presentan las entradas de N, P y K en kg ha<sup>-1</sup>, donde el productor maneja sus parcelas de manera tradicional, en cuanto a su estrategia de fertilización; desde la incorporación de estiércol de ganado y el reciclaje de rastrojos después de la cosecha.

La incorporación de nutrientes al suelo en la unidad de producción es muy diferente, debido a que el productor no utiliza ningún tipo de fertilizante sintético por los altos costos que estos incurrirían, y que la mayoría de sus tierras las utiliza para potreros y una menor cantidad para la producción de alimentos (granos básicos), por lo que aprovecha el estiércol del ganado para incorporarlo al área donde cultiva; invirtiendo menos en insumos; esta práctica siempre la ha implementado en su finca por lo que no se puede decir que es una finca meramente convencional.

También en el anexo 11, se puede apreciar que el año que mayor aporte de nutrientes remitió fue en el 2016, con un total de 49 de N, 17.1 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 9.5 de K<sub>2</sub>O, comparado con el año anterior que fueron bajas con un aporte de 33 de N, 11.7 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 6.8 K<sub>2</sub>O.

Este aumento de nutrientes observadas en el año 2016 se debe a que en algunas parcelas se estableció en época de primera asocio de maíz+ frijol, incorporándosele a esa parcela más cantidad de materia orgánica (estiércol), por la alta demanda de nutrientes de estos cultivos; para el área de potreros hubieron estradas a partir del estiércol del ganado durante el periodo de dos meses que el productor maneja su ganado en pastoreo y el estiércol de bestias caballar durante todo el año, pero solo en un 50 % de lo que aportan, ya que solo por el día se mantienen pastando y por la noche se trasladan al área de bosque aportando el otro 50 % de nutrientes como entradas.

En las parcelas destinadas para el cultivo de granos básicos no hay aporte de nutrientes por biomasa que haya sido incorporada de otras áreas, sino que existe un reciclaje de nutrientes debido a la reincorporación de la hojarasca después del aporreo en el caso del cultivo del frijol y en el caso del maíz solo es extraído lo que es la mazorca lo demás el productor lo deja en la misma parcela.

#### **4.3.2 Salidas de N, P y K por Parcelas y Finca**

Siempre en el Anexo 11, se muestran las altas salidas de N, P, K, para el año 2015 la que es causadas por la cosecha de sorgo del cual no se deja nada de rastrojos en la parcela y el corte del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*), para la alimentación del ganado en los corrales durante el periodo que no pasan en los potreros, además de las salidas donde el ganado pasa alimentándose por un periodo de dos meses en la época lluviosa donde hay mayor producción de biomasa del pasto. Las salidas para el 2015 fueron de 977.6 kg de N y 1105.9 kg de K<sub>2</sub>O, manteniéndose el fosforo en menores pérdidas de 157.9 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Esto es debido a que en el año 2015 se cosechó sorgo de postrera extrayendo intensivamente los nutrientes sin dejar residuos de cosechas en la parcela y el constante corte del pasto Maralfalfa, por la gran cantidad de biomasa que se extrae para la alimentación del ganado que en la mayoría de año pasa semi estabulada, esto es reflejado en los dos años. En el área de bosque no se calcularon perdidas porque no existe un aprovechamiento por parte del productor solo se ha dejado como un área de reserva natural. A pesar que el año 2016 se estableció frijol + maíz de primera y en otra parcela solo frijol de primera; no hubo pérdidas de nutrientes significativas teniendo un valor de 871.6 kg de N, 110.3 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 1002.9 kg de K<sub>2</sub>O.

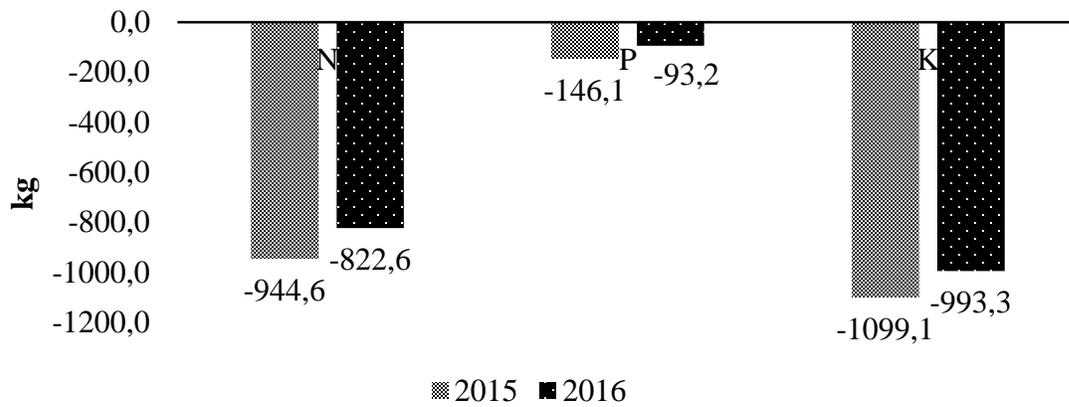
### 4.3.3 Balance Aparente de N, P y K en finca El Manantial

El análisis de los balances de nutrientes en los agro ecosistemas puede ser utilizado como una herramienta para incrementar el conocimiento del ciclo de nutrientes, como un indicador del rendimiento, y como un instrumento para encaminar el manejo de los nutrientes en el cultivo (Oenema *et al.*, 2003) citado por (Kanmegne *et al.*, 2006).

De acuerdo a los balances de nutrientes de las parcelas, las salidas de nutrientes se ven influenciado por las cosechas, asociados de cultivos que demandan grandes cantidades de nutrientes y la falta de estrategias definidas de fertilización, estos son factores que influyen en el balance de nutrientes en las parcelas, a esto se le suma que estas tierras están ubicadas en un territorio de bajas precipitaciones durante el año y los suelos son franco arcillosos liberando así más nutrientes para las plantas. Según la tabla del anexo 10, de análisis de suelo que se realizó en cada parcela, las condiciones de los suelos en las parcelas 3 y 4, arrojan como resultado un balance muy por debajo de los valores obtenidos en las demás parcelas, esto es a causa de los factores antes mencionados.

En la Figura 5, se muestra el balance aparente de nutrientes para los dos años en que se realizó el estudio, a pesar que el año 2016 se estableció frijol de primera en algunas parcelas, no hubieron muchas pérdidas de nutrientes, ya que el productor incorporaba nuevamente los rastrojos a las parcelas (reciclaje), obteniendo valores negativos menores de -822.6 de N, -93.2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y -993.3 de K<sub>2</sub>O; pero para el 2015 los valores fueron elevados llegando a tener valores de -944.6 de N, -146.1 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y -1099.1 de K<sub>2</sub>O. A pesar que se registraron balances negativos en las parcelas no debe ser considerado necesariamente malo, así como un balance positivo de nutrientes, indica solo que la reserva en el suelo mejoro o no vario, pero la calidad y la fertilidad del suelo podría haberse alterado (Manchado, 2010).

Esto significa que el productor a pesar de no aplicar ningún tipo de fertilizante sintético y continuar con la incorporación del estiércol a las parcelas y dejar sobre el suelo los rastrojos de las cosechas, ha mejorado sus prácticas en cómo manejar las parcelas.



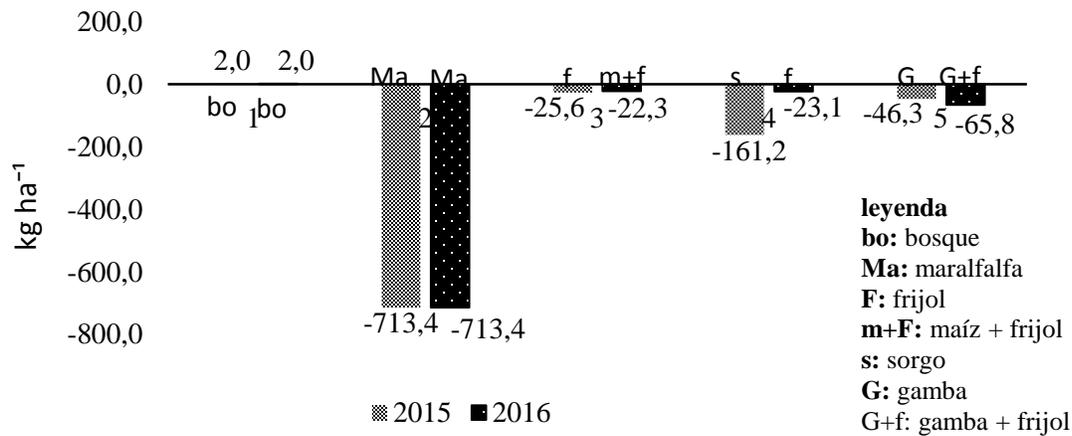
**Figura 5.** Comportamiento del balance aparente de N, P y K / Años (2015, 2016), finca El Manantial.

#### 4.4 Balance Aparente por elemento finca El Manantial

##### 4.4.1 Balance Aparente de Nitrógeno

La Figura 6, muestra el comportamiento del balance aparente de nitrógeno en los años 2015 y 2016 para las cinco parcelas en estudio, en la parcela 1 solo se presentaron entradas (estiércol de equinos), mostrando un balance positivo de 2.0 de N, para los dos años en estudio, esto se debe a que el productor deja estos animales durante la noche en el área de bosque aportando un 50 % de los nutrientes fijados por el estiércol de caballos.

Para ambos años en la parcela 2, se presentó el valor negativo más elevado con -713.4 de N debido a las salidas de biomasa del pasto maralfalfa, del cual se hacen dos cortes al año, y por la cosecha del sorgo con -161.2 de N en la parcela 4, donde no se deja ningún residuo por esta razón se ve más marcada la deficiencia del nitrógeno por la gran demanda que exige este cultivo. De acuerdo al 2016 la parcela 5, mantuvo un balance bajo de -65.8 de N.



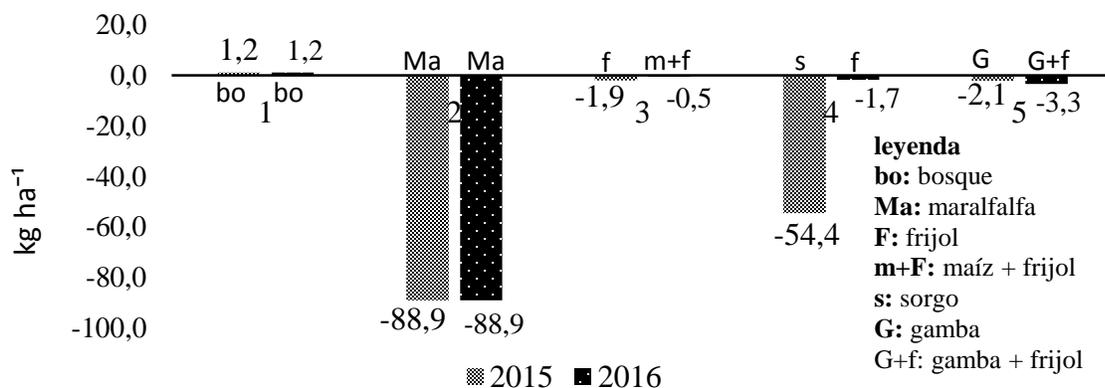
**Figura 6.** Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.

#### 4.4.2 Balance Aparente de Fósforo

En la Figura 7, se observa el comportamiento del balance del Fósforo, se puede decir que para el año 2015 en la parcela 4 se obtuvo un balance negativo de Fósforo de -54.4, por la explotación continua de nutrientes dado por la salida de biomasa y grano del sorgo.

De acuerdo con la parcela 2, se registraron valores semejantes para ambos años dado que en esa parcela se tiene establecido pasto de corte (Maralfalfa), pero el comportamiento del fosforo es muy variado ya que este elemento presenta menores déficit en los dos años comparados con los otros elementos.

En base a una búsqueda bibliográfica de trabajos referidos a la extracción de nutrientes en granos, durante el periodo agrícola 2001 - 2002 se calcularon las cantidades promedio del nutriente fosforo exportado por cinco cultivos (soja, trigo, maíz, girasol y sorgo), se estimó que en cuatro cultivos los balances fueron negativos y variaron entre -6.02 y -160.83 toneladas en las 24.4 mil hectáreas que ocuparon los cultivos antes mencionados. (Cruzate y Casas, 2003).

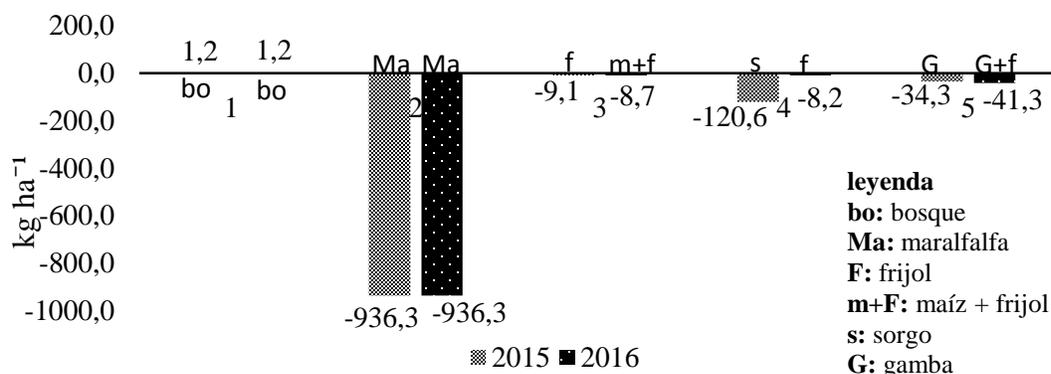


**Figura 7.** Comportamiento del balance aparente de Fósforo / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.

#### 4.4.3 Balance Aparente de Potasio

En la Figura 8, se muestra que para ambos años, todas las parcelas fueron negativas con excepción de la parcela 1, que registro un valor positivo de 1.2 de  $K_2O$ ; en la parcela N°1 (Bosque), solo se registraron entradas (estiércol de equinos). Durante el año 2015 se obtuvo un valor negativo siendo este de -120.6 de  $K_2O$  en el caso del sorgo, pero en la parcela 2, para ambos años se registró un valor similar de -936.3 de  $K_2O$ .

A pesar que en el año 2016 en la mayoría de parcelas se cultivó frijol y debido a que este cultivo demanda mucho de este elemento se obtuvieron valores negativos superiores de hasta -8.2 de  $K_2O$ , esto se debe que el productor ha hecho mejoras en el manejo de sus parcelas haciendo uso de incorporación de rastrojos, rotación de cultivo y de incorporación de materia orgánica, obteniendo mejores resultados que en el 2015 con valores bajos de hasta -936.6 de  $K_2O$ .



**Figura 8.** Comportamiento del balance aparente de Potasio / parcela /Años (2015, 2016), finca El Manantial.

## **4.5 Determinación de los parámetros físicos de las parcelas**

### **4.5.1 Finca el Chipote, Miguel Sandino Sánchez**

El productor de la finca El Chipote en el año 2015 aplicó en promedio alrededor de 964.8 kg de compost por hectárea y para el año 2016 alrededor de 1210.2 kg de compost por hectárea, la aplicación se realizó únicamente una vez al año al finalizar la época seca generalmente en los meses de mayo e inicios de junio, para los cultivos perennes aplicando el abono alrededor de las plantas quedando cubierto con hojas o un poco de tierra para evitar el lavado y la volatilización de nutrientes. Por otra parte, los cultivos anuales o granos básicos la incorporación de abonos se realiza al momento de la siembra para los dos ciclos productivos resultando dos aplicaciones al año, quedando cubierto con tierra.

Con los valores obtenidos de cada parámetro físico se construyó una figura tipo “ameba”, que permite visualizar el estado general de la calidad del suelo, tomando en cuenta que mientras más se aproxime al valor 5: óptimo el sistema es más sostenible, la Figura 9 refleja la situación en que se encuentran los indicadores de calidad de suelo de los cinco lotes, siendo estos los que presentaron el mayor valor en la evaluación visual de toda la finca El Chipote, los indicadores que más sobresalen son: Porosidad y Materia orgánica para los cinco lotes obteniendo el valor máximo de 5, por el contrario el indicador que presentó menos equilibrio fue la textura con valores de clases texturales de 3 (Franco Arcilloso), en los lote 1 y 5 y para los lotes 2,3 y 4 fue de 1 (Arcilla).

Lo que demuestra que en la misma finca se encontró dos clases texturales, siendo la textura una de las propiedades físicas que difícilmente cambia. Son propiedades que cambian en un tiempo mayor de 1,000 años de acuerdo con (Montiel, 2000), sin embargo, aun cuando la textura no cambia, esta es importante. (West & Marland, 2003) afirman la influencia de la textura del suelo en la dinámica de la materia orgánica de suelo, la cual se incrementa en suelos arcillosos y que existe una relación positiva entre las arcillas y los contenidos de la MOS.

La materia orgánica desempeña una importante función en el comportamiento físico de los suelos y contribuye a la formación y estabilidad de los agregados más que ningún otro factor La agregación aumenta la porosidad, aireación, infiltración y percolación del agua, y disminuye la escorrentía y riesgo de erosión (Van Beers, 1980).

Por lo general los suelos con alto contenido de arcilla y limo tienen más materia orgánica que los arenosos. En los suelos de textura fina la cantidad de residuos orgánicos que retorna al suelo es generalmente mayor, debido a que las capacidades de retener nutrientes y aguas superiores de estos suelos favorecen una producción vegetal mayor. Al mismo tiempo, los poros, generalmente más pequeños, de los suelos de textura fina pueden restringir la aireación y reducir la velocidad de oxidación de la materia orgánica. La mayor acumulación de materia orgánica en los suelos de textura fina es la formación de complejos arcilla-humus que protegen a la materia orgánica de la degradación (Corbella & Fernández, s.f).

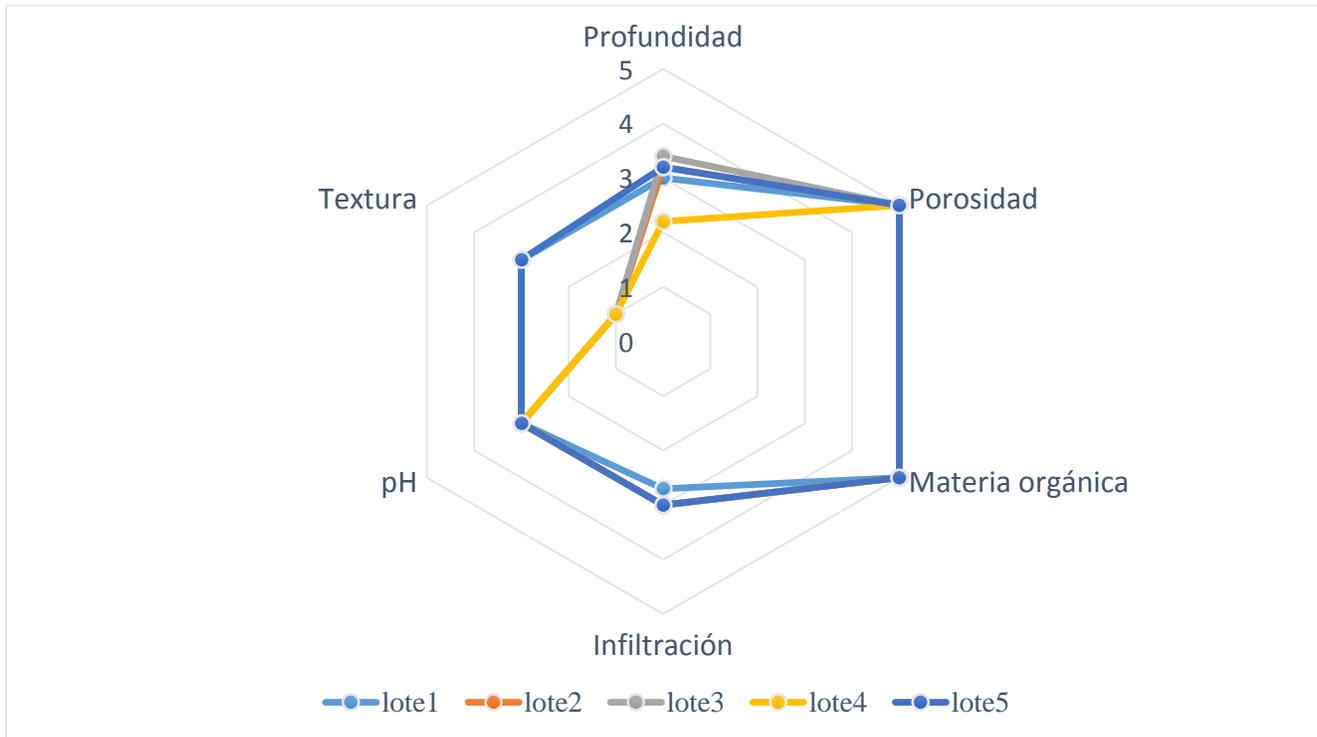
La propiedad de Porosidad obtuvo un valor de 5 en la gráfica de la ameba, a nivel de parcela y finca, presentando una porosidad total de 55 a 65 %. El pH osciló entre 5.4 a 5.9, según (Quintana, *et al.*, 1983), estos rangos se encuentran dentro de la clasificación de Fuertemente ácido y Medianamente ácido. El pH se ve afectado por la materia orgánica del suelo debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno presente en los residuos orgánicos aportados al suelo (Aguilera, 2000).

La porosidad del suelo está fuertemente relacionada con la densidad aparente y la textura del suelo, a mayor compactación del suelo corresponde mayor densidad aparente, porque disminuye el volumen de poros, es por tal razón que los suelos arcillosos presentan menor densidad aparente que suelos arenosos (Fuentes, 1999).

Los valores de profundidad del suelo y la velocidad de infiltración entre parcelas mostraron diferencias, resultando mayor variación en los datos de profundidad con valores que van desde 25 a 50 cm, en el lote 4 y de 50 a 100 cm para los otros cuatro lotes, estas variaciones resultan de las afectaciones producidas por la erosión hídrica, cada vez que se realizan las labores de preparación de suelo producto de que esta parcela queda en la parte más alta de la finca, haciendo que el talpetate se haya encontrado menos profundo, en comparación a las partes más bajas.

La velocidad de infiltración se mantuvo en intervalos de 12 – 25 cm/h, según (Cairo, 1995), se considera como una infiltración rápida de agua en el suelo, la velocidad de infiltración depende del drenaje de la erosión y porosidad del suelo.

Estos valores de infiltración en gran parte están dados por la utilización del tipo de arado en las parcelas, como una práctica de preparación del suelo antes de la siembra de los granos básicos, en estudios realizados por (Esquivel, 2001) presentaron valores que oscilan de 15 – 27.31 cm/h, en parcelas donde utilizan arado, afirman que esta práctica favorece en gran medida la capacidad de almacenamiento de agua en capas inferiores del suelo.



**Figura 9.** Indicadores de calidad de suelo en la finca El Chipote, comunidad Rio Limón.

#### 4.5.2 Finca El Manantial, Evelio Sandino Sánchez

De acuerdo a las muestras de suelos tomadas en la finca “El Manantial”, se observó que el productor ha venido mejorando sus prácticas de manejo en sus parcelas. La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad de penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes, estas condiciones permiten que las partes de las plantas se desarrollen de una mejor forma y puedan obtener plantas vigorosas y que éstas a la misma vez puedan aprovechar al máximo los nutrientes del suelo (Rucks *et al.*, 2004).

Acton y Gregorich (1995), definen calidad de suelo como la condición de este para mantener el crecimiento de las plantas sin que exista degradación de los suelos y por ende daños en el medio ambiente.

Por lo tanto, el suelo es un componente central del agro ecosistema. De esto depende la productividad de plantas y animales, la calidad de las aguas, así como los productos y la salud de la sociedad en su conjunto. Por esta razón resulta fundamental conocer el estado del suelo para evaluar la sustentabilidad de este agro ecosistema.

Con los valores obtenidos de cada parámetro físico se construyó un gráfico tipo “ameba”, que permite visualizar el estado general de la calidad del suelo, tomando en cuenta que mientras más se aproxime el parámetro al diámetro del círculo (valor 5: óptimo) el sistema es más sostenible.

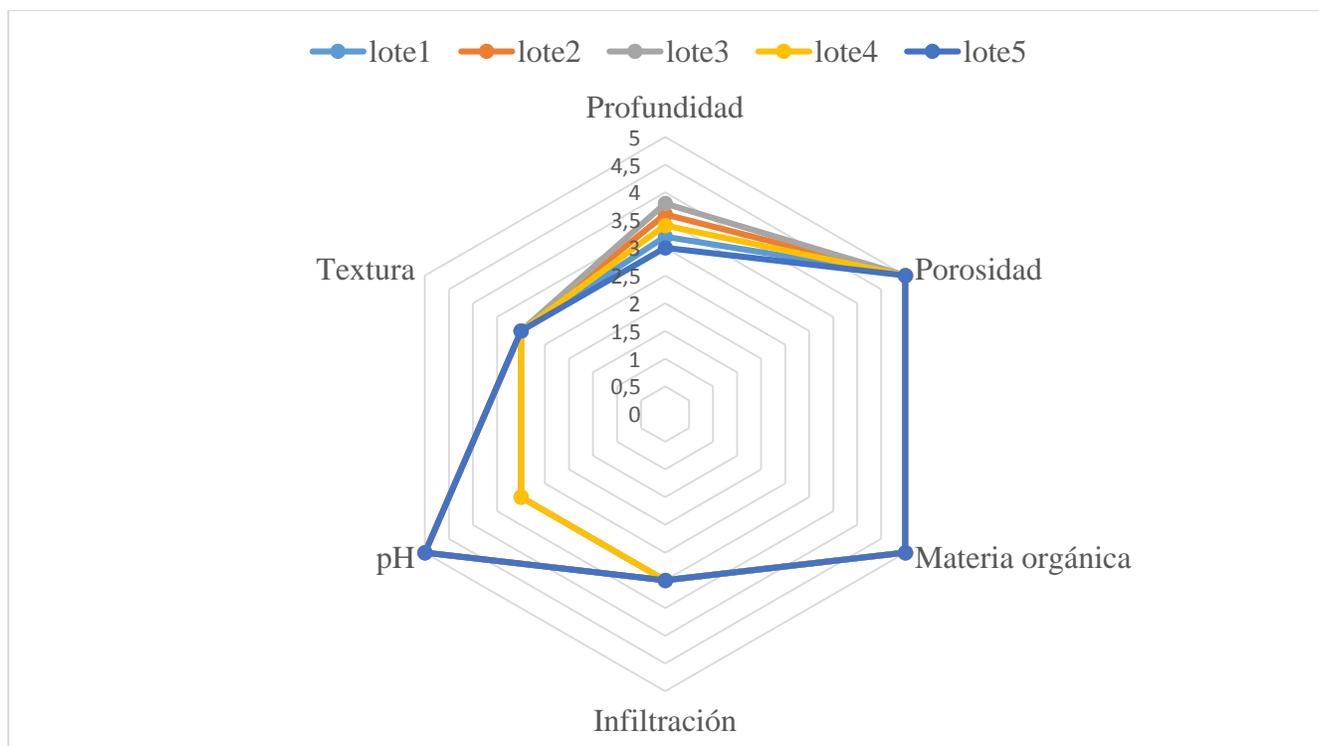
La Figura 10, refleja la situación en que se encuentran los indicadores de calidad de suelo de los cinco lotes, siendo estos los que presentaron el mayor valor en la evaluación visual (materia orgánica) de toda la finca El manantial, los indicadores que más sobresalen es la materia orgánica y porosidad para los cinco lotes con un valor de 5, por el contrario los indicadores que presentaron menos valor fueron textura e infiltración, presentes para los cinco lotes con valores de 3 de acuerdo al Cuadro 2 de los parámetros físicos de suelo.

En la finca se encontró una clase textural, siendo este franco arcilloso para todos los lotes, según Rucks *et al.*, (2004), la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituye el suelo arena, limo y arcilla; esta propiedad guarda relación con la porosidad, reflejada entre un 40-50 % de la porosidad total. Respecto a la textura cuando domina la fracción arcilla, la porosidad total del suelo hay más micros poros que en la fracción arena, en esto se comprende claramente que si se piensa que entre las microscópicas partículas de arcilla los espacios son más pequeños en cambio entre las partículas de arena los poros son mayores por lo que disminuye la porosidad total (Sánchez, 2007).

La cantidad de materia orgánica (MO), está ligada a la cantidad, tipo y actividad microbiana, de modo que el mantenimiento de la fertilidad sugiere inalterabilidad del ambiente sobre todo microorganismos del suelo; debido a que el productor no extrae los rastrojos a la hora de la cosecha del cultivo del frijol y de maíz e incorpora el estiércol del ganado al área de siembra se registraron valores elevados de MO.

La importancia de la MO radica en su relación con propiedades del suelo tanto físicas como químicas textura, capacidad de retención de agua, reserva de nutrientes y pH (García, 2003).

El resultado obtenido en evaluación de profundidad nos da una categorización de 3, según el Cuadro 2, esto está relacionado a que las parcelas donde se ha dejado o incorporado residuos de cosechas hay mayor cantidad de raíces, esto evidencia que esta incorporación de MO ha influido en la porosidad de las capas del suelo debido al incremento de la actividad microbiana (Cubillo, 1999). Según Esquivel (2001), la velocidad de infiltración es una consecuencia del drenaje de la aireación y porosidad del suelo, como resultado de los análisis en los lotes, se obtuvo un valor de la infiltración de 12-25 cm/h, considerado como una infiltración media.



**Figura 10.** Indicadores de calidad de suelo en la finca El Manantial, comunidad El Limón.

#### 4.5.3 Comparación de los parámetros físicos y químicos entre fincas (El Chipote y El Manantial)

Al comparar los parámetros físicos a nivel de finca, podemos darnos cuenta cuál de las dos fincas está siendo mejor manejada, la Figura 11, muestra que la finca convencional está siendo mejor manejada por el productor, debido a que tres de los seis parámetros sobresalen en esta finca, dos presentan los mismos valores y uno se encontró por debajo del valor de la finca El Chipote, en términos generales se considera mejor manejadas las propiedades físicas y químicas de suelo la finca El Manantial.

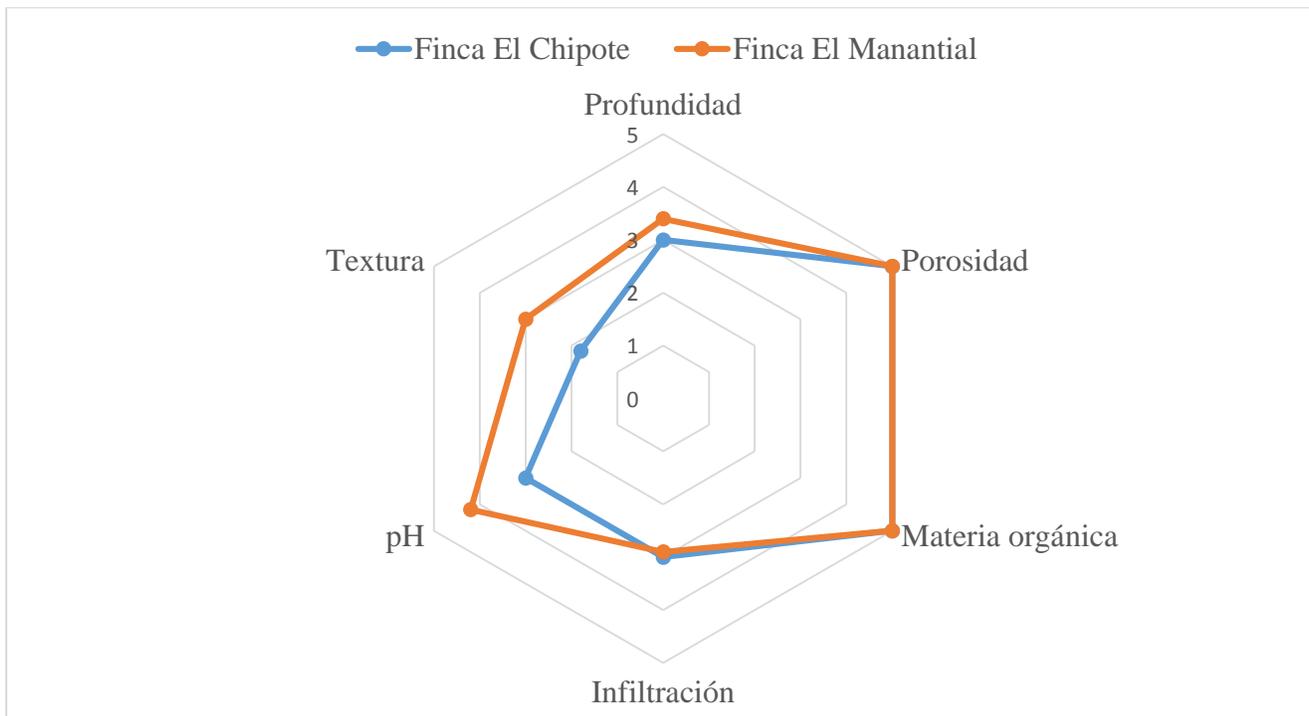
La unidad de producción con manejo convencional posee textura Franco arcillosa y la otra con manejo agroecológica solamente Arcilla, la finca convencional presenta una mejor profundidad del suelo con valores que van de 50 a 100 cm, mientras que la finca agroecológica presenta una menor profundidad con valores que van desde 25 a 50 cm equivalente al 20 % y el 80 % con profundidad de 50 a 100 cm.

La finca convencional presenta un pH que oscila entre el rango de 5.6 a 6.2, según la clasificación dada por (Quintana, *et al.*, 1983), es considerado Medianamente ácido, la finca agroecológica presenta dos rangos de pH, en los lotes 2 y 4 oscila entre 5.2 a 5.6 y en los lotes 1, 3 y 5 oscila entre 5.6 a 6.2, según (Quintana, *et al.*, 1983), estos rangos se clasifican como Fuertemente ácido para el primer rango y Medianamente ácido para el segundo rango.

El parámetro de materia orgánica es igual en ambas fincas con un valor máximo de cinco dentro de la clasificación presentada en el Cuadro 2. Se considera que las dos fincas presentan altos contenidos de materia orgánica con valores que van desde 2.63 hasta 3.84 % en la finca con manejo agroecológica y de 2.36 a 3.67 % en la finca con manejo convencional.

La porosidad total en ambas fincas oscila entre 55 a 65 %, la velocidad de infiltración para la finca El Chipote resulto con el 100 % entre 12 a 25 cm/h, mientras que la finca El Manantial solamente el 80 % el resto fue mayor a 25 cm/h.

Por lo general los suelos de texturas finas tienen mayor porosidad que los de texturas gruesas, la porosidad puede variar desde 40 % en los suelos arenosos y hasta el 58 % en los suelos arcillosos (Fuentes, 1999). Los suelos de textura arcillosa tienen un gran número de poros pequeños y con mucho estrechamiento, retienen gran cantidad de agua, pero exigen cuidado para mantener una aireación adecuada.



**Figura 11.** Relación de los indicadores de calidad de suelo entre la finca El Chipote y El Manantial.

## V. CONCLUSIONES

Para los ciclos productivos 2015 y 2016 en la finca El Chipote se dieron las mayores entradas de Nitrógeno y Potasio, respecto al Fósforo fue mayor únicamente en el primer año, en cuanto a las salidas de estos nutrientes fueron mayores en la Finca El Manantial en ambos años.

En la finca El Chipote las entradas de Fósforo y Potasio fueron similares en ambos años, mientras que en el nitrógeno fue diferente, referente a las salidas en esta misma finca fue tres veces mayor para el primer año. Para la finca El Manantial las entradas fueron mayores durante el segundo año y las mayores salidas se dieron en el primer año.

De manera general ambas fincas presentaron un balance de N, P y K negativo en ambos años a excepción de la finca El Chipote que en el segundo año dio un balance positivo en cuanto al Potasio. La finca El Manantial presentó el balance negativo más alto durante los dos años, siendo un 19.6 % mayor en el primer año.

La valoración de los indicadores de los parámetros físicos muestra la tendencia o dirección general de la calidad del suelo, mostrando que la finca El Manantial está siendo mejor manejada por el productor, debido a que tres de los seis parámetros sobresalen en esta finca, dos presentan los mismos valores y uno por debajo del valor de la finca El Chipote.

Los tres parámetros que resultaron mejores consisten en la profundidad, pH y textura, los dos que presentan los mismos valores en ambas fincas son; porosidad y materia orgánica y únicamente la infiltración es la que dio por debajo de la finca El Chipote.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Compensar las remociones de los nutrientes (N, P y K) en las exportaciones por las cosechas de grano y biomasa con el uso de insumos externos ya sea orgánicos o minerales de acuerdo a las exigencias de los cultivos.

Establecer un plan de rotación en las parcelas, que permita una mejor distribución y aprovechamiento de los nutrientes a través del perfil del suelo, con el uso de cultivos sucesores menos exigentes a los elementos nutritivos.

Al implementar un cultivo en este tipo de suelo se debe realizar una buena remoción del suelo para permitir una mejor aireación y utilizar plantas de coberturas que ayuden a disminuir la erosión hídrica del suelo.

## VII. LITERATURA CITADA

- Ackermann Barbero, P. & Gasparri Giribaldi, N. (2011). *Efecto de la intensidad de uso agrícola del suelo sobre el balance de Nitrógeno, Fosforo Potasio*. (Tesis de pregrado). Montevideo, Uruguay.
- Acton, D. F., & L. J. Gregorich.(1995). *Understanding soil health. In: The Health of Our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada*. Acton D. F. and L. J. Gregorich (eds) Centre for Land and Biological Resources Research. Ottawa, ON.Canada. pp: 5-10.
- Aguilera Quiroz, YJ & Pilarte Morraz, M. (2017). *Diseños, manejos y biodiversidad de las macro faunas edáficas en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba Carazo, Nicaragua 2016*. (Tesis pregrado). Managua, Nicaragua.
- Aguilera, S.M., 2000. *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos*. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. p. 77–85.
- Cairo, P. (1 995). *La Fertilidad Física del suelo y la Agricultura Orgánica en el trópico*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Cano, J.D.; Ernst, O. & García, F. (2006). *Balance aparente de Fosforo en rotaciones agrícolas del litoral Oeste del Uruguay*. Inpofos, informaciones agronómicas: 61 – 84.
- Corbella, R. & Fernández J. (s.f). *Materia orgánica del suelo*. Universidad Nacional de Tucumán. 10p.
- Cruzate, G. A. & Casas, R. (2003). *Balance de Nutrientes*. Revista Fertilizar INTA Año 8 Número Especial “Sostenibilidad”ISSN 1666-8812 diciembre 2003 Páginas: 7 a 13.
- Cubillo, Medrano, M.I. (1999). *Cambios en las propiedades físicas del suelo, producto de la incorporación de materia orgánica* (tesis pregrado). Escuela Católica de Agricultura y Ganadería de Estelí. Estelí.
- Ernst, O., Siri, G., Ackermann, P. & Gasparri, N. (2012). *Balance aparente de nutrientes de N; P y K en función de la intensidad de uso de suelo por la agricultura*. Cangue N° 32. 7p.
- Esquivel, Lindo, S. (2001). *Evaluación de las propiedades físicas del suelo sometido a diferentes sistemas de siembra* (tesis maestría). Universidad Autónoma de Barcelona. Managua.
- Fuentes Yagüe, J. L. (1999). *El Suelo y los Fertilizantes*. Madrid. Mundi-Prensa.
- García, F. & González, M. (2013). *La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Cómo estamos?* 7 p.
- García, F.O. (2003). *Balance de nutrientes en la rotación: Impacto en rendimientos y calidad de suelo*. Argentina.
- 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 agroecológicos*. Valencia: CEAE. 24 p.
- Icaza Espinoza, N. (2013). IV censo nacional agropecuario: *Departamento de Carazo y sus municipios*. Managua, Nicaragua.: MAGFOR. 71 p.
- INTA – FAO. 1997. *Sistema integrado del manejo de la fertilidad, protocolo del análisis de los balances aparentes de nutrientes a nivel de la parcela y de la finca*. P 7.
- Kanmegne, J; Smaling, E. M. A; Brussaard, L; Gansop Kouomegne, A; & Boukong, A. (2006). *Nutrient flows in smallholder production systems in the humid forest zone of southern Cameroon*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 76:233–248.
- LABSA (Laboratorio de Suelo y Agua). (2017). *Análisis químico y físico de suelo*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- MAGFOR 2011. *Plan Nacional de Producción 2011-2012*.
- Manchado, J.C. (2010). *La sustentabilidad en la agricultura pampeana: Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas de la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires*. INTA Balcarce.
- Montiel, N. (2000). *Bases del enfoque ecosistémico para la restauración ambiental*. Instituto Nacional de Ecología, UNAM, Morelia, Michoacán México.
- Morón, A. & Kehlz, J.C. (1992). *Dinámica del Fosforo en tres sistemas agrícolas en el Sureste del Uruguay*. INIA, investigaciones agronómicas: 61 – 84.
- NLWRAP (National Land and Water Resources Audit Project). (2001). *Nutrient balance in regional farming systems and soil nutrient status*. Canberra, Commonwealth Government of Australia.101 p.
- Pikul, J.L. & Allmaras, R.R. (1986). *Physical and chemical properties of a Haploxeroll after fifty years of residue management*. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 214-219.
- Quintana, J. O; Blandón, J; Flores, A & Mayorga, E. (1983). *Manual de fertilidad en los suelos de Nicaragua*. Managua Nicaragua.
- Ramírez, F. (Ed.) (2006). *Manual de cultivos orgánicos y alelopatía*. Colombia: Grupo Latino.
- Rucks, L., García, F., Kaplan, A., León, J., Y Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Montevideo. Uruguay.

- Salinas, JG; Saif, R. (1989). *Requerimientos nutricionales de Andropogon gayanus*. In Toledo, JM; Vera, R; Lascano, C; Lenne, JL. Eds. *Andropogon gayanus* Kunth. Un pasto para los suelos acidos del trópico. Cali, Colombia. P: 105 – 165. Recuperado de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/2013/35988\\_Andropogon\\_gayanus\\_kunth\\_pasto\\_suelos\\_acidos.pdf#page=115](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2013/35988_Andropogon_gayanus_kunth_pasto_suelos_acidos.pdf#page=115)
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas: Fertilidad del suelo*. FERTITEC S.A.
- Smaling E.M.A. & Stoorvogel, J.J. (1998). *Research on soil fertility decline in tropical environments: integration of spatial scales*. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 151–158.
- Torres, A. P. (2008). *Manual agricultura alternativa* . Colombia : IBALPE.
- Van Beers, W.F. (1980): *Soils and soil properties*. In *Drainage Principles and Applications*, ILRI. Wageningen. 1: 33-73.
- Vieira, J.; Fischler, M.; Marin, X. & Sauer, E. (1999). *Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zonas de ladera* (Sistema de producción de granos básicos - pequeña ganadería). El Salvador. 136 p.
- West TO, Marland G. (2003). *Net carbon flux from agriculture: Carbon emissions, carbon sequestration, crop yield, and land-use change*. *Biogeochemistry* 63: 73-83.

## VIII. ANEXOS

### Guía de trabajo de campo Diriamba, Carazo

#### I Datos Generales

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

1.2 Nombre de la finca \_\_\_\_\_

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

#### II. Información básica de la Unidad la finca

2.1 Como maneja su finca:

a) Como una sola área \_\_\_\_\_

b) La maneja parcelada \_\_\_\_\_

c) Si la maneja parcelada, en cuantas áreas la tiene dividida \_\_\_\_\_

Anexo 1. Información de manejo por área y ciclos año 2015 - 2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Rendimiento	Fertilización	
		Primera	Postrera	Postreron		kg. Completo	kg. Urea
1							
2							
3							
4							
5							

Anexo 2. Información de manejo por área y ciclos con animales año 2015 – 2016

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

Anexo 3. Información sobre distancias de siembra en los cultivos

Cultivo	Distancia de siembra

Anexo 4. 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						

Anexo 5. Rendimiento de grano y biomasa en kg ha<sup>-1</sup> de los diferentes cultivos establecidos en la finca El chipote para los años 2015 y 2016

<b>2015</b>				
Parcela	Época	Cultivo	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup>	Biomasa kg ha <sup>-1</sup>
1	Perenne	Bosque	0	0
2	Perenne	Musáceas	0	0
		Guayaba	0	0
3	Postrera	Frijol	1293.909	0
		Maíz	2587.791	158.75
4	Postrera	Sorgo	3234.739	2014.384
		Gandul	646.948	0
5	Perenne	Mandarinas	1097.1	0
		Guanábana	3839	0
		Mango	2647.1	0
		Pitahaya	631.6	0
<b>2016</b>				
1	Perenne	Bosque	0	0
2	Perenne	Musácea	0	0
		Guayaba	0	0
3	Primera			
4	Primera			
5	Perenne	Mandarina	1151.9	0
		Guanábana	3954.2	0
		Mango	2779.4	0
		Pitahaya	618.8	0

Anexo 6. Rendimiento de grano y biomasa en kg ha<sup>-1</sup> de los diferentes cultivos establecidos en la finca El Manantial para los años 2015 y 2016

<b>2015</b>				
Parcela	Época	Cultivo	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup>	Biomasa kg ha <sup>-1</sup>
1	perenne	Bosque	0	0
2	perenne	Maralfalfa		27740
3	postrera	Frijol	862.597	0
4	postrera	Sorgo	2587.791	2650
5	perenne	Pasto gamba		
<b>2016</b>				
1	Perenne	Bosque	0	0
2	Perenne	Maralfalfa		27740
3	Primera	Maíz	0	0
	Primera	Frijol	905.727	0
4	Primera	Frijol	776.318	0
5	Perenne	Pasto gamba		
	Primera	frijol	690.078	

Anexo 7. Contenido de nutrientes (N, P y K) en los granos y biomasa (Bejarano & Maldonado, 1999); (Aragón & Arauz, 2000)

<b>Parte vegetal</b>	<b>Contenido (%)</b>		
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Maíz olote	0.29	0.06	0.65
Maíz grano	2.96	0.385	0.21
Frijol grano	4.173	0.623	1.25
Sorgo tallo	0.38	0.37	2.41
Sorgo hoja	3.08	0.73	1.27
Sorgo grano	2	0.695	0.315
Sorgo panoja	0.96	0.37	0.61
Gandul	6	0.14	2.61

Anexo 8. Contenido de nutrientes (N, P y K) en frutas y biomásas

Frutales (Fruto)	Contenido			Citados
	N	P	K	
Guanábana	1.0g	27 mg	278 mg	Lezama, A., Tapia, A., Muñoz, G., & Zepeda, V. (s.f). Calle Hoyos, L.M., (s.f). Salvador, D. (s.f). León , S. R. (s.f.).
Pitahaya	1.94	2.59	0.67	
Mandarina	0.032 g	0.11 g	0.018 g	
Mango	0.72	1.12	1.44	
Pasto Maralfalfa	2.6	0.33	3.38	
Gamba	1.3	0.1	0.9	

Anexo 9. Resultados de Químicos y Físicos de suelo. Finca El Chipote

Parcela	pH (H2O)	M. O (%)	N (%)	P ppm	meq/100g suelo			Distribución de la fracción del suelo %			Clase textural
					K	Ca	Mg	Arcilla	Limo	Arena	
1	5.87	3.84	0.19	3.39	2.54	23.95	6.33	39.6	30	30.4	FA
2	5.48	2.63	0.13	2.91	1.57	17.35	4.47	41.6	26	32.4	A
3	5.96	3.52	0.18	29.58	3.86	25.35	5.94	41.6	34	24.4	A
4	5.59	3.40	0.17	2.85	1.22	16.13	3.63	41.6	24	37.4	A
5	5.84	3.12	0.16	3.21	0.87	19.10	4.79	39.6	26	34.4	FA
					%						
Compost	8.06	15.04	0.77	0.26	0.96	1.18	0.34				

LABSA (2017). Claves: FA: Franco Arcilloso A: Arcilla

Anexo 10. Resultados Químicos y Físicos de suelo. Finca El Manantial

Parcela	pH (H2O)	M. O (%)	N (%)	P ppm	meq/100g suelo			Distribución de la fracción del suelo %			Clase textural
					K	Ca	Mg	Arcilla	Limo	Arena	
1	6.19	2.92	0.15	10.92	1.82	18.04	6.84	39.6	28	32.4	FA
2	6.29	3.67	0.18	29.48	1.79	16.13	4.85	39.6	22	38.4	FA
3	5.89	2.36	0.12	6.49	1.27	14.35	4.25	39.6	24	36.4	FA
4	5.74	2.59	0.13	4.73	1.49	15.09	4.10	39.6	24	36.4	FA
5	6.00	2.95	0.15	7.52	1.32	15.09	5.47	39.6	26	34.4	FA

LABSA (2017). **Claves:** FA: Franco Arcilloso

Anexo 11. Entradas de Nutrientes años (2015 - 2016), Finca El Chipote, Diriamba, Nicaragua

Año	Parcelas	Época	Cultivo	Tipo de fertilizante	Cantidad en quintales
2015	1	Perenne	Bosque	Estiércol	4.6
	2	Perenne	Guineo+Guayaba	Compost	26.2
	3	Postrera	Frijol + Maíz	Compost	10
	4	Postrera	sorgo + Gandul	Compost	10
	5	Perenne	Guanábana Mandarina Pitahaya Mango	Compost	38.7
2016	1	Perenne	Bosque	Estiércol	4.6
	2	Perenne	Guineo+Guayaba	Compost	26.2
	3	Primera	Frijol + Maíz	Compost	22.8
	4	Primera	Frijol + Maíz	Compost	18.8
	5	Perenne	Guanábana Mandarina Pitahaya Mango	Compost	38.7

Anexo 12. Entradas de Nutrientes años (2015 - 2016), Finca El Manantial, Diriamba, Nicaragua

<b>Año</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Época</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Cantidad en quintales</b>	<b>Tipo de fertilizante</b>
2015	1	Perenne	Bosque	8.6	Estiércol bovino
	2	Anual	Maralfalfa	28.6	
	3	Postrera	Frijol	38.1	
	4	Postrera	Sorgo	28.6	
	5	Perenne	Gamba	19.5	
2016	1	Perenne	Bosque	8.6	
	2	Anual	Maralfalfa	28.6	
	3	Primera	Maíz+Frijol	56.8	
	4	Primera	Frijol	34.1	
	5	Primera Perenne	Frijol Gamba	73.1	

Anexo 13. Balance aparente de nutrientes (N, P y K) por ciclo y cultivo en la finca El Chipote, propiedad de don Miguel Sandino, en la comunidad Rio Limón, municipio Diriamba, 2015 – 2016

Año	Parcela	Época	Cultivo	Entradas de nutrientes en kg ha <sup>-1</sup>			Salidas de nutrientes en kg ha <sup>-1</sup>			Balance de nutrientes en kg ha <sup>-1</sup> (entrada - salida)		
				N	P	K	N	P	K	N	P	K
2015	1	Perenne	Bosque	1.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.6
	2	Perenne	Guineo+Guayaba	9.2	3.1	11.4	0.0	0.0	0.0	9.2	3.1	11.4
	3	Postrera	Frijol + Maíz	3.5	1.2	4.4	131.1	18.1	22.6	-127.6	-16.9	-18.3
	4	Postrera	sorgo + Gandul	23.5	3.2	13.9	172.9	53.0	113.5	-149.4	-49.8	-99.6
	5	Perenne	Guanábana	3.4	1.2	4.2	9.6	0.3	2.6	-6.2	0.9	1.6
			Mandarina	3.4	1.2	4.2	0.1	0.3	0.1	3.3	0.9	4.2
			Pitahaya	3.4	1.2	4.2	3.1	4.1	1.1	0.3	-2.9	3.1
			Mango	3.4	1.2	4.2	4.8	7.4	9.5	-1.4	-6.2	-5.3
			<b>Sub total</b>	<b>13.6</b>	<b>4.8</b>	<b>16.8</b>	<b>17.6</b>	<b>12.1</b>	<b>13.3</b>	<b>-4.0</b>	<b>-7.3</b>	<b>3.6</b>
		<b>Total / Año</b>	<b>50.9</b>	<b>12.9</b>	<b>47.1</b>	<b>321.5</b>	<b>83.2</b>	<b>149.4</b>	<b>-270.6</b>	<b>-70.3</b>	<b>-102.3</b>	
2016	1	Perenne	Bosque	1.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.6
	2	Perenne	Guineo+Guayaba	9.2	3.1	11.4	0.0	0.0	0.0	9.2	3.1	11.4
	3	Primera	Frijol + Maíz	8.0	2.7	9.9	77.2	11.2	19.6	-69.2	-8.5	-9.7
	4	Primera	Frijol + Maíz	6.6	2.2	8.3	30.4	4.2	5.6	-23.7	-2.0	2.7
	5	Perenne	Guanábana	3.4	1.2	4.2	9.9	0.3	2.7	-6.5	0.9	1.5
			Mandarina	3.4	1.2	4.2	0.1	0.3	0.1	3.3	0.9	4.2
			Pitahaya	3.4	1.2	4.2	3.0	4.0	1.0	0.4	-2.8	3.2
			Mango	3.4	1.2	4.2	5.0	7.8	10.0	-1.6	-6.6	-5.8
			<b>Sub total</b>	<b>13.6</b>	<b>4.8</b>	<b>16.8</b>	<b>18.0</b>	<b>12.4</b>	<b>13.8</b>	<b>-4.4</b>	<b>-7.6</b>	<b>3.1</b>
		<b>Total / Año</b>	<b>38.5</b>	<b>13.4</b>	<b>47.0</b>	<b>125.6</b>	<b>27.8</b>	<b>39.0</b>	<b>-87.0</b>	<b>-14.3</b>	<b>8.0</b>	

Anexo 14. Balance Aparente de Nutrientes (N, P y K) por ciclo y cultivo en la finca El Manantial, propiedad de don Evelio Sandino, en la comunidad Rio Limón, municipio Diriamba, 2015 – 2016

Año	Parcela	Época	Cultivo	Entradas de nutrientes en kg ha <sup>-1</sup>			Salidas de nutrientes en kg ha <sup>-1</sup>			Balance de nutrientes en kg ha <sup>-1</sup> (entrada - salida)		
				N	P	K	N	P	K	N	P	K
2015	1	Perenne	Bosque	2.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	2.0	1.2	1.2
	2	Anual	Maralfalfa	7.8	2.6	1.3	721.2	91.5	937.6	-713.4	-88.9	-936.3
	3	Postrera	Frijol	10.4	3.5	1.7	36.0	5.4	10.8	-25.6	-1.9	-9.1
	4	Postrera	Sorgo	7.8	2.6	1.3	169.0	57.0	121.9	-161.2	-54.4	-120.6
	5	Perenne	Gamba	5.1	1.9	1.3	51.4	4.0	35.6	-46.3	-2.1	-34.3
	Total / Año				33.0	11.7	6.8	977.6	157.9	1105.9	-944.6	-146.1
2016	1	Perenne	Bosque	2.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	2.0	1.2	1.2
	2	Anual	Maralfalfa	7.8	2.6	1.3	721.2	91.5	937.6	-713.4	-88.9	-936.3
	3	Primera	Maíz+Frijol	15.5	5.2	2.6	37.8	5.6	11.3	-22.3	-0.5	-8.7
	4	Primera	Frijol	9.3	3.1	1.6	32.4	4.8	9.7	-23.1	-1.7	-8.2
	5	Perenne	Gamba	5.1	1.9	1.3	51.4	4.0	35.6	-46.3	-2.1	-34.3
	5	Primera	Frijol	9.3	3.1	1.6	28.8	4.3	8.6	-19.5	-1.2	-7.0
	sub total				14.4	5.0	2.9	80.2	8.3	44.2	-65.8	-3.3
Total / Año				49.0	17.1	9.5	871.6	110.3	1002.9	-822.6	-93.2	-993.3