



*"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía

Trabajo de graduación

Balance aparente de nutrientes (N, P, K) en dos sistemas de producción en la comunidad Las Lagunas, Boaco, Nicaragua, 2015-2016

Autoras

**Br. Mayela Matilde Hodgson Lacayo
Br. Vívian Paola Martínez Guzmán**

Asesores

**Ing. MSc. Leonardo García Centeno
Ing. MSc. Hugo Rodríguez
Dr. Dennis Salazar Centeno**

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2017**



*"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

Universidad Nacional Agraria

Facultad de Agronomía

Trabajo de graduación

**Balance aparente de nutrientes (N, P, K) en dos
sistemas de producción en la comunidad Las
Lagunas, Boaco, Nicaragua, 2015-2016**

Autoras

Br. Mayela Matilde Hodgson Lacayo
Br. Vívian Paola Martínez Guzmán

Asesores

Ing. MSc. Leonardo García Centeno
Ing. MSc. Hugo Rodríguez
Dr. Dennis Salazar Centeno

**Presentado la consideración del honorable
tribunal examinador como requisito final para
optar al grado académico de Ingeniero Agrónomo**

Managua, Nicaragua
Septiembre 2017



Universidad Nacional Agraria

Facultad de Agronomía

*Un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

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

Ingeniero Agrónomo.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

Ing. Martha Moraga Quezada
Presidente

Dr. Francisco Salmerón Miranda
Secretario

Ing. Norman Cruz Vela
Vocal

Lugar y fecha (día/mes/año) _____

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación y fecha del estudio	4
3.1.1. Aspectos fisiográficos de la zona	4
3.1.2. Clima	5
3.1.3. Vegetación	5
3.1.4. Geología	5
3.1.5. Descripción socioeconómica	5
3.1.6. Manejo de las Fincas	6
3.2. Diseño metodológico	7
3.2.1. Recolección de la información	7
3.2.2. Modelo general del balance aparente de macro nutrientes	7

3.2.2.1.	Entradas o aporte de N P K	8
3.2.2.2.	Salidas o exportación de macro nutrientes	9
3.3.	Medición de los parámetros físicos y químicos del suelo	9
3.3.1.	Profundidad del suelo	9
3.3.2.	Densidad aparente del suelo (Da)	10
3.3.3.	Medición de la infiltración de agua en el suelo	10
3.3.4.	Medición de la materia orgánica del suelo	11
3.3.5.	Medición de la porosidad total del suelo	11
3.3.6.	Muestro de suelo	12
3.4.	Análisis de los datos	12
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1.	Balance por elemento finca San Juan	13
4.1.1.	Balance aparente de nitrógeno (N)	13
4.1.2.	Balance aparente del fósforo (P)	14
4.1.3.	Balance aparente de potasio (K)	15
4.2.	Balance por elemento en la Finca Buena Vista	16
4.2.1.	Balance aparente de nitrógeno (N)	16
4.2.2.	Balance aparente de fósforo (P)	17
4.2.3.	Balance aparente de potasio (K)	18
4.3.	Comparación de los balances en las dos fincas en estudio	19
4.4.	Indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo	21
4.4.1.	Indicadores físicos y químicos de la finca San Juan	21
4.4.2.	Indicadores físicos y químicos de la finca Buena Vista	23
4.4.3.	Indicadores físicos y químicos de las fincas Buena Vista y San Juan	24
V.	CONCLUSIONES	26

VI.	RECOMENDACIONES	27
VII.	LITERATURA CITADA	28
VIII.	ANEXOS	31

DEDICATORIA

En mención principal al dueño de todo Dios. Deléitate así mismo en Jehová y él te concederá las peticiones de tu corazón. Encomienda a Jehová tu camino y confía en él y el hará. Salmos 37: 3-5

Con orgullo y satisfacción, dedico este trabajo de tesis a las personas que más amo, mis padres Cristóbal Camilo Hodgson y Mayela del Carmen Lacayo por formar la persona que soy y guiarme por el camino correcto durante toda mi vida.

A mi hermana Karen Patricia Cedeño Lacayo por su apoyo, cariño, paciencia y comprensión durante todos mis estudios y a quien debo inspiración y fortaleza para luchar y alcanzar mis metas.

A mis abuelas Yelba María Montoya, Matilde Isabel Selva Jiménez, y abuelo Wenceslao Lacayo quienes con amor y sabiduría siempre me han apoyado en mi formación humana.

A todas mis tías y tíos en especial a mis tías Mayra Morales, Marina Hodgson, Eliette Hodgson, Yelba Lacayo y Juana Moraga quienes me apoyaron económicamente durante toda mi vida como estudiante, a ustedes tías de mi alma gracias por creer en mí.

Br. Mayela Matilde Hodgson Lacayo

DEDICATORIA

"Encomienda tus obras a Yavé, y tus proyectos se realizarán"

Prov. 16.3

A Dios primeramente por permitirme lograr una de mis metas propuestas, por ser mi guía, darme el don de la perseverancia, sabiduría y fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado.

A la virgen santísima por su infinito amor e intersección en cada una de mis oraciones para poder alcanzar mis propósitos.

A mis padres con mucho cariño Sr. Gregorio Francisco Martínez Urbina y Sra. Paula Guzmán Angulo, por su lucha constante para poder llegar a esta instancia de mis estudios quienes noche a noche estuvieron conmigo, sin importar la distancia, a ellos dedico mi esfuerzo, dedicación, alegría y satisfacción por su gran apoyo, aliciente para infundirme ánimo, fortaleza, entusiasmo valor para realizar este trabajo

A mi hermana Maydelis Martínez Guzmán por su motivación quien con sus palabras de aliento no me dejaba caer para que siguiera adelante y siempre perseverar y poder cumplir con mis ideales.

A mi chepita (q.e.p.d.) como de cariño le decía, quien desde pequeña con sus sabios consejos me alentó a seguir adelante siempre.

A mis tías Gloria Guzmán y Filomena Urbina por su gran cariño y a toda mi familia que me han levantado tantas veces, dibujándome sonrisas cuando mi optimismo flaqueaba y supieron extender sus consejos cuando los necesité.

Br. Vívian Paola Martínez Guzmán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos ayudado maravillosamente en cada paso de esta investigación, facilitando y abriendo caminos y sobre todo habernos inspirado.

A mi mejor amiga Vívian Paola Martínez Guzmán, quien siempre me brindo su sincera amistad y su apoyo incondicional, gracias. (Mayela)

A Mayela Hodgson Lacayo, por ser la mejor amiga que tuve desde que empezó mi carrera, con quien he compartido grandes momentos y juntas tuvimos apoyo mutuo, sabes que cuentas conmigo. (Vívian)

Agradecemos la confianza apoyo y dedicación de tiempo a los profesores MSc. Hugo Rodríguez, y especialmente al Msc. Leonardo García Centeno por su gran amistad y darnos la oportunidad de trabajar en conjunto con él, gracias por su paciencia, criterio y aliento para culminar este trabajo.

A todos nuestros maestros de primaria, secundaria que han contribuido en nuestra formación en especial a los de la universidad por impulsarnos con el desarrollo de nuestra formación profesional. De igual manera agradecer al Dr. Oscar Gómez Gutiérrez por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos que nos han motivado en nuestra formación profesional.

A los dueños de las fincas Benito Sánchez, Don Juan José Mendoza y su esposa Virgenza Mendoza por tan buena disposición y colaboración que nos mostraron, quienes con amor y humildad permitieron que trabajáremos en sus tierras para culminar nuestra formación.

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”.

Br. Mayela Matilde Hodgson Lacayo
Br. Vívian Paola Martínez Guzmán

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Cultivos presentes en las fincas San Juan y Buena Vista	6
2	Entradas y salidas para obtener el balance aparente de nutrientes	8
3	Clasificación de la presencia de materia orgánica en el suelo	11
4	Categorías de valoración de los parámetros evaluados	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación geográfica del área de estudio y subsistemas de cada finca ganadera, Las Lagunas, Boaco, 2016	4
2	Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno (N) por parcela año 2015-2016 finca San Juan, Las lagunas, Boaco	14
3	Comportamiento del balance aparente de fosforo (P) por parcela año 2015-2016 finca San Juan, Las lagunas, Boaco	15
4	Comportamiento del balance aparente de potasio (K) por parcela año 2015-2016 finca San Juan, Las lagunas, Boaco	16
5	Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno/ parcela/ años (2015-2016) finca agroecológica Buena Vista, Las Lagunas-Boaco	17
6	Comportamiento del balance aparente de fósforo/ parcela/ años (2015-2016) finca agroecológica Buena Vista, Las Lagunas-Boaco.	18
7	Comportamiento del balance aparente de potasio / parcela/ años (2015-2016) finca agroecológica Buena Vista, Las Lagunas-Boaco	19
8	Comparación de las fincas Buena Vista y San Juan, Las Lagunas-Boaco	20
9	Estado actual de los indicadores evaluados por parcela en el la Finca Buena Vista durante el período 2 015 – 2 016	22
10	Comportamiento de los indicadores evaluados en las Fincas Buena Vista y San Juan	24
10	Comparación del comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en ambas fincas Buena Vista y San Juan	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Balance aparente de nutrientes (N,P, K) 2015-2016, finca San Juan, Las lagunas, Boaco.	31
2.	Balance aparente de nutrientes (N, P, K) 2015-2016, finca Buena Vista, Las lagunas, Boaco.	32
3.	Balance aparente total Finca San Juan y Finca Buena Vista Las Lagunas Boaco 2015-2016.	34
4.	Guía de trabajo para toma de datos	35
5.	Resultados de análisis físico-químico de suelos de dos sistemas ganaderos en Las Lagunas, Boaco, 2016.	39

RESUMEN

El presente estudio consistió en un balance aparente de nutrientes N, P, K en la comunidad Las Lagunas finca Buena Vista y San Juan, departamento Boaco 2015-2016 con el objetivo de conocer como los productores están manejando cada una de sus parcelas y el estado actual de la fertilidad de los suelos por fincas. Para conocer el estado de fertilidad se recolectaron muestras de suelo para cada una de las parcelas y fueron llevadas al Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, para su respectivo análisis; se determinó el porcentaje de N, P, K, pH, M.O, porosidad y textura, igualmente se determinó la profundidad e infiltración por parcela en las fincas en estudio. Para la medición de indicadores físicos y químicos de suelo se utilizó la metodología de García, los indicadores seleccionados fueron: densidad aparente, textura, porosidad, velocidad de infiltración del agua, pH y materia orgánica, categorizados en un rango de uno a cinco para realizar el análisis. El balance aparente de nitrógeno, fósforo y potasio para la finca Buena Vista fue positivo favorecido por las adiciones de compostas a los cultivos en todas las parcelas y a las bajas exportaciones por bajo rendimiento en los cultivos de consumo y poca extracción de fruta en los frutales y para la finca San Juan negativo debido a que las entradas de nutrientes vía fertilizante están limitadas al cultivo de frijol y a la presencia de pastos altamente extractores de nutrientes para la alimentación animal.

Palabras clave: Balance, Indicadores.

ABSTRACT

The present study consisted on an apparent balance of nutrients N, P, K in Las Lagunas community Buena Vista and San Juan, Boaco department of 2015-2016 with the objective of knowing how the farmers are managing their plots and the current state of the fertility of the soils by farms. To know the fertility status, soil samples were collected for each of the plots and were taken and sent to the Land and Water Laboratory (LABSA) of the National Agrarian University, for their respective analysis; the percentage of N, P, K, pH, organic material, porosity and texture was determined, depth and infiltration per plot were also determined in the farms under study. For the measurement of physical and chemical indicators of soil, Garcia's methodology was used. The selected indicators were: apparent density, texture, porosity, water infiltration velocity, pH and organic matter, categorized in a range of one to five to perform the analysis. The apparent balance of nitrogen, phosphorus and potassium for the Buena Vista farm was favored by additions of compost to crops in all plots and low exports by low yields in the consumption crops and little extraction of fruit in the fruit trees and for the San Juan negative farm because nutrient inputs via fertilizer are limited due to bean crops and to the presence of highly nutrient-extracting pastures for animal feed.

Key words: Balance, indicators.

I. INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la agricultura, la relación entre el hombre y la tierra de cultivo ha sido siempre crítica por las características fisiológicas del hombre, los suelos son una condición básica para su existencia, ya que constituye el lugar de su asentamiento y desarrollo, y el objeto de su trabajo. Cuando la tierra cultivable es insuficiente la población sufre hambre. El suelo es uno de los recursos naturales considerado no renovable, por lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o manejar sus propiedades después de haber sido erosionado o deforestado físicamente. (INIDE-MAGFOR, 2013).

En Nicaragua el sector pecuario representa la actividad económica más importante dentro del sector agropecuario, con una producción aproximada de 30% del Producto Interno Bruto Agrícola. En términos de uso de la tierra, Nicaragua tiene aproximadamente el 71% (3 millones de ha) en pasturas permanentes. El área restante se asigna a cultivos anuales (21%) y cultivos permanentes (8%). La ganadería es la actividad más importante en función del uso de Tierra y la contribución general a la economía del sector agropecuario.

Para los agricultores, la baja fertilidad en sus suelos conlleva a bajo rendimiento en los cultivos. Estos bajo niveles de fertilidad son resultado de las prácticas inadecuadas de manejo que realizan al suelo como son: las quemadas, el sobre pastoreo, excesos de labranza, riegos excesivos, siembra a favor de la pendiente facilitando la erosión, todas estas actividades produce pérdidas de nutrientes en el suelo (González & Pomares, 2008).

Ante la continua pérdida de fertilidad natural y productividad de los suelos, muchos productores pequeños y medianos, han optado por cambiar su enfoque 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. (Mendoza, 2014).

Este trabajo de investigación pretende comparar dos sistemas de producción en la comunidad Las Lagunas, departamento Boaco, a través de la caracterización de los sistemas de manejo y del análisis de la fertilización y del balance aparente de nutrientes, determinando si presentan balances positivos o negativos lo que permitiría demostrar o presentar mejores argumentos en cuanto a la sostenibilidad de los sistemas de producción en estudio, para así poder apoyar procesos productivos en estas fincas y en otras regiones del país, así como el efecto que el manejo ha tenido sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el balance aparente de nutrientes N, P y K en dos sistemas de producción, en el municipio de Las Lagunas, Boaco 2015-2016.

2.2. Objetivos específicos

1. Estimar el balance aparente de N, P y K de las parcelas de las fincas Buena Vista y San Juan.
2. Identificar la influencia de manejo agronómico sobre algunas propiedades físicas y químicas de suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y fecha del estudio

La investigación se realizó en el departamento de Boaco, municipio Las Lagunas, para lo cual se seleccionaron dos fincas, que se localizan entre las coordenadas 12°27' 24.33" latitud norte y 85° 36'39.30" longitud oeste (Finca San Juan) y 12°28'16.12" latitud norte y 85°36'40" longitud oeste (Finca Buena Vista).

La finca Buena Vista tenía una extensión de 20.5 hectáreas y la finca San Juan un área de 12 ha.

El período de realización del estudio estuvo comprendido entre los meses de noviembre 2015 y noviembre 2016.

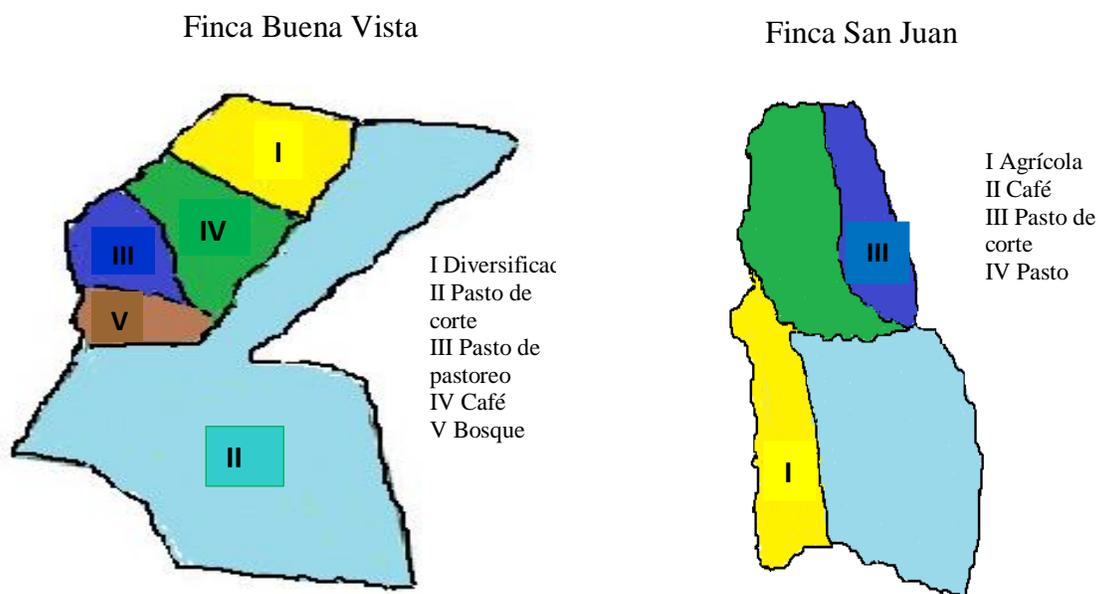


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y subsistemas de cada finca ganadera, Las Lagunas, Boaco, 2016.

3.1.1. Aspectos fisiográficos de la zona

La fisiografía está conformada por terrenos de relieve irregular en la que destacan las sub provincias Serranías de Huapí, Tierras Altas de Cumaica, Pie de Monte de Juigalpa y Pie de Monte del Oeste; existen sin embargo pequeñas planicies y mesetas aisladas con elevaciones entre los 200 y 300 msnm como la planicie de Mizama y las Mesas del Río Matagalpa.

3.1.2. Clima

Boaco posee un clima variado, llegando a tener temperaturas entre 27° y 30° centígrados en época de verano, logrando alcanzar una temperatura mínima de 18° Celsius en diciembre a una altura de 360 msnm y precipitaciones pluviales que oscilan entre 1,200 y 2,000 mm al año, presenta una humedad relativa del 72 % y la velocidad máxima es de 7 m/s (INETER, 2012; INIDE-MAGFOR, 2013).

3.1.3. Vegetación

La vegetación está representada por un bosque tropical que varía de matorral seco hacia un tropical húmedo. La vegetación de bosque natural ha ido dando paso a grandes extensiones de pastizales y tacotales (INIDE-MAGFOR, 2013).

3.1.4. Geología

Los suelos de Boaco son arcillosos con erosión moderada de profundidad media a baja, drenaje regular, pendientes del 3 al 10%, con pH ligeramente ácido entre 6.2 a 6.6, cuya topografía es muy irregular y su paisaje es montañoso, posee elevaciones entre los 200 y 300 msnm. En cuanto a los usos del suelo, el 17% de la superficie del municipio está destinada a cultivos, el 65% a pastos y el 3% a bosques; conviene destacar la deforestación que se ha producido en este territorio es consecuencia del desarrollo de la ganadería (INETER, 2012; INIDE-MAGFOR, 2013).

3.1.5. Descripción socioeconómica

De acuerdo a las características socioeconómicas del departamento, presenta un potencial diversificado orientado principalmente hacia la ganadería intensiva de carne y leche. La principal actividad económica la constituye: la producción de carne, leche y subproductos lácteos; de arroz bajo riego y de secano en las planicies costeras del gran Lago, así como la producción de café en las zonas altas del departamento. (INIDE-MAGFOR, 2013).

3.1.6. Manejo de las Fincas

De acuerdo a la metodología de Vázquez aplicada por Chavarría & Martínez (2017), la finca San Juan se clasificó según el diseño y manejo de la biodiversidad como poco complejo (pc) y la finca Buena Vista se clasificó como compleja (c). Una finca compleja por sus distribuciones y arreglos permite disponer de mayor alimento, estabilidad ante variaciones climáticas y un equilibrio en sus agroecosistema. Según Vázquez (2013), una finca compleja tiene mejor capacidad de respuesta ante eventos extremos.

Tomando en cuenta el mapa de la figura uno y los bloques descritos dentro del mismo se describen las especies vegetales presentes en cada parcela de las fincas en estudio (cuadro 1)

Cuadro 1. Cultivos presentes en las fincas San Juan y Buena Vista.

	Finca Buena Vista		Finca San Juan
I Diversificada	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	I Agrícola	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)
	Pitahaya (<i>Hylocerus undatus</i>)		
	Piña (<i>Ananas comosus</i>)		
	Musáceas (<i>Musa spp</i>)		
	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)		
	Maiz (<i>Zea mays</i>)		
	Mandarina (<i>Citrus spp</i>)		
II Pasto de Corte	King Grass (<i>Pennisetum hybridus</i>)	II Pasto de Corte	Taiwán (<i>Pennisetum sp</i>)
	Taiwan (<i>Pennisetum purpureum</i>)		Brizantha (<i>Brachiaria brizantha</i>)
	Maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>)		
III Pasto de Pastoreo	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	III Pasto de Pastoreo	Paracaribe (<i>Eriochloa polystachya</i>)
	Ratana (<i>Ischaemum indicum</i>)		
	Paracaribe (<i>Eriochloa polystachya</i>)		
	Brizantha (<i>Brachiaria brizantha</i>)		
IV Café	Café (<i>Coffea arabica</i> L)	IV Café	Café (<i>Coffea arabica</i> L)
V Bosque	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)		
	Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)		

3.2. Diseño metodológico

3.2.1. Recolección de la información

Se realizó una encuesta a cada productor en la cual se obtuvo información necesaria relacionada con la actividad productiva y manejo de sus fincas, entre ellos: el manejo de los cultivos, rotaciones en cada parcela, rendimiento de los cultivos, biomasa producida por cultivo, salida de nutrientes por biomasa, entradas de nutrientes por biomasa y entradas por fertilización química u orgánica (Anexo 4).

Se recolectaron muestras de suelo en cada una de las parcelas (entiéndase por parcela, la forma en que cada productor tenía dividida su finca y no como una parcela experimental). Se analizaron los flujos de entrada y salida de nutrientes de las parcelas a partir de la información obtenida de los análisis de laboratorio (pH, porcentaje de materia orgánica, N, P, K, textura) para la evaluación de la fertilidad del suelo, así como los efectos sobre las propiedades físicas y el balance aparente de nutrientes durante el ciclo 2015-2016.

Se consideró como biomasa exportada todo lo que salía de las parcelas cultivadas (raíz, tallos, hojas y frutos), y que son depositadas fuera 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. También se tomó en cuenta la biomasa incorporada para lo cual se debe medir la cantidad de macro nutrientes que son incorporados (por la biomasa) a una determinada parcela proveniente de otra y se evaluaron algunos indicadores físicos y químicos de calidad de suelo como: profundidad, porosidad, infiltración, materia orgánica, pH, textura.

3.2.2. Modelo general del balance aparente de macro nutrientes

Se hizo un esquema de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas del sitio específico para obtener el estado nutritivo del suelo para los cultivos.

En las dos fincas en estudio el modelo utilizado analizó los flujos de entrada y salida de nutrientes (N, P y K) de las parcelas a partir de información obtenida de los análisis de laboratorio de muestras de suelo, ya que no se contaba con estudios de pérdidas de nutrientes por erosión, ni aparatos especializados para medir pérdidas de nutrientes por lixiviación, volatilización y/o desnitrificación. Por consiguiente, el estudio se limitó a analizar, procesar y emitir los resultados a partir de los datos con los que se contó (Análisis de suelo de campo y de laboratorio).

Cuadro 2. Entradas y salidas para obtener el balance aparente de nutrientes.

APORTES O ENTRADAS DE NUTRIENTES (E)	EXPORTACIÓN O SALIDAS DE NUTRIENTES (S)
Aporte de fertilizantes minerales (kg ha ⁻¹)	Cosecha del producto (kg ha ⁻¹)
	Residuos de cosecha (kg ha ⁻¹)
Aporte de material orgánico (kg ha ⁻¹)	Pérdidas por pastores (kg ha ⁻¹)
Aportes de estiércol por pastoreo de animales	

$$\underline{\text{BALANCE}} = \underline{\text{ENTRADAS (E)}} - \underline{\text{SALIDAS (S)}}$$

3.2.2.1. Entradas o aporte de N P K

Como se muestra en el cuadro 1, las entradas consideradas están referidas a la incorporación de fertilizantes minerales u orgánicos al suelo. Las cantidades de nutrientes incorporadas al sistema fueron calculadas a partir de los contenidos de estos en las diferentes formas de presentación del producto, el valor obtenido se presentó en kg ha⁻¹ de N, P, K. mientras que los egresos de nutrientes se estimaron a partir de las concentraciones promedio en granos y forrajes cosechados y los rendimientos de los cultivos.

Es importante mencionar que en la finca Buena Vista se realizan aporte de excretas del ganado y pulpas de café en las parcelas de la finca; a diferencia de la finca San Juan que realizan aplicaciones únicamente de fertilizantes sintéticos como 15-15-15 en algunas parcelas de la finca.

3.2.2.2. Salidas o exportación de macro nutrientes

Las salidas de nutrientes que se presentan en ambas fincas son por la extracción de grano: café (*Coffea arabica L.*), maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la finca San Juan y (frijol y café) en la finca Buena vista (maíz, frijol y café); además en estas dos fincas se cultivan pastos de corte: King grass, taiwan (*Pennisetum purpureum*) y maralfalfa y de pastoreo: marandú (*Brachiaria brizantha*), para caribe (*Eriochloa polystachya*), ratana (*Ischaemun indicum*); que son suministrados como alimento al ganado.

La información se ordenó de manera que fuera de fácil manejo y que permitiera ver de forma clara los balances aparentes de nutrientes de cada parcela y por finca. Los resultados se presentan en forma de cuadros (Anexo 1 y 2) donde se reflejan las entradas, salidas y el balance aparente de nutrientes, ya sea de producto cosechado o como biomasa producida, esto debido a que el manejo de los rastrojos no es similar para los dos productores ni para algunas parcelas.

3.3. Medición de los parámetros físicos y químicos del suelo

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

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

3.3.1. Profundidad del suelo

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables.

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

3.3.2. Densidad aparente del suelo (Da)

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

Luego del procedimiento anterior, con ayuda de la pala, se escarbó alrededor del cilindro y se sacó el suelo sin perturbarlo.

Una vez afuera el cilindro se procedió a cortar con un cuchillo, de manera transversal a cada lado del cilindro. Se procedió a guardar todo el suelo contenido en el cilindro en una bolsa plástica.

La fórmula con la cual calculamos la densidad aparente es la siguiente:

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

Donde:

Da = densidad aparente del suelo

M_{ss} = masa o peso del suelo seco

V = volumen del cilindro

3.3.3. Medición de la infiltración de agua en el suelo

La velocidad de infiltración del agua en el suelo se midió utilizando un cilindro de PVC, el cual se colocó sobre el suelo, presionando hacia abajo y girando hasta que haya profundizado unos 10 cm, con un ayuda de un nivel nivelamos el cilindro, luego se introdujo un plástico dentro del cilindro cubriendo la superficie del suelo, se agregó agua dentro del cilindro hasta

casi llenarlo, se anotó el valor del nivel de agua alcanzada en el cilindro, con cuidado se quitó el plástico y se anotó la cantidad de agua infiltrada luego de realizar tres lecturas con intervalos de 1 minuto, aumentando a 5, 10, 15,30 y 45 minutos, hasta que toda el agua se había infiltrado. Este procedimiento se realizó tres veces en cada parcela de las dos fincas.

3.3.4. Medición de la materia orgánica del suelo

Para la medición de la materia orgánica se utilizó un barreno, se hicieron cinco barrenadas de 10 cm en puntos al azar por parcela, luego se colocó el suelo en un recipiente para homogenizar la muestra; posteriormente se tomaron de 1 a 3 gramos de la muestra para depositarlos en un vaso de vidrio.

Luego del procedimiento anterior se adicionó agua oxigenada hasta saturar la muestra y observar la efervescencia para realizar la clasificación.

Se observo el efecto del agua oxigenada y se clasifico de acuerdo al cuadro 3

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

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

3.3.5. Medición de la porosidad total del suelo

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

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

Cuadro 4. Categorías de valoración de los parámetros evaluados (García, 2 015).

Categoría	Parámetros del suelo					
	Profundidad (cm)	Porosidad total (%)	Materia orgánica	Infiltración (cm / h)	pH	Textura
1	< 25	>70	nula	< 1.9	< 5.2	Arcillosa
2	25-50	< 39	baja	>25	> 7.5	Arenosa
3	50 – 100	51-55	media	13-25	5.3 – 5.9	Franco arenoso
4	100-50	55-69	alta	2-6	6.6 – 7.4	Franco arcillo
5	>150	40-50	Muy alta	6.1-12	6 – 6.5	Franco

3.3.6. Muestro de suelo

El muestreo lo realizamos en cinco distintas parcelas las cuales contaban con área diversificada (maíz, frijol, yuca, piña.), pasto de corte, pasto de pastoreo, café y bosque de la finca Buena Vista y en la finca San Juan cultivos como maíz, frijol, pasto corte, pasto de pastoreo y café.

Se realizaron cinco tomas de sub-muestras por parcela en zig zag, en cada punto se barrenó 10 veces a una profundidad variable de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm respectivamente. Cada muestra se depositó en un balde plástico donde se realizó la homogenización de las 50 muestras tomadas por parcela para posteriormente tomar una muestra de 400 a 800 g de suelo para realizar su posterior análisis en laboratorio (Anexo 5).

3.4. Análisis de los datos

La representación de entradas, salidas y balance de nutrientes se presentan en tablas de frecuencias; el comportamiento de nutrientes por elemento (N, P, K) de las fincas se grafican en barras y los indicadores físicos y químicos evaluados se muestran en gráficos tipo radial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fincas bajo estudios presentaron similitudes en cuanto a características edafoclimáticas; entre los principales cultivos presentes está el café, pasto de corte, pasto de pastoreo, naranja, mandarina, frijol entre otros. En los balances, se detallan cuadros con información consolidada, por parcela, por año y por cosecha (Anexo 1 y 2).

La finca Buena Vista obtuvo mejores resultados en el balance de nutrientes N, P, K ya que el manejo del productor ha influenciado directamente en su aumento, en cambio la finca San Juan obtuvo resultados negativos debido al manejo que le da.

Los parámetros físicos y químicos evaluados para ambas fincas fueron muy similares tal es el caso de la textura, porosidad, infiltración, pH.

4.1. Balance por elemento finca San Juan

4.1.1. Balance aparente de nitrógeno (N)

Barbagelata & Melchiori, (2007). Afirmaron que, tanto para nitrógeno como para otros macro nutrientes, que son parte constitutiva de los suelos y no pueden ser generados por procesos biológicos a gran escala, se registran tasas de exportación mayores que los niveles de reposición.

La figura 2 muestra que en la parcela área agrícola, las aplicaciones de nitrógeno a partir de urea ($83 \text{ kg de N ha}^{-1}$) suplieron la demanda del cultivo de frijol ($9.5 \text{ kg de N ha}^{-1}$), resultando positivo el balance ($73.5 \text{ kg de N ha}^{-1}$) al igual que la parcela de café, por los ingresos de 15-15 (9.1 kg ha^{-1}) y extracción de nitrógeno ($1.4 \text{ kg de N ha}^{-1}$) presentó balance positivo ($7.7 \text{ kg de N ha}^{-1}$) para ambos años.

La tasa de extracción de nutrientes es variable de acuerdo al cultivo establecido y al rendimiento alcanzado por éste. No debe confundirse la exportación de nutrientes que se realiza con los granos, con las necesidades nutricionales del cultivo. Estas últimas son mayores porque involucran la producción total de la biomasa producida por el cultivo (raíz, tallos, hojas,

grano, etc.), en tanto que la exportación sólo considera a los nutrientes que se van del campo a través de los granos producidos (Ventimiglia *et al.*, 2000).

Las salidas de nitrógeno fueron altas en ambos años, como lo muestra la figura 2 en las parcelas de pasto (corte y pastoreo) aumentaron las extracciones de nutrientes ($169.1 \text{ kg de N ha}^{-1}$) por el rápido crecimiento y alta producción de forraje que presentan estos cultivos y no se realizan aplicaciones de ningún tipo de fertilizante de NPK en esta área.

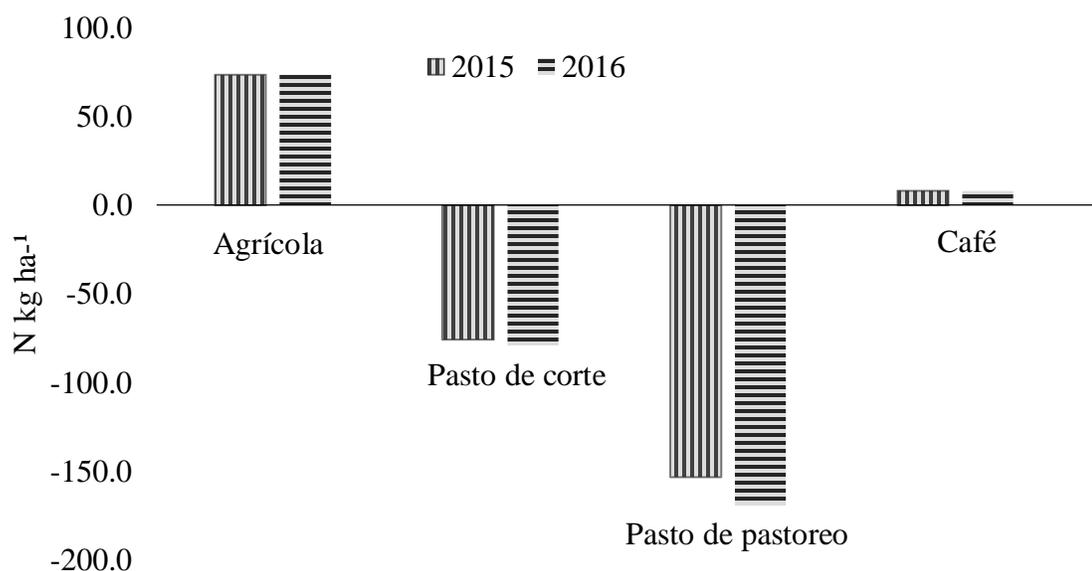


Figura 2. Comportamiento del balance aparente de nitrógeno por parcela año finca San Juan, Las lagunas, Boaco.

4.1.2. Balance aparente del fósforo (P)

La figura 3 muestra que el comportamiento del fósforo resultó positivo para la parcela de café producto de las bajas extracciones ($0.2 \text{ kg de P ha}^{-1}$) y las entradas, que aunque también fueron bajas ($4 \text{ kg de P ha}^{-1}$) producto de la baja aplicación de 15-15-15 (90 kg de completo por hectárea) para ambos años.

Las salidas de las parcelas agrícola, pasto de corte y pasto de pastoreo resultaron mayores ($6.0 \text{ kg de P ha}^{-1}$, $1.6 \text{ kg de P ha}^{-1}$ y $0.1 \text{ kg de P ha}^{-1}$) que sus restituciones ya que el productor

no realiza restituciones para este elemento. En la parcela agrícola de cultivo de frijol se presentó el balance negativo más alto en fósforo para el año 2016 con extracciones de 6.0 kg de P ha⁻¹ producto de un incremento en el rendimiento de granos para este cultivo.

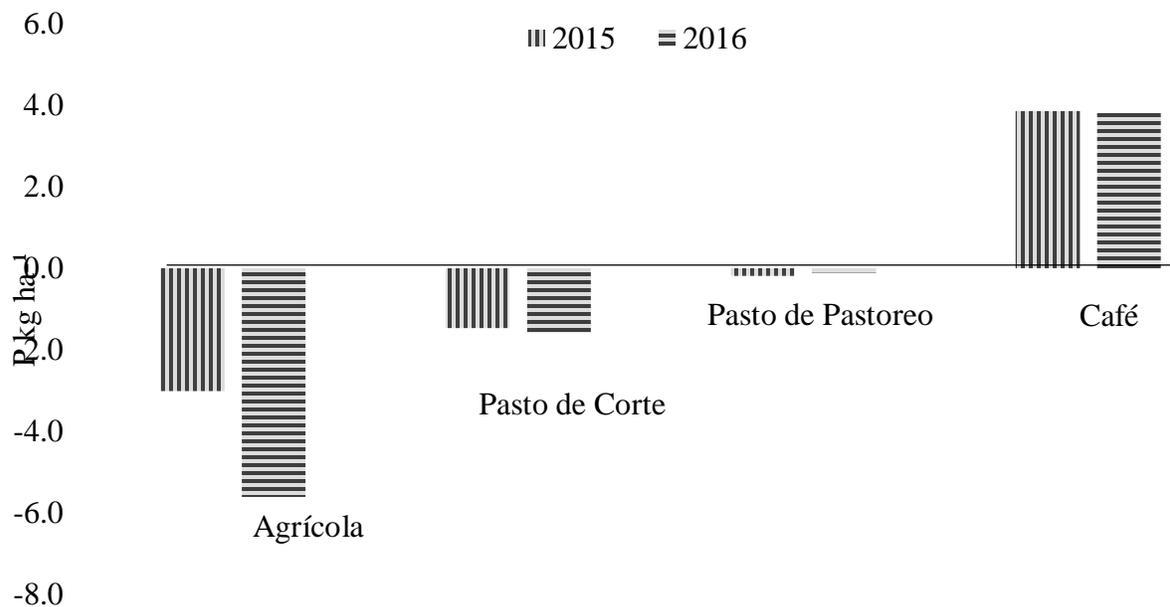


Figura 3. Comportamiento del balance aparente de fósforo (P) por parcela año 2015-2016 finca San Juan, Las lagunas, Boaco.

4.1.3. Balance aparente de potasio (K)

Estudios realizados por Aragón & Arauz (2000) mostraron que en las parcelas donde se establecen cultivos anuales, existen los mayores déficits de potasio, y que cuando se trata de frijol, las salidas de K son mayores (alrededor de 190 kg ha⁻¹) y no se compensan con las bajas aplicaciones o nulas aplicaciones de este elemento.

En el año 2016 igual que en el estudio antes mencionado, en la parcela agrícola el potasio presentó el mayor déficit en comparación con 2015 que también resultó negativo para la parcela, porque las extracciones del grano de frijol resultaron mayores hasta de 322 kg ha⁻¹ para 2016. Presentando estas parcelas extracciones de potasio de 14.5 kg de K ha⁻¹ para 2016 y para 2015 (7.3 kg de K ha⁻¹) y entradas realizadas no restituyeron las extracciones dando negativo este elemento.

La parcela de café fue la única que presentó balance positivo como muestra la figura 4 para ambos años de este elemento por las compensaciones que se realizan como se mencionan anteriormente.

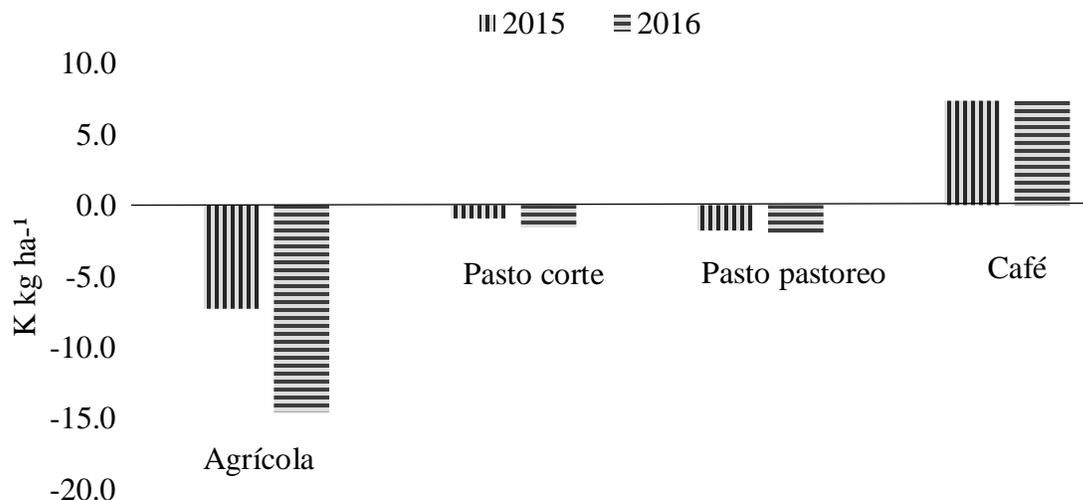


Figura 4. Comportamiento del balance aparente de potasio (K) por parcela año 2015-2016 finca San Juan, Las lagunas, Boaco.

4.2. Balance por elemento en la Finca Buena Vista

4.2.1. Balance aparente de nitrógeno (N)

De acuerdo a la figura 5 la finca en general presenta balances positivos de nitrógeno en todas sus parcelas. A nivel de fincas ambos años presentaron valores positivos para el comportamiento de nitrógeno, las aplicaciones que se realizaron en el área dan lugar a la disponibilidad de nutrientes para los cultivos establecidos como café, cítricos y pastos.

En el año 2016 en la parcela de pasto de corte se observan los valores positivos más altos alcanzados en la finca en los dos años donde se ha establecido pasto mostrando que las entradas (423.8 kg de N ha⁻¹) que recibe en esta área resultaron mayores que sus salidas con valores de (4.8 kg de N ha⁻¹) Estas aplicaciones se realizaban dos veces por años incorporando estiércol bovino y pulpa de café (Anexo 2).

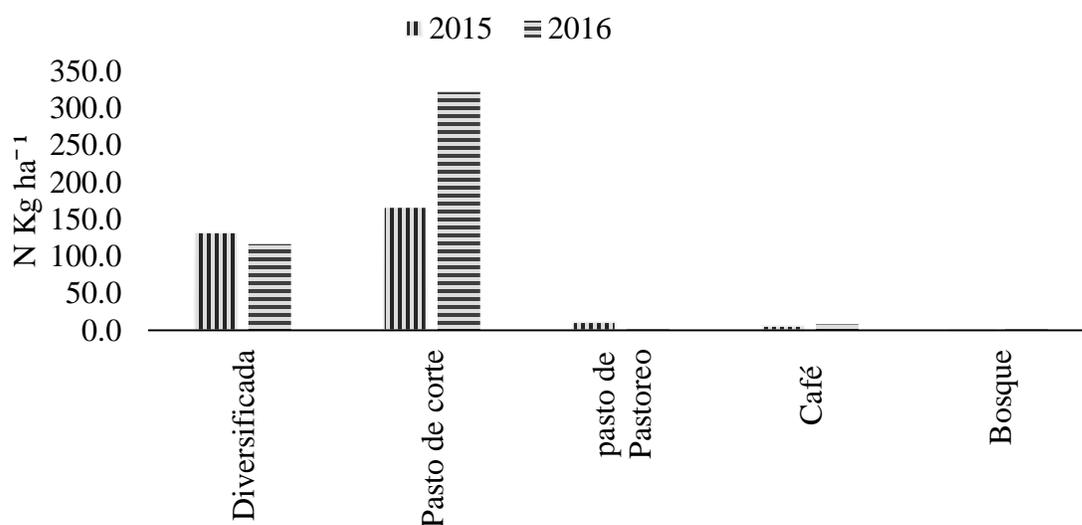


Figura 5. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno/ parcela/ años (2015-2016) finca agroecológica Buena Vista, Las Lagunas-Boaco.

4.2.2. Balance aparente de fósforo (P)

A diferencia del nitrógeno, el fósforo se encuentra de modo natural en el suelo en cantidades consideradas, forma parte de la roca madre como minerales fosfatados insolubles, siendo estas formas las reservas más importantes de dicho elemento, pero no está disponibles para las plantas.

En la figura 6 se observa que el fósforo demuestra un balance positivo a nivel de finca, siendo bajo para las áreas de pasto de pastoreo, café y bosque (1.0 kg de P ha⁻¹, 20.2 kg de P ha⁻¹ y 1.5 kg de P ha⁻¹) respectivamente y altos en las áreas diversificada y pasto de corte para ambos años (146.9 kg de P ha⁻¹, 235.2 kg de P ha⁻¹), ya que estas reciben mayor fertilización. Existe un nivel adecuado que contribuye a una tendencia creciente con el transcurso de los años para las parcelas que presentan menor balance, el productor ha ajustado las fertilizaciones para todas las parcelas.

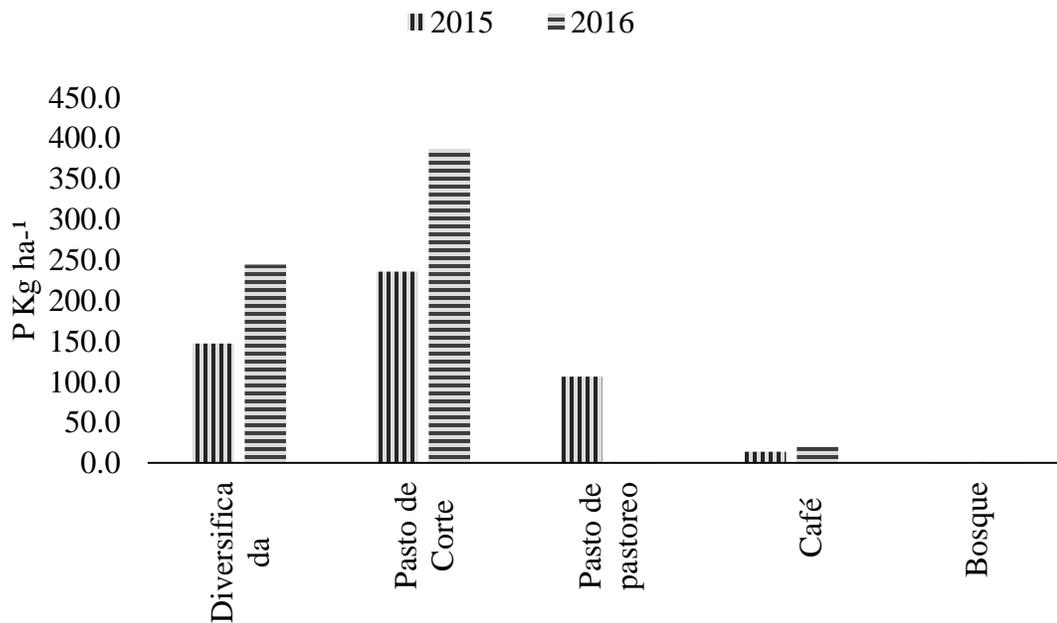


Figura 6. Comportamiento del balance aparente de fósforo/ parcela/ años (2015-2016) finca agroecológica Buena Vista, Las Lagunas-Boaco.

4.2.3. Balance aparente de potasio (K)

Según Ribo (2004), el potasio en el suelo cumple funciones variadas entre ellas mejorar la calidad física de los suelos. Como se observa en la figura 7 el potasio presentó balances positivos para 2015-2016 a nivel de finca, siendo 4 las áreas de pasto de corte y área diversificada las que presentan los mayores valores (450.7 kg de K ha⁻¹ y 316.1 kg de K ha⁻¹) mostrando que existe buena disponibilidad de este nutriente para todas las parcelas por lo que no es un limitante en los rendimientos de los cultivos.

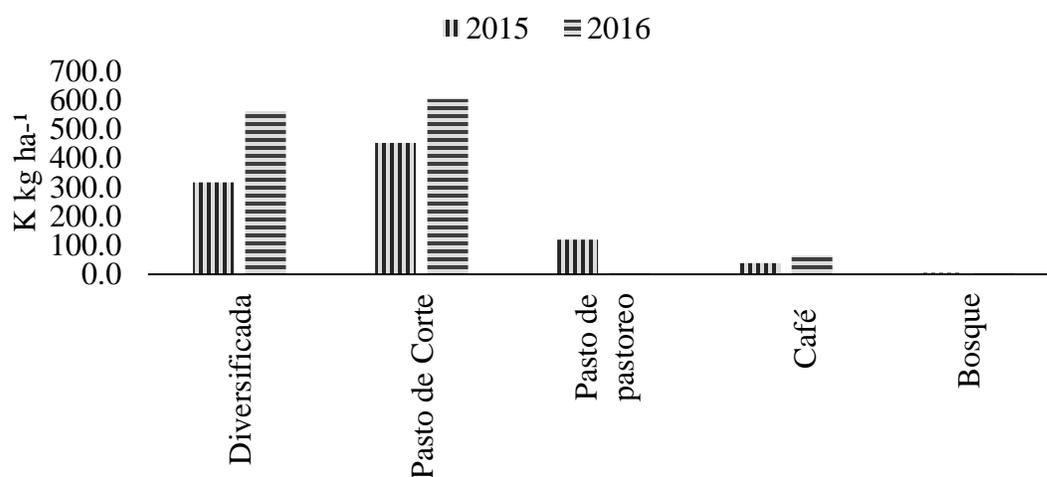


Figura 7. Comportamiento del balance aparente de potasio / parcela/ años (2015-2016) finca agroecológica Buna Vista, Las Lagunas-Boaco.

4.3. Comparación de los balances en las dos fincas en estudio

Estimaciones recientes sobre el consumo de nutrientes y fertilizantes por los cultivos (García 2002) han confirmado que los balances (extracción por cosecha de granos o forrajes vs. reposición por fertilización) continúan siendo negativos, tal como fuera publicado 14 años atrás (Darwich 1989). Frente a esta situación resulta imprescindible producir cambios fundamentalmente en la programación y manejo de la fertilización insertándola eficientemente en la rotación y adecuando las dosis a los niveles de extracción, producidos por las cosechas.

Los balances positivos permitirán recuperar situaciones de baja disponibilidad de nutrientes (Ciampitti & García 2009).

Al comparar los balances a nivel de finca en la figura 8, podemos saber cuál finca está presentando un mejor manejo y cuál de las dos está más expuesto a un deterioro de la fertilidad de suelos.

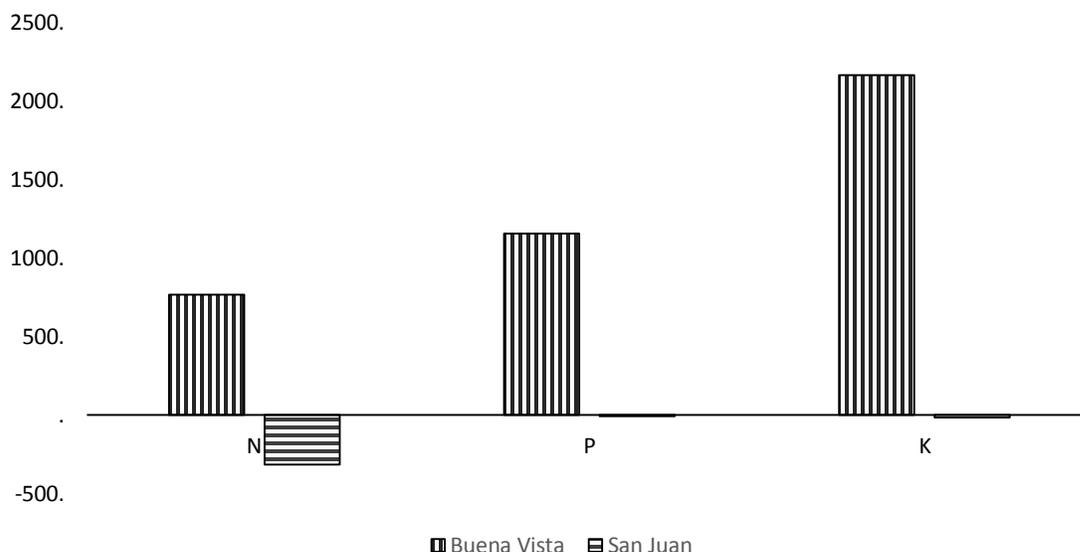


Figura 8. Comparación de las fincas Buena Vista y San Juan, Las Lagunas-Boaco.

En la finca San Juan las entradas de nitrógeno fueron de 190.4 kg de N ha⁻¹, fósforo de 8 kg de P ha⁻¹ y potasio de 14.9 kg de K ha⁻¹. Las salidas de nitrógeno por parcela fueron de 512.04 kg de N ha⁻¹, fósforo 12.7 kg de P ha⁻¹ y potasio 28.6 kg de K ha⁻¹. El balance de dicha finca se observa claramente negativo manifestando un déficit en nitrógeno de -315.8 kg de N ha⁻¹, fosforo de -4.7 kg de P ha⁻¹ y potasio -13.2 kg de K ha⁻¹ debido a que las exportaciones de los nutrientes son mayores que las restituciones que realiza el productor, lo que pone en evidencia que existe una tendencia actual hacia el agotamiento de las reservas del suelo, lo que inevitablemente conducirá a la baja fertilidad del suelo y de sus parcelas de producción (Anexo 3).

Las entradas de la finca Buena Vista resaltó con valores positivos de nitrógeno con 1526.7 kg de N ha⁻¹, fosforo 1415.8 kg de P ha⁻¹ y potasio 2864.7 kg de K ha⁻¹ presentando mayores entradas de nitrógeno. Las salidas de nitrógeno fueron de 630.2 kg de N ha⁻¹, fósforo 208.5 kg de P ha⁻¹ y potasio 466.1 kg de K ha⁻¹. El balance dio positivo para todas las parcelas con un nitrógeno de 768.3 kgNha⁻¹, fosforo de 1138.5 kgPha⁻¹ y potasio de 2162.9 kgKha⁻¹ debido a que el productor realiza aplicaciones a adecuadas a sus cultivos observando que el balance de esta finca es mejor en comparación con la San Juan (Anexo 3).

4.4. Indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo

De acuerdo con Hunnemayer *et al.*, (1997), los indicadores de calidad edáfica permitirían analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto a su sostenibilidad como medio productivo o recurso natural importante para la calidad de vida o el mantenimiento de la biodiversidad; analizar los posibles impactos antes de una intervención; evaluar el impacto de las intervenciones; y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

La evaluación de la calidad de suelo es indispensable para determinar si el sistema de manejo empleado es sustentable, tanto en el corto como el mediano y largo plazo (Doran & Parking, 1994). Estos indicadores son utilizados como una herramienta para identificar áreas con problemas, buscando estimadores realistas de producción y monitoreando cambios en la calidad ambiental, relacionados al manejo agrícola.

Los estados actuales de algunos indicadores de suelo de las fincas en estudio representados en graficas tipo ameba, los que fueron categorizados en una escala que va de uno a cinco de acuerdo a algunos parámetros físicos y químicos del suelo.

4.4.1. Indicadores físicos y químicos de la finca San Juan

El pH define la actividad química y biológica de un suelo, los mejores rangos de pH para la agricultura están entre los 5.5 y 6.5 (Watler & Thompson, 2002), las parcelas correspondientes al pasto de corte y café cuyos rangos de pH son de 5.4 a 5.5 son considerados fuertemente ácidos, para el área agrícola el pH es de 6.21 considerado como ligeramente ácido y la parcela de pasto de pastoreo con pH de 5.22 muy fuertemente ácido Quintana *et al*; (1983). La materia orgánica se observó que está en rangos óptimos para la parcela de área de pastoreo y área agrícola, pasto de corte y café presentaron un contenido de materia orgánica alta con mucha efervescencia con una escala de 5.

La profundidad se observó con un rango de 2 para el área agrícola y pasto de corte con valores de 25-50 cm categorizados como suelos superficiales para ambos y para las parcelas de pasto de pastoreo y café con un rango de 1 categorizados como suelos moderadamente superficiales cuyas medidas fueron ≤ 50 cm lo que contribuirá una reducción del crecimiento de las raíces, con efectos negativos sobre el abastecimiento de agua y nutrientes por parte de los cultivos (Kirkegard *et al.*,1994). Se muestra además una textura a nivel de finca franco arcilloso logrando en la escala 1 según García; (2015), la porosidad mayor de 70% y la capacidad de infiltración mostró iguales resultados para todas las parcelas obteniendo valores entre 6.1-12 cm h^{-1} categorizándose en escala 5 lo que indica que el espacio poroso para suelos arcillosos es mayor representando una capacidad de infiltración como moderadamente bien drenado. (Figura 8)

De las propiedades anteriormente mencionadas es importante destacar que la textura y la profundidad son propiedades que cambian poco en el tiempo como consecuencia del uso o manejo del suelo, a pesar de la importancia e influencia que ejercen sobre otras propiedades edáficas, especialmente la textura.

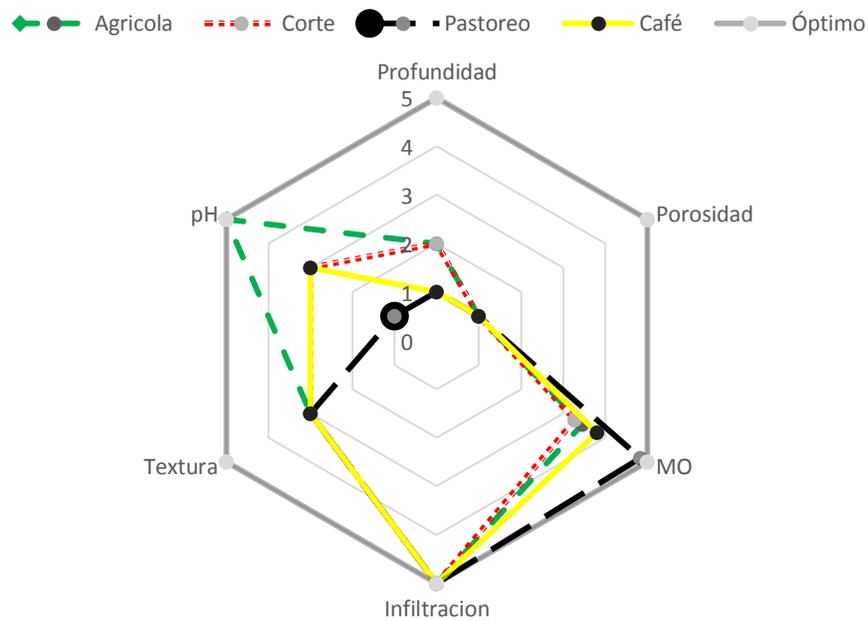


Figura 9. Estado actual de los indicadores evaluados por parcela en el la Finca San Juan durante el período 2 015 – 2 016.

4.4.2. Indicadores físicos y químicos de la finca Buena Vista

En la figura 10 se muestra el comportamiento de los indicadores evaluados en la finca Buena Vista, presentando pH calificados como fuertemente ácidos para las parcelas de pasto de pastoreo y café con 5.6 y 5.09 respectivamente, medianamente ácido para pasto de corte con 6.06 y muy fuertemente ácidos para área de bosque y el área diversificada con 4.94 y 4.97 respectivamente, según Quintana *et al*; (1983) contenido de materia orgánica alta con categoría 5 para la parcela de bosque, área diversificada, pasto de pastoreo y café, y materia orgánica media para la parcela de pasto de corte con escala de 4 clasificados por García (2015).

También para profundidad se observó que para la parcela diversificada tiene una profundidad de 50 a 100 cm con categoría 3 considerado como medianamente profundo, para el resto de parcelas la profundidad es de 25 a 50 cm en una escala 2 considerados superficiales. Siendo la profundidad muy esencial para el desarrollo de las raíces de los cultivos, como señala Sellés & Ferreira (2007).

De acuerdo a la metodología de (García, 2015) la textura a nivel de finca resulto franco arcilloso y las porosidades totales para las parcelas se encuentran entre rangos de 55 – 70 % clasificándose entre mediano y alto con escala 1 los que son importantes para la aireación y almacenamiento de agua disponible, crecimiento de raíces, emergencia de plántulas, infiltración o movimiento de agua dentro del perfil del suelo (Cairo, 1995). La infiltración para el área diversificada se encuentra en una escala 4 con rangos entre 2-6 cm h⁻¹ con un drenaje imperfecto y para el resto de parcelas con infiltración moderadamente bien drenado de 6.1-12 cm h⁻¹ en categoría 5.

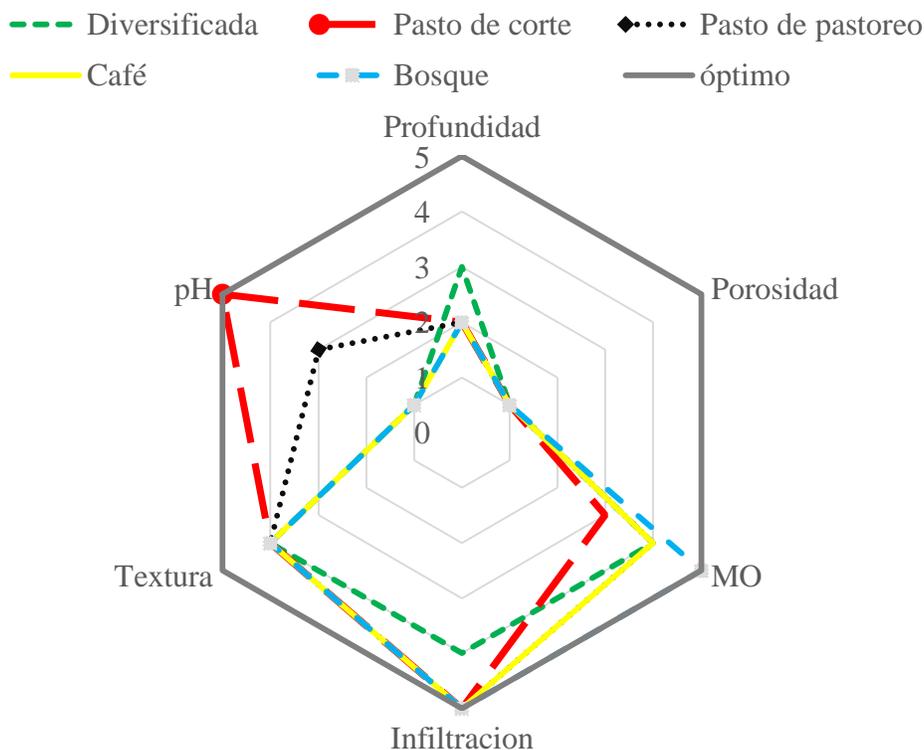


Figura 10. Estado actual de los indicadores evaluados por parcela en el la Finca Buena Vista durante el período 2 015 – 2 016.

4.4.3. Indicadores físicos y químicos de las fincas Buena Vista y San Juan

En la figura 11 se presentan los valores promedios de las propiedades físicas y químicas evaluadas en cada una de las parcelas de las fincas en estudio.

Para la finca Buena Vista los niveles de pH oscilan entre 6.2 a 6.6 considerado ligeramente ácido y la San Juan entre 5.6-6.2 considerados medianamente ácidos. La materia orgánica resulto similar para ambas fincas debido a esto, las comparaciones de calidad de suelo entre diferentes sitios usando la materia orgánica del suelo (MOS) como indicador se restringe a sitios con similares condiciones de clima y suelo (Quiroga & Funaro, 2004).

La densidad aparente es una función de masa y volumen la cual tiende a disminuir cuando la materia orgánica es alta, lo que se ve reflejado en un aumento consecuente de la porosidad total. La porosidad y retención de agua son dos parámetros que se encuentran estrechamente

vinculados ya que la capacidad de retención de agua en el suelo es dependiente del número de poros, de la distribución de tamaño de poros y de la superficie específica de cada suelo (Krull *et al.*, 2004).

Pikul & Almiaras (1986) estudiaron la distribución del espacio poroso con diferentes manejos de suelo y encontraron que al agregar materia orgánica aumentaban los poros de mayor diámetro, que retienen el agua con menor energía. La porosidad total del suelo depende de la densidad real y la densidad aparente del suelo.

La misma figura 11 también muestra que las infiltraciones obtenidas son el resultado de la textura y alta presencia de materia orgánica en las parcelas siendo estas de moderadamente rápidas a muy rápidas (12.5 cm.h⁻¹ para la finca Buena Vista y 4.6 cm.h⁻¹ para la finca San Juan) confiriéndole al suelo de la finca Buena Vista una buena retención de humedad y poco riesgo de encharcamiento, en tanto que para la finca San Juan los suelos tienen buena retención de agua pero con riesgo a encharcamiento.

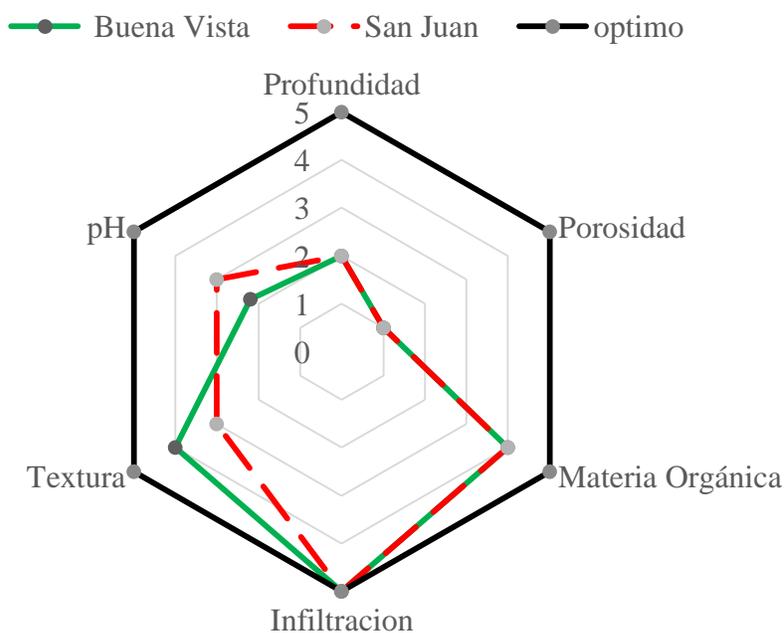


Figura 11. Comparación del comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en ambas fincas Buena Vista y San Juan.

V. CONCLUSIONES

Para el periodo evaluado, en la finca Buena Vista se determinó un balance positivo para para el nitrógeno, fosforo y potasio, favorecido por la incorporación de compostas a los cultivos en todas las parcelas y a las bajas exportaciones debido bajo rendimiento en los cultivos de consumo y poca extracción de fruta en los frutales.

La finca San Juan presento balances negativos para N P y K debido a que las entradas de nutrientes vía fertilizante están limitadas al cultivo de frijol y a la presencia de pastos altamente extractores de nutrientes.

VI. RECOMENDACIONES

El productor de la finca San Juan debe restituir los nutrientes extraídos de sus parcelas ya sea con la incorporación de los nutrientes vía fertilizantes o rastrojos, de lo contrario el suelo perderá su fertilidad natural a mediano o largo plazo.

El productor de la finca Buena Vista debería continuar aprovechando los mismos recursos de su finca para abonar y producir a como ha hecho hasta ahora, sin embargo, debe de aplicar dosis de N, P, K de acuerdo a las necesidades del cultivo para mejorar sus suelos y el rendimiento de sus cultivos.

VII. LITERATURA CITADA

- Aragón Ocón, I. A., & Aráuz Úbeda, J. Á. (2000). *Balance aparente de nutrientes (N, P, K) en dos unidades de producción ubicadas en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, durante el período 1997-1999* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Barbagelata, P. A., & Melchiori, R. J. M. (2007). Balance de nutrientes en campos agrícolas de la provincia de Entre Ríos. *Agricultura Sustentable en Entre Ríos. ISBN978987521253-4 Ediciones INTA*.
- Cairo, P. (1995). Curso de postgrado: La Fertilidad Física del suelo y la Agricultura Orgánica en el trópico. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional.
- Chavarria, B. R., & Martínez, J. A. (2017). diversidad de la macrofauna de suelo en relación al diseño y manejo de dos agroecosistemas ganaderos en Boaco, Nicaragua. (tesis pregrado) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Ciampitti, I; & García, F. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*. 4 (18): 22-28.
- Darwich, N. A. N. A. (1989). Manual de fertilidad de suelos.
- De Camino, R., & Müller, S. (1995). *Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores*. IICA, San José, Costa Rica.
- Doran, J. W., & Parkin T. B., (1994). Defining and assessing soil quality. In: *Defining and Assessing soil quality for sustainable environment*. USA: Soil Science Society of America.
- García, F. O. (2002). Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina.
- 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.
- Gliessman S.R, F.J Rosado, C. Guadarrama- Zugati, J. Jedlicka, A. Cohen, L. Trujillo, C. Bacon. (2007). *Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*
Recuperado de:

- <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12482/CaldasMejiaRobertoFelipe2013.pdf?sequence=1>
- Gonzálvez, V., & Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. *Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Madrid*
- Hünemeyer, A. J., De Camino, R., & Müller, S. (1997). Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. Ed. M Araya. San José, CR, GTZ. *Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible*, (4), 19-27.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2012. Características del clima en Nicaragua. Dirección general de meteorología. (En línea) Consultado 20 abr 2015. Disponible en: <http://servmet.ineter.gob.ni/Meteorologia/PDF/caracteristicasdelclimaenNic.pdf>
- INIDE-MAGFOR, (2013). IV CENAGRO 2011. Departamento de Boaco, Nicaragua
- Kirkegaard, J.A; JF Angus; P.A Gardner & W Muller, W. 1994. Reduced growth and yield of wheat with conservation cropping. I. Field studies in the first year of the cropping phase. *Austr. J. Agric. Res.* 45: 511-528.
- Krull, E.S., Skjemstad, J.O., Baldock, J.A., 2004. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. Grains Research & Development Corporation report Project No CSO 00029. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext
- Mendoza Corrales, R. B. (2014). Guia para el uso de indicadores de calidad de suelo. dolores. 201404301033. 1398875628. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua); CIAT, Managua (Nicaragua)
- Pikul J.L. Jr & 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. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext
- Quintana, J. O; Blandón, J; Flores, A & Mayorga, E. (1 983). Manual de fertilidad en los suelos de Nicaragua. Managua Nicaragua.
- Quiroga A, y D. Funaru. (2004). Materia organica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiaridas y subhúmedas pampeana. XIX Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Actas p: 476.

- Ribó Herrero, M. (2004). Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico. Valencia, España (Tesis de doctorado). Universidad de Valencia. Recuperado de: <http://roderic.uv.es/handle/10550/15012?show=full>
- Sellés, G., & Ferreyra, R. (2007). Criterios para controlar el riego en uva de mesa. In: Muñoz, I., M. González, y Sellés G. (eds). Manejo de Suelo y Riego en Vides para
- Vázquez L, L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Habana, CU.
- Ventimiglia, L. A.; Carta, H. G.; RILLO, S. N. (2000). Exportación de nutrientes en campos agrícolas. In: Infofos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 7: 11-12.
- Watler R, WJ.; & Thompson C, DD. (2002). Caracterización y clasificación de los suelos de la microcuenca Cuscamas, con una propuesta agroecológica del uso mayor de la tierra, El Tuma, La Dalia, Matagalpa. (en línea). Consultado 24 feb. 2017. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/TESIS/TNP32W334.PDF>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Balance aparente de nutrientes (N,P, K) 2015-2016, finca San Juan, Las lagunas, Boaco.

Año	Parcela	Época	Cultivo	Rendimiento de la finca (Kg ha ⁻¹)	Entradas (Kg ha ⁻¹)			Salidas (Kg ha ⁻¹)			Balance aparente (E - S)		
					N	P	K	N	P	K	N	P	K
2015	Agrícola	Postrera	Frijol	322.7	83.0	0.0	0.0	9.5	3.0	7.3	73.5	-3.0	-7.3
	Subtotal			322.7	83.0	0.0	0.0	9.5	3.0	7.3	73.5	-3.0	-7.3
	Pasto corte	Permanente	Taiwán	4882	0.0	0.0	0.0	75.8	1.5	1.4	-75.8	-1.5	-0.9
	Subtotal			4882	0.0	0.0	0.0	75.8	1.5	1.4	-75.8	-1.5	-0.9
	Pasto pastoreo	Permanente	Brizantha	4800	0.0	0.0	0.0	79.9	0.1	0.9	-79.9	-0.1	-0.9
		Permanente	Para caribe	4600	0.0	0.0	0.0	73.6	0.1	0.9	-73.6	-0.1	-0.9
	Subtotal			9400	0.0	0.0	0.0	153.5	0.2	1.8	-153.5	-0.2	-1.8
	café	Permanente	Café	774.5	9.1	4.0	7.5	1.1	0.2	0.1	8.0	3.8	7.4
	Subtotal			774.5	9.1	4.0	7.5	1.1	0.2	0.1	8.0	3.8	7.4
	TOTAL			15379.2	92.1	4.0	7.5	239.8	4.8	10.5	-147.7	-0.8	-2.6
2016	Agrícola	Postrera	Frijol	645.5	89.3	0.0	0.0	15.6	6.0	14.5	73.7	-6.0	-14.5
	Subtotal			645.5	89.3	0.0	0.0	15.6	6.0	14.5	73.7	-6.0	-14.5
	Pasto corte	Permanente	Taiwán	5291	0.0	0.0	0.0	80.4	1.6	1.5	-80.4	-1.6	-1.5
	Subtotal			5291	0.0	0.0	0.0	80.4	1.6	1.5	-80.4	-1.6	-1.5
	Pasto pastoreo	Permanente	Brizantha	5235	0.0	0.0	0.0	87.1	0.0	1.0	-87.1	0.0	-1.0
			Para caribe	5000	0.0	0.0	0.0	82.0	0.1	1.0	-82.0	-0.1	-1.0
	Subtotal			10235	0.0	0.0	0.0	169.1	0.1	1.9	-169.1	-0.1	-1.9
	Café	Permanente	Café	968.1	9.1	4.0	7.5	1.4	0.2	0.1	7.7	3.8	7.4
	Subtotal			968.1	9.1	4.0	7.5	7.5	0.2	0.1	7.7	3.8	7.4
	TOTAL			17139.6	98.4	4.0	7.5	272.7	7.9	18.1	-168.1	-3.9	-10.6

Anexo 2. Balance aparente de nutrientes (N, P, K) 2015-2016, finca Buena Vista, Las lagunas, Boaco.

Año	Parcela	Época	Cultivo	Rendimiento de la finca (Kg ha ⁻¹)	Entradas (Kg ha ⁻¹)			Salidas (Kg/ha ⁻¹)			Balance aparente (E - S)			
					N	P	K	N	P	K	N	P	K	
2015	Diversificada	Permanente	Yuca	4557	37.9	38.5	123.4	17.3	16.8	43.6	20.6	21.7	79.8	
		Permanente	Pitahaya	605	28.9	26.7	45.1	7.9	10.5	6.0	21.0	16.2	39.1	
		Permanente	Piña	3300.4	64.7	59.8	99.8	19.1	18.0	24.3	45.6	41.8	75.5	
		Permanente	Musáceas	340.5	6.1	5.6	9.4	4.3	1.4	7.5	1.8	4.2	1.9	
		Postretera	Frijol	900.5	33.8	31.2	52.1	22.7	7.3	11.0	11.1	23.9	41.0	
		Postrea	Maiz	1290.4	47.6	43.9	73.3	15.6	5.5	3.3	32.0	38.5	70.0	
		Permanente	mandarina	19	0.1	1.1	8.8	0.0	0.4	0.0	0.1	0.7	8.8	
	Subtotal				11012.8	219.0	206.8	411.9	86.9	59.9	95.9	132.2	146.9	316.1
	Pasto corte	Permanente	king grass	6360	132.2	122.1	203.7	99.2	0.0	0.2	33.0	122.0	203.5	
		Permanente	Taiwan	2880	132.1	122.0	225.4	15.5	44.7	8.4	116.6	77.3	217.1	
		Permanente	maralfalfa	1193	45.7	42.2	70.4	28.6	6.4	40.3	17.0	35.8	30.1	
	Subtotal				10433	310.0	286.3	499.5	143.3	51.1	48.9	166.7	235.2	450.7
	pasto pastoreo	Permanente	naranja	35.2	0.7	0.7	1.1	0.1	0.0	0.0	0.7	0.7	1.1	
		Permanente	Ratana	3060	0.0	0.0	0.0	28.9	5.8	65.6	-28.9	-5.8	-65.6	
		Permanente	Para caribe	3800	25.6	23.6	39.4	12.6	0.1	0.7	12.9	23.5	38.7	
		Permanente	Brizantha	6055	95.1	87.8	146.0	69.1	0.1	0.8	26.0	87.7	145.2	
	Subtotal				12950.2	121.4	112.1	186.6	67.1	6.0	67.1	10.8	106.1	119.5
Café	Permanente	Naranja	30.1	1.5	1.4	2.3	0.1	0.0	0.0	1.4	1.4	2.3		
	Permanente	café Productivo	1226.3	7.5	12.6	37.5	3.2	0.3	1.4	4.3	12.3	36.1		
Subtotal				1256.4	9.0	14.0	39.8	0.1	0.3	1.4	5.7	13.7	38.4	
Bosque	Permanente	Mandarina	20.8	0.1	0.7	4.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	4.8		
Subtotal				20.8	0.1	0.7	4.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	4.8	
Total				22723	659.5	507.8	1142.7	297.4	117.3	213.3	315.4	502.6	929.4	

Anexo 2. Continuación...

	Permanente	yuca	5555	41.1	47.7	150.3	21.1	2.9	53.3	20.0	44.7	97.0
	Permanente	Pitahaya	607.5	28.9	85.5	48.1	11.8	15.7	4.1	17.2	69.7	44.0
	Permanente	piña	3300	65.9	69.2	172.3	28.1	26.4	35.6	37.8	42.8	136.6
Diversificada	Permanente	Musáceas	340.8	6.4	8.4	32.2	4.1	1.4	7.1	2.3	7.1	25.0
	Primera	frijol	903.6	35.7	46.9	178.7	26.0	8.5	20.3	9.7	38.4	158.4
	Primera	maiz	1290.9	48.0	47.3	100.1	19.5	6.8	4.1	28.5	40.4	96.0
	Permanente	Mandarina	20	0.8	1.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.8	1.1	4.1
	Subtotal		12017.8	226.9	306.0	685.9	110.5	61.7	124.7	116.3	244.3	561.2
	Permanente	king grass	7157	176.2	162.7	271.6	15.5	0.0	0.2	160.7	162.7	271.4
Pasto corte	Permanente	Taiwan	3528	176.2	162.7	271.4	54.8	0.3	4.5	121.5	162.4	266.9
	Permanente	Maralfalfa	1300	71.4	65.9	110.0	32.3	4.4	45.4	39.1	61.5	64.6
2016	Subtotal		11985	423.8	391.4	653.0	102.5	4.8	50.1	321.2	386.6	602.9
	Permanente	Naranja	36	0.8	1.0	2.0	0.1	0.0	0.0	0.7	1.0	1.9
pasto pastoreo	Permanente	Ratana	3500	0.0	0.0	0.0	33.7	6.8	76.6	-33.7	-6.8	-76.6
	Permanente	Para caribe	4200	76.7	70.9	118.2	12.6	0.1	0.6	64.1	70.8	117.7
	Permanente	Brizantha	8073	126.0	117.1	195.4	70.3	0.2	0.8	55.7	116.9	194.6
	Subtotal		15809	203.5	189.0	315.6	116.6	7.1	78.0	0.7	1.0	1.9
	Naranja	Naranja	31.2	1.5	1.5	7.9	0.1	0.0	0.0	1.5	1.4	7.8
Café	café Productivo	café	1290	10.0	18.7	57.3	3.1	0.5	1.4	6.9	18.2	55.9
	Subtotal		1321.2	11.5	20.2	65.2	3.2	0.0	0.0	8.4	20.2	65.2
Bosque	Permanente	Mandarina	26.2	1.6	1.5	2.4	0.0	0.0	0.0	1.6	1.5	2.4
	Subtotal		26.2	1.6	1.5	2.4	0.0	0.0	0.0	1.6	1.5	2.4
	Total		41159.2	867.2	908.0	1722.0	332.9	73.6	252.8	449.8	653.6	1233.6

Anexo 3. Balance aparente total Finca San Juan y Finca Buena Vista Las Lagunas Boaco 2015-2016.

Balance aparente total por finca/años(2015-2016) Finca San Juan, Las Lagunas-Boaco.									
AÑO	Entradas Totales kg ha⁻¹			Salidas Totales kg ha⁻¹			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
2015	92	4	7.4	239.7	4.8	10.5	-147.6	-0.8	-2.5
2016	98.3	4	7.5	272.6	7.9	18	-168.1	-3.9	-10.6
TOTAL	190.4	8	14.9	512.4	12.7	28.6	-315.8	-4.7	-13.2
Balance aparente total por finca/años(2015-2016) Finca Buena Vista, Las Lagunas-Boaco.									
AÑO	Entradas Totales kg ha⁻¹			Salidas Totales kg ha⁻¹			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
2015	659.4	507.8	1142.6	297.3	117.3	213.2	318.6	502.6	929.3
2016	867.2	908	1722	332.8	91.2	252.8	449.7	635.9	1233.5
Total	1526.7	1415.8	2864.7	630.2	208.5	466.1	768.3	1138.5	2162.9

Anexo 4. Guía de trabajo para toma de datos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

GUIA DE TRABAJO DE CAMPO SAN RAMÓN, MATAGALPA

BALANCE APARENTE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS PRODUCTIVOS.

I Datos Generales.

1.1 Nombre del productor _____

1.2 Nombre de la 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 _____

2.2 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							
6							

2.3 Información de manejo por área y ciclos 2015-2016.

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

2.4 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							
6							

2.5 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							
6							

3. Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo.

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

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

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

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

4. Información sobre los cultivos.

4.1 Distancias de siembra.

Cultivo	Distancia de siembra

Anexo 5. Resultados de análisis físico-químico de suelos de dos sistemas ganaderos en Las Lagunas, Boaco, 2016.

Agroecosistema (Finca)		Característica Física					Característica Química							Partículas (%)			CLASE TEXTURAL	
														Arcilla	Limo	Arena		
Parcela	Prof.	MO	Da	Ia	Pt	pH	N	P	K	Mg	Ca	CIC	Arcilla	Limo	Arena			
	(cm)	(%)	g cm ⁻³	cm/h	(%)	H ₂ O	(%)	(%)	(meq/100 g suelo)									
Finca Buena Vista	Diversificada	60	4.33	0.78	5.83	69.90	4.97	0.22	2.67	0.77	2.30	9.61	14.57	33.6	48	18.4	Franco arcilloso limoso	
	Café	50	3.71	0.70	6.16	71.56	5.09	0.19	3.15	1.34	3.48	7.95	13.75	27.6	36	36.4	Franco	
	Pasto pastoreo	48.4	3.34	0.74	9.27	73.86	5.53	0.17	3.03	1.34	3.08	8.72	14.65	23.6	34	42.4	Franco	
	Pasto corte	57	2.95	0.76	6.47	78.25	6.06	0.15	7.07	2.64	5.83	19.27	30.85	29.6	38	32.4	Franco arcilloso	
	Arbolada	65	5.38	0.80	8.99	73.51	4.94	0.27	3.70	1.30	6.23	9.07	18.48	27.6	38	34.4	Franco	
Finca San Juan	Agrícola	27	3.27	0.70	6.30	37.56	6.21	0.16	39.36	2.78	2.94	30.37	41.74	41.6	28	30.4	Arcilla	
	Café	30	3.46	0.67	7.32	41.02	5.50	0.17	5.54	1.28	2.96	8.62	16.25	35.6	38	26.4	Franco arcilloso	
	Pasto pastoreo	28	4.65	0.60	6.01	30.32	5.22	0.23	4.30	0.49	4.13	16.30	23.06	37.6	36	26.4	Franco arcilloso	
	Pasto corte	31	4.84	0.73	7.21	38.70	5.40	0.24	4.00	0.30	3.04	11.48	15.28	23.6	28	48.4	Franco	

