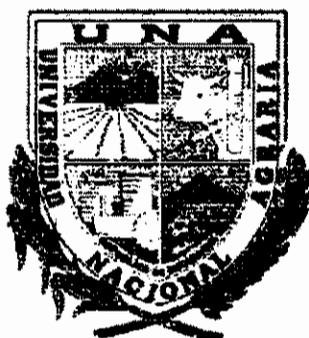


# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**(FARENA)**



**BALANCE APARENTE DE NUTRIENTES (N, P, K) EN DOS  
UNIDADES DE PRODUCCION UBICADAS EN EL  
MUNICIPIO DE SAN RAMON, DEPARTAMENTO  
DE MATAGALPA, DURANTE EL PERIODO  
1997 - 1999.**

(Trabajo de tesis)

**Autores:**

**Br. Isidro Antonio Aragón Ocón**

**Br. Juan Ángel Aráuz Úbeda**

**Asesor:**

**Ing. M.Sc. Leonardo García Centeno**

**Managua, Nicaragua**

**Septiembre 2000**

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso por ser la luz que me ha iluminado durante todos mis años de estudio, por darme fuerza y valor para seguir siempre adelante.

A mis padres Sr. Isidro Antonio Aragón Gómez y Sra. Olga María Ocón Solano, por ser los pilares de mi formación como hombre y como persona, por el apoyo moral y espiritual que siempre me han brindado durante los momentos mas difíciles de vida, alentándome a seguir siempre hacia delante.

A todos mis hermanos que de alguna u otra manera contribuyeron a la finalización de mis estudios, pero muy en especial a mi querida hermana Olga Maria Aragón Ocón, ya que sin su apoyo incondicional y desinteresado, no hubiera logrado alcanzar una de mis metas más soñadas.

**Isidro Antonio Aragón Ocón**

## DEDICATORIA

Este esfuerzo lo dedico a mis padres Victoria Úbeda Osegueda y Ángel Aráuz Zeledón que siempre me han apoyado y aconsejado incondicionalmente para que mi vida marche por buen camino.

A mis hermanos Bayardo Aráuz Úbeda y Henry Aráuz Úbeda que de igual forma han depositado su confianza en mí, además porque junto a ellos viví tiempos difíciles en el exilio y que en cierta forma esas cosas sirvieron para forjar mi carácter.

A mi abuelo Gonzalo Úbeda Úbeda (q. e. p. d) por transmitir su serenidad para resolver cualquier situación en la vida.

A mi abuela María Pía Osegueda Pineda por su entendimiento, tolerancia y cariño brindados durante mis años en la universidad.

A mi abuelo Guillermo Aráuz Zeledón por inculcar cosas tan valiosa como el trabajo a todos los miembros de mi familia; a todos los cuales también dedico este trabajo por que crecieron junto a mi manifestando siempre solidaridad.

*Juan Ángel Aráuz Úbeda*

## AGRADECIMIENTO

Al Ser Supremo por derramar bendiciones salud y paz a nuestro alrededor. A la madre naturaleza por su armoniosa perfección y todas las cosas que nos da día a día.

A todos nuestros maestros de primaria, secundaria y en especial a los de la universidad, los cuales pusieron en nuestra mente inquietudes nuevas acerca del por qué de las cosas.

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

A nuestro asesor Leonardo García Centeno por concedernos el privilegio de trabajar a su lado, por sus aportes, sugerencias y sobre todo servir de guía para la realización de este trabajo.

Al proyecto Manejo Integrado de Fertilidad de Suelos de la FAO por el financiamiento y coordinación de este trabajo.

A los productores Catalino Figueroa y Santiago Ruiz por su grandiosa colaboración y también por que siempre nos recibieron bien.

A todos nuestros compañeros de clases y en especial al Team Mankind, al Ing. Carlos Rivas Suazo, Ing. Andrés Altamirano Tinoco, Ing. Ramón Reyes Blanco.

Juan Ángel Aráuz Úbeda agradece de forma especial a:

Los amigos de Siempre, Arq. Hugo Franco Torres López (colaborador), Ing. Miguel Andrés Altamirano Tinoco, Lenin López Palacios, porque en las buenas y malas ahí estuvieron.

A Jessarela Regina Huete López, Katia Jaens, A mis cuñadas Reyna Luz Gutiérrez, Maruja Martínez Rodríguez, porque también fueron de mucha ayuda.

A toda la gente que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo saliera bien; cómo olvidar a las personas con envidia y que quisieron causarme mal, porque también ayudaron a fortalecerme.

*Isidro Antonio Aragón Ocón*

*Juan Ángel Aráuz Úbeda*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOS</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>xiv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO REFERENCIAL</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Teoría de sistema</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1. Sistema</b>	<b>4</b>
<b>2.1.2. Sistemas de producción</b>	<b>4</b>
<b>2.1.3. Clasificación de sistemas</b>	<b>4</b>

2.1.4. Características de un sistema .....	5
2.2. Componentes del suelo .....	6
2.2.1. Componente inorgánico .....	6
2.2.2. Componente orgánico del suelo .....	7
2.3. Las reservas del suelo .....	10
2.4. Productividad del suelo .....	10
2.5. Fertilidad del suelo .....	11
2.5.1. Factores que influyen en la fertilidad del suelo ...	11
2.6. Disponibilidad de nutrientes .....	12
2.6.1. Nitrógeno en el suelo .....	12
2.6.2. Fósforo en el suelo .....	13
2.6.3. El potasio en el suelo .....	13
2.7. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes .....	14
2.7.1. Humedad del suelo .....	14
2.7.2. Aireación .....	14
2.7.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	14
2.7.4. El pH del suelo .....	15
2.7.5. La textura .....	15
2.7.6. La estructura .....	15
2.8. Efecto de la ganadería sobre los nutrientes del suelo .....	16
2.8.1. Pastoreo directo .....	16
2.8.2. Pastoreo indirecto .....	17
2.9. Efecto de la quema sobre la fertilidad del suelo .....	17
2.10. Erosión del suelo .....	18
2.10.1 Erosión de la fertilidad del suelo .....	18
2.11. Sistemas agroforestales .....	18
2.12. Los nutrientes vegetales .....	19
2.12.1. Origen de los nutrientes vegetales .....	19
2.12.2 Los nutrientes como capital .....	20
2.13. Elementos nutritivos necesarios para las plantas .....	20
2.13.1. El nitrógeno en las plantas .....	21

2.13.2. El fósforo en la planta .....	21
2.13.3. El potasio en la planta .....	21
2.14. Aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos .....	22
2.14.1. Fertilizantes minerales .....	22
2.14.2. Fertilizantes orgánicos .....	22
2.15. Factores económicos e institucionales que influyen en el empleo de fertilizantes .....	24
2.16. Restitución de nutrientes .....	25
2.16.1. Ley de la restitución .....	25
2.16.2. Ley del equilibrio entre los nutrientes .....	25
2.17. Manejo de la parcela .....	26
2.17.1. Labranza cero .....	27
2.17.2. El barbecho .....	27
2.17.3. Cultivos de cobertura .....	27
2.17.4. Rotación de cultivos .....	28
2.18. Flujo de nutrientes .....	28
2.18.1. Balance aparente de nutrientes .....	29
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1. Descripción del área de estudio .....	32
3.2. Características edafoclimáticas del municipio de San Ramón .....	35
3.2.1. Clima .....	35
3.2.2. Hidrografía .....	36
3.2.3. Geología .....	36
3.2.4. Suelos .....	36
3.2.5. Topografía .....	36
3.3. Proceso metodológico .....	37
3.3.1. Modelo general del balance aparente de nutrientes .....	38

## SUMMARY

A study on apparent balance of nutrients was held in two farms located in the municipality of San Ramón, department of Matagalpa, to know plot management and current soil fertility.

The activities and managements by farmers on the farm were follow during three years (1997 – 1999), and were based on field books filled by the farmers, the information was compiled trough periodic visits (once a week) in the two farms and synthesizing in square of summary. The study was started with soil samples recollection and plants samples from (crops established in each plot) which were send to the laboratory for its respective analysis. In the samples of soil the content of N, P, K, pH, percent of material organic and texture were measured, in the samples of plants was analyzed N, P, K content, to every part of the plant (root, steam, leave and fruit). All of that was utilized to know the inputs and outputs of N, P, and K for every plot in order to calculate the nutrients balance.

The result obtained in the farm of Catalino Figueroa, reflecting a negative balance of N, P, K, with extremely low values. This due mainly to stubble burning, outputs of nutrients from harvesting, low fertilizer application etc.; these factors reduce the soil nutritional reserves. In the case of Santiago Ruiz's farm the balance obtained it's evident that farm present a better state of fertility than Catalino's, with a better stubble management, no burn in the plots, and an adequate mineral fertilizer application. It only presents deficiency of N and K, but not as low as Catalino's.

Farmers don't have defined pattern on plot and stubble management; if the inadequate practices by farmers continues without using crop relations, breaks or leguminous plants, these soils will become poor soils, farm productivity will be reduced, this is proved by the negative balances results.

Farmers don't apply the adequate fertilize dose, these are not according to crop nutritional necessities; it is influenced by high costs of fertilizer. The culture or farmer tradition, low credit availability as well as the quality of family members that is the case of Santiago Ruiz in which family are many children's, it represents more medic and scholar education expenses, that leads to a shortened budget, which not allowed to acquire the ideal fertilizer amount.

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>42</b>
<b>4.1. Finca de Catalino Figueroa</b>	<b>42</b>
<b>4.1.1. Entradas al sistema</b>	<b>42</b>
<b>4.1.2. Salidas del sistema</b>	<b>46</b>
<b>4.1.3. Balance aparente</b>	<b>47</b>
<b>4.2. Balances aparentes por elemento finca de Catalino Figueroa</b>	<b>50</b>
<b>4.2.1. Balance aparente de nitrógeno</b>	<b>50</b>
<b>4.2.2. Balance aparente de fósforo</b>	<b>51</b>
<b>4.2.3. Balance aparente de potasio</b>	<b>52</b>
<b>4.3. Finca de Santiago Ruiz</b>	<b>53</b>
<b>4.3.1. Entradas al sistema</b>	<b>54</b>
<b>4.3.2. Salidas del sistema</b>	<b>57</b>
<b>4.3.3. Balance aparente</b>	<b>59</b>
<b>4.4. Balances aparentes por elemento en la finca de Santiago Ruiz</b>	<b>61</b>
<b>4.4.1. Balance aparente de nitrógeno</b>	<b>61</b>
<b>4.4.2. Balance aparente de fósforo</b>	<b>62</b>
<b>4.4.3 balance aparente de potasio</b>	<b>63</b>
<b>4.5 Comparación de los balances en las dos fincas en estudio.....</b>	<b>64</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>72</b>

## INDICE DE TABLAS

Página

<b>Tabla 1.</b> Las entradas y salidas consideradas por Stoorvogel & Smalling (1990).....	30
<b>Tabla 2.</b> Metodologías utilizadas para los análisis de suelo realizados. ....	37
<b>Tabla 3.</b> Entradas y salidas que se tomaran en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes. ....	39
<b>Tabla 4.</b> Entradas de nutrientes al sistema / rotación / Años (97, 98, 99) /biomasa + cosecha, finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón Matagalpa. ....	45
<b>Tabla 5.</b> Salidas de nutrientes del sistema / rotación / Años (97, 98, 99) /biomasa + cosecha, finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....	46
<b>Tabla 6.</b> Balance aparente por rotación /Años (97, 98, 99) /biomasa + cosecha, finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....	49
<b>Tabla 7.</b> Entradas de nutrientes al sistema / rotación / Años (97, 98, 99), finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa. ....	56
<b>Tabla 8.</b> Salidas de nutrientes al sistema / rotación / Años (97, 98, 99) /biomasa + cosecha, finca de Santiago Ruiz (La Escalera) Santa Emilia, Matagalpa. ....	58
<b>Tabla 9.</b> Balance aparente por rotación / Años (97, 98, 99) / biomasa + cosecha finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa. ....	60
<b>Tabla 10.</b> Balance aparente total por finca / Años (97, 98, 99), Finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....	64
<b>Tabla 11.</b> Balance aparente total por finca / Años (97, 98, 99), finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa. ....	65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

### Página

<b>Gráfico 1.</b> Precipitación caída durante los tres años, estación meteorológica San Ramón. ....	35
<b>Gráfico 2.</b> Precipitación caída durante los tres años, estación pluviométrica hacienda San Francisco (La Escalera). ....	35
<b>Gráfico 3.</b> Comportamiento del balance aparente de nitrógeno / parcela /Años (97, 98, 99). Finca de Catalino Figueroa, San Ramón Matagalpa. ....	50
<b>Gráfico 4.</b> Comportamiento del balance aparente de fósforo / parcela /Años (97, 98, 99). Finca de Catalino Figueroa, San Ramón. ....	51
<b>Gráfico 5.</b> Comportamiento del balance aparente de potasio / parcela /Años (97, 98, 99).Finca de Catalino Figueroa, San Ramón Matagalpa. ....	52
<b>Gráfico 6.</b> Comportamiento del balance aparente de nitrógeno / parcela /Años (97, 98, 99). Finca de Santiago Ruíz, Santa Emilia, Matagalpa. ....	61
<b>Gráfico 7.</b> Comportamiento del balance aparente de fósforo / parcela /Años (97, 98, 99). Finca de Santiago Ruíz, Santa Emilia, Matagalpa. ....	62
<b>Gráfico 8.</b> Comportamiento del balance aparente de potasio / parcela /Años (97, 98, 99). Finca de Santiago Ruíz, Santa Emilia, Matagalpa. ....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Esquema simplificado de las formas y equilibrios de los nutrientes en el sistema suelo – planta (Vieira et al., 1999). .....	26
<b>Figura 2.</b> Esquema cualitativo simplificado del ciclo de nutrientes en un sistema de producción que involucra granos básicos y Ganadería (Vieira et al., 1999). .....	31
<b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación de los sitios de estudio. La Escalera y Guadalupe, San Ramón, Matagalpa. ....	34

## ÍNDICE DE FOTOS

	<b>Página</b>
<b>Foto 1.</b> Vista de la parcela 6 con rastrojos de maíz (Primera 98), finca de Catalino Figuroa, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa. ....	44
<b>Foto 2.</b> Vista de la parcela 2 con rastrojos de sorgo (Postrera 98), finca de Catalino Figuroa, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa. ....	48
<b>Foto 3.</b> Vista de la parcela 6 con café, ciclo 99 - 2000, finca de Santiago Ruíz, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa. ....	55
<b>Foto 4.</b> Vista de la parcela 3 con frijol (Apante 99), en presencia de residuos de maíz (Primera 99). Finca de Santiago Ruíz, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa. ....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>Anexo 1.</b> Área y distribución de las parcelas en la finca de Catalino Figueroa, ubicada en la comarca, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa. ....	73
<b>Anexo 2.</b> Área y distribución de las parcelas en la finca de Santiago Ruíz, ubicada en la comarca, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa. ....	74
<b>Anexo 3.</b> Resultados de análisis de plantas, finca de Catalino Figueroa, ubicada en la comarca, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa. ....	75
<b>Anexo 4.</b> Resultados de análisis de plantas, finca de Santiago Ruíz, ubicada en la comarca, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa. ....	76
<b>Anexo 5.</b> Resultados de análisis de suelo de la finca de Catalino Figueroa, ubicada en la comarca, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa. ....	77
<b>Anexo 6.</b> Resultados de análisis de suelo de la finca de Santiago Ruíz, ubicada en la comarca, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa. ....	77
<b>Anexo 7.</b> Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (97), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....	78
<b>Anexo 8.</b> Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (98), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....	79
<b>Anexo 9.</b> Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (99), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....	80

<b>Anexo 10. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (97), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa. ....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo 11. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (98), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa. ....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 12. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (99), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa. ....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo 13. Balance aparente por parcela / Año (97), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 14. Balance aparente por parcela / Año (98), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 15. Balance aparente por parcela / Año (99), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa. ....</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 16. Balance aparente por parcela / Año (97), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa. ....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 17. Balance aparente por parcela / Año (98), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa. ....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 18. Balance aparente por parcela / Año (99), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa. ....</b>	<b>85</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país netamente agroexportador y el sector agropecuario es la espina dorsal de su economía. Un estudio realizado por el MAG (1998) y el IDR, con apoyo del Banco Mundial, identificó que existe un total de 250,000 unidades de pequeña y mediana producción, y que el 71.8% de ellas es de producción agrícola; un 9.7% es una combinación de agricultura y ganadería; y le siguen en importancia otras combinaciones.

Entre las unidades de producción agrícola se pueden encontrar diferentes combinaciones; sin embargo, el 93.69% contienen de alguna manera granos básicos dentro de su producción. Entre las unidades agrícolas un 29.02% produce sólo maíz, un 31.31% produce combinaciones de maíz con frijol (generalmente de relevo) y, en menores proporciones combinaciones de granos básicos entre sí o combinaciones de granos básicos con otros cultivos (hortalizas, frutales, cultivos de exportación o no tradicionales) (MAG/IDR, 1998).

Recientemente, se ha estimado que cada año se pierden millones de hectáreas de tierra cultivable para la agricultura a causa de la degradación del suelo. Esto sucede por el rápido aumento de la población que está demandando del suelo, cantidades crecientes de alimento, fibras y combustible. Como resultado, el suelo está siendo explotado más intensivamente. Además las cantidades crecientes de tierra nuevas incorporadas a la agricultura son de una calidad más pobre y menos productivas que las tierras actualmente en explotación lo cual aumenta aún más la degradación del suelo. No en vano la sostenibilidad del recurso suelo se ha hecho un asunto muy importante (FAO, 1996).

Nicaragua dispone de excelentes suelos con un gran "capital fertilidad" que no es más que la capacidad del suelo para compensar las pérdidas de nutrientes. Sin embargo, por diferentes razones (presencia de laderas, régimen pluvial, expansión demográfica, falta de recursos, insuficiente apoyo institucional), el "capital de fertilidad" se ha venido desgastando a veces en forma rápida debido a prácticas agrícolas mal utilizadas, sin una reposición adecuada de nutrientes.

Estos procesos conducen con el tiempo, a una disminución de la fertilidad del suelo debido a disminución de las fuentes de N, P, K, disminución de la CIC, inadecuado desarrollo radicular, disminución de las reservas útiles de nutrientes. Consecuencias inevitables de esta situación son la pobreza rural y la inseguridad alimentaria que prevalecen en dichas zonas. Numerosas observaciones indican que los balances de nutrientes a nivel de fincas son deficitarios debido a que las cantidades exportadas por las cosechas son más elevadas que las restituciones (INTA –FAO, 1997).

Debido al crecimiento demográfico, a las mismas prácticas migratorias, los bajos rendimientos, los altos costos de producción y por la gran cantidad de tierras que han sido degradadas por manejos ineficientes de la fertilidad, los campesinos de la zona con manejos tradicionales, se ven en la necesidad de producir alimentos, con el desafío de mantener, recuperar y aumentar el potencial productivo de sus tierras. Por esta razón el proyecto FAO-AGL-UNA-CP/NIC/025/NOR promueve un estudio explorativo mediante un balance aparente de nutrientes en dos fincas bajo el sistema de manejo tradicional de los campesinos del municipio de San Ramón departamento de Matagalpa, en la zona norte central (húmeda) del país, durante el periodo 1997 - 1999.

Desde hace algunos años, FAO a través del programa de fertilidad de suelos del INTA, ha venido dando seguimiento a 32 fincas ubicadas en la zona de estudio con el propósito de tipificar la gestión de la fertilidad y los fertilizantes por parte de los productores. Paralelamente FAO y UNA, establecieron colaboración, con el propósito de realizar un seguimiento más puntual sobre el balance aparente de nutrientes en cuatro fincas seleccionadas para tal fin.

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo general**

- ◆ Conocer las pérdidas y/o ganancias de nutrientes del suelo, mediante un balance aparente de N, P, K, en dos fincas bajo la implementación de prácticas agronómicas tradicionales utilizadas por los agricultores de la zona húmeda (norte - central) del país, municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa durante el período 1997 - 1999.

## **Objetivos específicos**

- ◆ Cuantificar los flujos de nutrientes (entradas y salidas) de las parcelas, por la aplicación de abonos al suelo, por la quema de rastrojos, la extracción de biomasa y cosecha.
- ◆ Realizar un balance aparente de nutrientes (N, P y K) por cada tipo de rotación, parcela y finca, durante los tres años.
- ◆ Identificar si la forma de manejo que los productores realizan en cada parcela, influye en la fertilidad de los suelos y los efectos que este puede tener sobre el balance aparente de nutrientes.

## **II. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. Teoría de sistema**

Los sistemas enfatizan en la necesidad de ver una situación en forma global y no como partes separadas, los límites del sistema cambian con las modificaciones en el enfoque, en el proceso de transformación de insumos en productos; reconoce las interacciones de los componentes dentro y fuera del sistema, subraya la importancia de la jerarquía de los sistemas, por lo que cada uno de ellos es parte de un sistema mayor y en sí en un subsistema (FAO, 1991).

#### **2.1.1. Sistema**

Para Saravia (1983), existen muchas definiciones de sistema, una de ellas es la que considera al sistema como: "Un arreglo de componentes físicos o un conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas de tal manera que forman o actúan como una unidad, como un todo".

#### **2.1.2. Sistemas de producción**

Son los sistemas de producción (vegetales y animales) y factores de producción (tierra, capital, etc.), los cuales actúan en unidad; y que la familia o el productor administra en un área determinada para satisfacer sus objetivos socioeconómicos y culturales a nivel de la finca (INTA - IICA, 1996).

#### **2.1.3. Clasificación de sistemas**

Hay distintos niveles de organización que ocupan un espacio dado, y estos se clasifican dependiendo del propósito que persigan, de esta forma, algunos pueden ser clasificados según la intensificación de los medios de producción, cuyo producto estará en función de la misma (Saravia, 1983).

- Sistema Nacional.
- Sistema Regional.
- Sistema Agrícola.
- Sistemas Pecuarios.
- Sistemas de Cultivos.
- Sistemas Forestales, etc.

#### **2.1.4. Características de un sistema**

Saravia (1983), sostiene que un sistema agrícola deberá incluir los siguientes conceptos:

- Un propósito: Por el cual el sistema es operado.
- Una frontera: Marca lo que está dentro del sistema y lo que queda fuera del sistema.
- El contexto: El ambiente externo en el cual funciona el sistema.
- Los componentes: Principales constituyentes que aparecen relacionados para formar el sistema.
- Las interacciones: las relaciones entre los componentes.
- Los recursos: Componentes (subsistemas) comprendidos en el sistema y que son utilizados para su funcionamiento.
- Los insumos o aportes: Empleados por el sistema pero que tienen origen externo al mismo.
- Organización: Estructura con cierto orden de arreglo que se forma, producto de los flujos de comunicación e intercambio entre elementos que cumplen funciones específicas.
- Los productos: El resultado esperado de la operación del sistema.
- Los subproductos: Productos útiles, aunque obtenidos incidentalmente.
- Dinámico: Está en continuo cambio y evolución, nunca es estático.

Los recursos o insumos, están bajo el control del campesino, pero no siempre pueden ser obtenidos o mejorados por los sistemas de producción ya que existen limitaciones tales como: Tamaño de la finca, tenencia de la tierra, etc. En el desarrollo y mejoramiento

potencial de los sistemas, se debe dar prioridad a los recursos internos a nivel de la unidad de producción, antes de considerar los externos, debido a que puede afectar la viabilidad del sistema como tal (Altieri, 1983).

La agroecología ha sido propuesta como la nueva disciplina científica que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica y socioeconómica (Altieri, 1983). La evaluación de un sistema de producción es una tarea compleja para lo cual no existen todavía parámetros y métodos suficientemente definidos y aceptados de forma universal (Berdegue & Larrain, 1992). Conway (1985), argumenta que no se necesita saber todo para hacer un análisis realista y útil. Basta con conocer algunas relaciones claves para entender el comportamiento y funcionamiento de un sistema.

"El suelo debe ser entendido como un sistema en el cual los componentes se desarrollan de manera interrelacionada. El comportamiento de uno es decisivo para la calidad del todo. Un cambio en uno de los componentes causa cambios en el sistema" (Vieira et al., 1999).

## **2.2. Componentes del suelo**

### **2.2.1. Componente inorgánico**

#### **◆ Fracción mineral del suelo**

Está constituida por el material grueso (cascajo), las partículas finas, arenas, limos, arcillas, en orden decreciente de tamaño, los componentes inorgánicos y los iones libres, ya sean nutrientes o no. La proporción arena, limo, arcilla determina la textura del suelo, junto a otras propiedades y otras características definen la distribución de poros en el perfil del suelo y en gran medida, la capacidad de almacenamiento de agua y su disponibilidad para las plantas (Vieira et al., 1999).

#### ◆ **El agua en el suelo**

Es el componente del suelo que puede ocupar hasta la mitad de su volumen (estado de saturación), el agua en el suelo posibilita el desarrollo radicular y la solubilización de los nutrientes, su transporte y absorción por las raíces; la capacidad del suelo para almacenar agua depende de sus propiedades y características tales como: el tipo de estructura y su porosidad, el contenido de materia orgánica, textura, transmisión de calor del perfil, conductividad hidráulica y profundidad del perfil, entre otras (Vieira et al., 1999).

#### ◆ **El aire en el suelo**

La presencia de oxígeno como componente del aire en la zona radicular es una condición determinante para que haya crecimiento de las raíces y absorción de los nutrientes, todas las transformaciones de naturaleza bioquímica que ocurren en el suelo, los procesos de transformación de la materia orgánica entre otros dependen de la disponibilidad y composición del aire en el suelo. La disponibilidad de aire en el suelo depende del volumen y distribución de los poros, el intercambio de aire entre la atmósfera y el suelo, y el contenido de agua del suelo. En condiciones medias, el aire y el agua del suelo representan la mitad del volumen de éste (Vieira et al. , 1999).

#### **2.2.2. Componente orgánico del suelo**

Según Vieira et al. (1999), el componente inorgánico está formado por todos los compuestos de origen biológico presentes en el suelo tales como la materia orgánica, organismos y raíces.

#### ◆ **La materia orgánica del suelo**

Es el componente del suelo que mejor expresa su fertilidad, prueba de ello es que casi todo el azufre y el nitrógeno que contienen los suelos se encuentran en combinación orgánica. La materia orgánica se origina de los desechos de plantas y animales que han

vivido en la superficie, está formada por los cuerpos de organismos muertos y los residuos de materia viva depositadas sobre y dentro del suelo (Flores, 1983). Está en un activo proceso de desintegración y sujeta a los ataques de los microorganismos del suelo (Cairo, 1980). Los restos sufren una simplificación de su estructura a compuestos más sencillos y en general solubles, pueden sufrir un proceso de mineralización, pasando a formas inorgánicas, solubles ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , etc.) o bien gaseosas ( $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_4^+$ ). Algunos compuestos son reorganizados (en un proceso inverso que rige la mineralización), produciéndose una inmovilización temporal de nutrientes (fundamentalmente nitrógeno) en la biomasa microbiana, pero reincorporándose más adelante a los compuestos húmicos, quedando en la típica dinámica de éste dentro del suelo (Moreno, 1996).

En la práctica agrícola se entiende por humus a la materia orgánica del suelo en avanzado estado de descomposición, excluyendo los fragmentos de plantas que todavía no estén desintegrados (las plantas son las únicas que pueden suministrar las materias básicas, tales como lignina, tanino, etc., que son bastante resistentes al ataque microbiano y se descomponen con lentitud).

Se dice que un suelo es estable cuando existe un equilibrio entre la cantidad de humus bruto que se mineraliza y la cantidad de materia orgánica que se transforma en humus (Magdoff & Bartlett, 1985). El contenido de materia orgánica de un suelo normal suele variar entre el 1 y 5%, del cual corresponde al humus el 85 - 90% y el resto a los materiales no humificados (Yagüe, 1989). Un balance de materia orgánica de los suelos cultivados debe tener en cuenta las pérdidas producidas por la mineralización del humus, y todas las ganancias que puedan aparecer como consecuencia de la humogénesis de los residuos de origen vegetal y animal que se produzca en la explotación (Urbano & Moro, 1992).

#### ◆ **Dinámica de la descomposición de la materia orgánica**

La rapidez con que se descompone la materia orgánica y se proliferan los microorganismos desintegradores depende de la relación carbono / nitrógeno (C/N). Los organismos vegetales con una relación C/N equilibrada (15-20) favorece la proliferación de los microorganismos y la descomposición rápida de la materia orgánica. Cuando dicha relación sube por encima de 50 o baja alrededor de 10, la descomposición se produce muy lentamente (Yagüe, 1989).

#### ◆ **Importancia de la materia orgánica**

Vieira et al. (1999) afirma que la importancia de la materia orgánica radica en que favorece un gran número de propiedades de los suelos, se puede decir que interviene en:

- El color de los suelos, les imparte su color oscuro característico.
- Favorece la formación de agregados estables y reduce la plasticidad y cohesión.
- Aumenta la capacidad de retención del agua y la capacidad de intercambio iónico (se considera que la materia orgánica tiene una CIC por lo menos 10 veces superior a la que tienen las arcillas. Más del 10% de la CIC de los suelos tropicales se debe a la materia orgánica).
- Favorece la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre a través de la mineralización de sus compuestos orgánicos.
- Tiene efecto amortiguador regulando el pH de los suelos.
- Produce sustancias inhibitoras y/o activadoras de procesos químicos y microbianos.

#### ◆ **Factores que influyen en la rapidez de descomposición de la materia orgánica**

Según Yagüe (1989), estos son:

1. La edad de la planta.
2. La temperatura.
3. La humedad.
4. La topografía.

5. El contenido de nitrógeno en el material.
6. El contenido de calcio en el suelo.

### **2.3. Las reservas del suelo**

El suelo contiene reservas naturales de nutrientes en cantidades que dependen de la composición del suelo y de su etapa de edafización. Estas reservas están generalmente de forma inaccesible para los cultivos y solo una pequeña porción se libera cada año a través de procesos biológicos o químicos. Esta liberación es muy pequeña para compensar la extracción de nutrientes que se lleva a cabo con la producción agrícola, especialmente en los trópicos húmedos, donde el suelo está fuertemente interperizado

Es importante considerar y cuidar el suelo como un cuerpo vivo, puesto que tanto su formación como propiedades y características a lo largo del tiempo están íntimamente ligadas al balance y comportamiento de los procesos inorgánicos y orgánicos allí presentes (Vieira et al., 1999). Los análisis químicos pueden ofrecer una aproximación de las reservas del suelo y su precisión está relacionada con el tipo de suelo, las condiciones del cultivo y las especies que se cultivan.

### **2.4. Productividad del suelo**

Se refiere a la capacidad del suelo para producir y que resulta de la interacción de varios factores: Nutrientes, agua y/o factores climáticos, microfauna y flora, etc. Para mantener la productividad del suelo es necesario reponerle lo que las cosechas exportan. El deterioro de la calidad del suelo también puede ser provocado por prácticas tales como el cultivo intensivo sin rotaciones de este (Ketcheson, 1980).

## **2.5. Fertilidad del suelo**

Se refiere a la capacidad que tiene el suelo de suministrar los macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas o los cultivos. La noción de fertilidad no se debe considerar solamente como una característica intrínseca del suelo ya que no es independiente de las técnicas y de los sistemas de cultivo aplicados, lo cual involucra aspectos de naturaleza física, química y biológica. Un suelo fértil provee una base sólida para sistemas flexibles de producción de alimentos, que con las limitantes de suelo y clima pueden sostener un amplio rango de cultivos para cubrir las necesidades cambiantes (Salmerón & García, 1994).

### **2.5.1. Factores que influyen en la fertilidad del suelo**

Según (Slobbe, 1996), estos factores son:

- ▶ Los recursos con que cuenta el productor (capital, tierra y mano de obra).
- ▶ El conocimiento que tienen los productores sobre los procesos de fertilización que se dan en el suelo.
- ▶ La ubicación de la finca (distancia de la finca a los centros distribuidores de fertilizantes).
- ▶ La tenencia de la tierra (alquilada, propia, etc.).
- ▶ Los años de presencia en la finca.
- ▶ La superficie de la finca (área).
- ▶ El sistema de la finca (agrícola o mixta).
- ▶ Localización agroecológica de la finca.

De estos factores los recursos del productor y el conocimiento que tienen los productores sobre los procesos de fertilización que se dan en el suelo, se consideran los más importantes en el manejo de la fertilidad.

## **2.6. Disponibilidad de nutrientes**

Los nutrientes se encuentran en el suelo como resultado de la meteorización de las rocas y del reciclaje de la materia orgánica, aunque estos también pueden ser adicionados al suelo; la forma como se encuentran en el suelo puede ser variable. Un nutriente está disponible para las plantas solamente cuando esté presente en una determinada forma (iónica), lugar (solución del suelo), y cierto lapso de tiempo en el que pueden ser absorbidos por las raíces.

La disponibilidad de nutrientes puede variar, según la estación del año, la temperatura del suelo, estado de humedad, textura, estructura y espacio poroso. La concentración excesiva de un determinado nutriente en la forma disponible puede ser tóxico para las plantas (Vieira et al. , 1999).

### **2.6.1. Nitrógeno en el suelo**

Entre el 95 - 98% del nitrógeno total del suelo está asociado a sustancias orgánicas, el resto es inorgánico, es por eso que en suelos con altos contenidos de materia orgánica, naturalmente tienen alto contenido de nitrógeno (Fassbender, 1993).

En suelos con un buen sistema de drenaje y con temperatura favorable, todos los compuestos solubles de nitrógeno se oxidan muy rápidamente y se convierten en nitratos; el suelo no absorbe gran parte de los nitratos, en consecuencia el nitrógeno es el elemento fertilizante más propenso a lixiviarse en las aguas superficiales o en las aguas subterráneas (es el movimiento físico de los nutrientes en solución por drenaje del suelo). El nitrógeno también puede volatilizarse (salida del gas amonio producido por la hidrólisis de la urea), y desnitrificarse por medio de bacterias cuando existen condiciones anaerobias en el suelo (pérdida de iones nitratos en forma de gases de nitrógeno molecular ( $N_2$ ) u óxido de nitrógeno ( $N_2O$ )) (Lampkin, 1998).

### 2.6.2. Fósforo en el suelo

Según Salmerón & García (1994), las grandes variaciones en el contenido de fósforo total se deben a la variabilidad de las rocas parentales, al desarrollo del suelo y a otras condiciones edafológicas. El fósforo del suelo se clasifica en orgánico e inorgánico. El orgánico representa el 20 -60% del fósforo del suelo y al igual que el nitrógeno, el fósforo orgánico tiene sus ciclos de mineralización e inmovilización (Yagüe, 1989). La relación que existe entre el carbono y el fósforo en el suelo varía de acuerdo con: C/P=100 (suelo rico en fósforo); C/P=200 (promedio); C/P=500 (suelo pobre en fósforo) (Fassbender, 1993).

El fósforo es relativamente estable en los suelos, pero de esta alta estabilidad resulta una baja solubilidad que a veces causa deficiencias de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo (Fassbender, 1993). La mayor parte del fósforo del suelo no es asimilable por las plantas, debido a su insolubilidad. Únicamente pueden ser absorbidos como monofosfatos  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (monovalente) y  $\text{HPO}_4^{2-}$  (bivalente) presentes en la disolución del suelo (Yagüe, 1989).

Entre los procesos que tienden a volver no disponible el fosfato para las plantas figuran la adsorción, que se refiere a que el fosfato se adhiere a la superficie de los componentes del complejo de intercambio del suelo (arcillas, materia orgánica, hidróxidos de hierro y aluminio, caliza, etc.), o formando compuestos más o menos insolubles (Dominguez, 1997).

### 2.6.3. El potasio en el suelo

En la fracción del suelo puede estar en dos posiciones principales:

- a) Situado en la estructura cristalina de los minerales o fijados en las posiciones interlaminares de modo que sólo la alteración del mineral es capaz de producir la liberación de potasio (K) y su incorporación al sistema. En esta posición se encuentra el 90 - 98% del K en el suelo.
- b) Adsorbidos en posiciones de cambio de las arcillas coloidales (materia orgánica, alófanas) con mayor o menor afinidad, pero de forma cambiante y, por tanto,

participando activamente en el sistema. El potasio cambiante puede estar entre el 1 - 10% del total (Lampkin, 1998).

## **2.7. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes**

### **2.7.1. Humedad del suelo**

La absorción de nutrientes depende del contenido de agua, si los nutrientes no están en solución no están disponibles para las plantas, ni tampoco ocurriría la mineralización de la materia orgánica (Vieira et al., 1999).

### **2.7.2. Aireación**

Con déficit de oxígeno las raíces no logran crecer ni absorber nutrientes de forma suficiente, cuando un suelo está anegado (saturado), los organismos que oxidan el nitrógeno amoniacal dejan de hacerlo (Vieira et al., 1999).

### **2.7.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Las arcillas y la materia orgánica están cargadas negativamente y son capaces de adsorber cationes de la solución del suelo, estos cationes se denominan cationes de cambio, ya que pueden ser cuantitativamente remplazados por otros sin destruir los coloides del suelo. La cantidad de cationes de cambio que un suelo es capaz de adsorber recibe el nombre de "CIC" (Arzola et al., 1986). Los cationes cambiables influyen en la estructura, actividad biológica, régimen hídrico y gaseoso, reacción, proceso genérico del suelo y su formación. Los principales cationes de cambio son: K, Ca, Mg, aunque hay otros presentes en cantidades apreciables tales como: H, Na,  $\text{NH}_4^+$  y Al, además, siempre existen pequeñas cantidades de Mn, Zn, Cu y hierro ferroso (Vieira et al., 1999).

Existe una estrecha relación entre la CIC y la productividad del suelo, ya que no es la cantidad de nutrientes del suelo la que indica su productividad si no la capacidad del suelo

para renovar las existencias una vez que han sido utilizados los nutrientes en solución (Buckman y Brady, 1985).

#### **2.7.4. El pH del suelo**

El pH o reacción del suelo es el indicador de la actividad del ion hidrógeno ( $H^+$ ) en el suelo, siendo esta una de las características más importantes del suelo, debido a que microorganismos y plantas superiores responden tan notablemente a su medio químico. Tres condiciones son posibles en el suelo: Acidez ( $< 7$ ), neutralidad ( $7$ ) y alcalinidad ( $> 7$ ) (Buckman & Brady, 1985). El estado de acidez del suelo es un factor que afecta la disponibilidad de prácticamente todos los nutrientes, se podría decir que el nivel de pH en el que se da una disponibilidad promedio elevada para todos los nutrientes, está entre 5.7 y 6.5. El pH influye principalmente sobre la forma en que se encuentre el nutriente en el suelo (iónica, precipitada o soluble). La acidez realmente peligrosa para la producción agrícola es aquella asociada al aluminio (Al), se considera que un nivel de saturación de aluminio (Al) mayor del 10% es perjudicial para la mayoría de los cultivos (Vieira et al., 1999).

#### **2.7.5. La textura**

Es la distribución del tamaño de las partículas aisladas (Arena, Limo, Arcilla) que forman el suelo. La textura es una de las propiedades más importantes del suelo por la estrecha relación que guarda con muchas propiedades físico - químicas por cuya razón incide en la fertilidad del suelo (Porta et al., 1994).

#### **2.7.6. La estructura**

Según Porta et al. (1994), la estructura es el ordenamiento de grumos individuales en partículas secundarias o agregadas, como resultado de interacciones físico - químicas entre arcillas y grupos funcionales de materia orgánica. La estructura controla una serie de propiedades y comportamiento del suelo tales como:

- Facilita la emergencia de plántulas y la infiltración del agua.
- Aumenta la reserva de agua en el suelo.
- Una buena estructura del suelo permite una buena circulación de aire, agua y nutrientes.
- Favorece el desarrollo de los microorganismos aeróbicos.
- La baja compactación del suelo, favorece el laboreo y disminuye la densidad aparente.
- Un suelo bien estructurado es más resistente a la erosión.

## **2.8. Efecto de la ganadería sobre los nutrientes del suelo**

En los sistemas pecuarios, en cuanto al reciclaje de nutrientes, son evidentes los efectos en la transferencia de nutrientes en los potreros debido a los productos excretados por los animales. La mayor parte de estos nutrientes se retorna con las heces y orina, cuya cantidad es considerable. Las excretas contienen los nutrientes necesarios para las plantas y en las proporciones deseadas. Sin embargo, esos nutrientes no pueden estar todos inmediatamente disponibles para las raíces de las plantas.

La orina es rica en nitrógeno (contiene la mitad del nitrógeno total excretado), potasio (tres cuartas partes de potasio) y azufre; mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del calcio y magnesio pero mucho menos potasio, sodio, nitrógeno y azufre, siendo estos dos últimos disponibles sólo lentamente (Funes, 1975). Dado lo anterior, se podría decir que la ganadería puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

### **2.8.1. Pastoreo directo**

El ganado consume los rastrojos en el mismo terreno en donde han sido producidos. En este caso, los animales consumen los rastrojos (material orgánico y nutrientes). Sin embargo, reciclan allí mismo una parte de los nutrientes y de la materia orgánica consumida, a través de las heces y la orina. La otra parte de los nutrientes contenidos en los

rastrojos sale del área como componentes de la carne y la leche, además, al permanecer en el área, mediante el pisoteo deterioran la estructura del suelo (Vieira et al., 1999).

### **2.8.2. Pastoreo indirecto**

El ganado se alimenta de los rastrojos que son cosechados y suministrados en algún punto fuera del área donde han sido producidos. En este caso, los animales también consumen los rastrojos, pero no reciclan los nutrientes y la materia orgánica en la misma área. Estos salen del área de producción de granos básicos pero no necesariamente de la finca, dado que el ganado defeca en las áreas de pasto o el productor utiliza el estiércol en cualquier parte de la finca, como ventaja los animales no pisotean el suelo donde siembran los granos básicos (Vieira et al., 1999).

## **2.9. Efecto de la quema sobre la fertilidad del suelo**

La quema es un método que el agricultor migratorio a utilizado por mucho tiempo para limpiar la parcela, despojando de ella residuos de cosechas o plantas indeseables. Pero a su vez, exponiendo el suelo al impacto de la lluvia, creando vegetación pastoril o invasoras propias del fuego, impidiendo el retorno de materia orgánica al suelo, etc.

Según Viera et al. (1999), algunos de los efectos negativos de la quema son:

1. Destrucción de la materia orgánica que ha sido producida durante el ciclo de crecimiento vegetal (cultivo o barbecho).
2. Contaminación del aire, contribuyendo al efecto invernadero.
3. Pérdida de elementos en forma de gases tales como carbono orgánico, N y S.
4. Pérdida de cobertura del terreno, lo cual trae como consecuencia la erosión del suelo.
5. La ceniza que queda sobre la superficie del suelo después de la quema es fácilmente lavada por la lluvia o llevada por el viento.
6. Reducción de las poblaciones de organismos en el suelo, lo que trae como consecuencia menor reciclaje de nutrientes.
7. Reducción en los niveles de materia orgánica y de nutrientes en el suelo, pudiendo

llegar a extremos de no posibilitar la producción agropecuaria o forestal económicamente rentable.

## **2.10. Erosión del suelo**

La erosión es un proceso natural, geológico, con una velocidad de 0.1 - 1.0 mm/año. Que bajo la influencia del hombre, principalmente por la remoción de la cubierta vegetal protectora, conduce a una aceleración del proceso con una intensidad mayor de 40 mm/año. Más en detalle, la erosión se puede dar por el impacto de la radiación, agua o corriente de aire, y es frecuentemente causada por la combinación de estos. Los suelos son muy sensitivos a la radiación, especialmente en climas secos, en donde los suelos han sido despojados de la cubierta vegetal o colchón, la vida de estos suelos se pone en peligro, el crecimiento radicular y su funcionamiento no son óptimos, y el humus de la capa superficial es mineralizado (Salmerón, 1996).

### **2.10.1 Erosión de la fertilidad del suelo**

La erosión por el agua va acompañada de tres procesos fundamentales de erosión como son el desprendimiento, transporte y deposición. (Follet & Stewart, 1985). Sin embargo, la erosión de la fertilidad puede ocurrir sin ningún desplazamiento del suelo. El proceso de pérdida varía según los diferentes elementos, el fósforo se pierde principalmente por las partículas coloidales, en cuya superficie está adsorbido, mientras el nitrógeno en forma de nitrito o nitrato es soluble por lo que se elimina a través de la escorrentía (Fassbender, 1993).

## **2.11. Sistemas agroforestales**

Los árboles en sistemas agroforestales cumplen funciones ecológicas de protección del suelo disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento (Montagnine et al., 1992). También pueden modificar las características físicas del suelo como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos incrementando los niveles de materia orgánica), la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio. El

sistema radicular extendido y profundo aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes (Young, 1989).

## **2.12. Los nutrientes vegetales**

El restablecimiento, mantenimiento e incremento de la fertilidad de los suelos son prioritarios en la agricultura. Un manejo deficiente de los nutrientes vegetales por parte de los agricultores en lo individual hace disminuir la fertilidad de los suelos, por un exceso de explotación, erosión, y deforestación (FAO, 1999).

### **2.12.1. Origen de los nutrientes vegetales**

Según Vieira et al. (1999), las plantas obtienen sus nutrientes sobre todo nitrógeno, fósforo y potasio, pero también micronutrientes u oligoelementos de siete fuentes principales:

- Las reservas naturales de los suelos. Todos los años las plantas reciben apenas una reducida porción de nutrientes por esta vía.
- Los fertilizantes minerales, fabricados en forma líquida o sólida, tienen un contenido de nutrientes más elevado que las fuentes orgánicas .
- Las fuentes orgánicas, inclusive la harina de hueso, la sangre y el estiércol, los fertilizantes orgánicos pueden mejorar la retención de agua de los suelos y sus condiciones físicas.
- Algunos microorganismos promueven la fijación biológica del nitrógeno, al ser capaces de convertir el nitrógeno del aire en amoníaco de donde derivan nitrógeno.
- Depósitos de aire, es el transporte de partículas del suelo por el viento
- Los nitratos de la lluvia, el amoníaco en gas o disuelto en la lluvia, el azufre de la lluvia ácida, las sales y el cloro del rocío.
- El agua del riego, de las inundaciones, el agua subterránea o de un medio hidropónico, proporcionan elementos nutritivos, ya sea de manera natural o por los fertilizantes incorporados al agua de riego.

### **2.12.2 Los nutrientes como capital**

Los agricultores tratan de satisfacer las demandas nutricionales de los cultivos mediante la utilización del "capital fijo" de los elementos del suelo (las reservas naturales del suelo, contenidas en las arcillas), y el "capital de explotación" de los nutrientes, derivados de fuentes naturales (compost) y orgánicas (biomasa producida por los cultivos), con el complemento de otros externos (fertilizantes minerales) (FAO, 1984).

### **2.13. Elementos nutritivos necesarios para las plantas**

Según (Wild, 1992), los elementos que actualmente se consideran esenciales para las plantas superiores son:

- 1- *Macromutrientes*: carbono, hidrógeno y oxígeno; nitrógeno, fósforo y potasio; calcio, magnesio y azufre. Estos a su vez se dividen en dos grupos:
  - a) *Nitrógeno, fósforo y potasio*, que son absorbidos por las plantas, según los casos, en cantidades moderadas o importantes, sus carencias son frecuentes y constituyen los componentes principales de los fertilizantes comerciales.
  - b) *Calcio, magnesio y azufre*, absorbidos por las plantas en cantidades moderadas y, aunque sus carencias suelen ser menos frecuentes, pueden adquirir cierta importancia en condiciones locales o regionales.

El carbono, el hidrógeno y el oxígeno las plantas lo extraen del aire atmosférico y del agua; y llegan a representar el 90 al 95% del peso seco de la planta.

- 2- *Micronutrientes (elementos trazas u oligoelementos)*: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro.
- 3- Otros considerados no esenciales que aparecen con cierta frecuencia y que se ha comprobado que resultan útiles, son: cobalto, sodio, silicio, etc.

El suelo debe proporcionar estos nutrientes a las plantas de una forma adecuada y en una proporción que le permita utilizarlos. Las plantas toman los nutrientes principalmente en forma de iones cargados eléctricamente ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ). El suelo retiene los iones positivos (cationes) en espacios cargados negativamente, denominados coloides (Lampkin, 1998).

### **2.13.1. El nitrógeno en la plantas**

El nitrógeno representa del 1 al 4% del peso seco de la planta, es constituyente básico de importantes moléculas orgánicas claves para el crecimiento y el desarrollo de los vegetales, tales como: proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc. El nitrógeno juega un papel clave en la etapa de crecimiento vegetativo, floración y formación de frutos, semillas y favorece el macollamiento; durante la fase vegetativa, la actividad central consiste en la formación de nuevos tejidos. Un exceso de nitrógeno exagera el desarrollo vegetativo (hojas y caña) y causa retraso en la maduración (Vieira et al., 1999).

### **2.13.2. El fósforo en la plantas**

El fósforo que contienen las plantas representa un décimo aproximadamente de su contenido de nitrógeno; el fósforo es un nutriente esencial para el ciclo de producción de energía dentro de la planta (ATP, ADP y ATPasa), el ácido fosfoglicérico es uno de los primeros compuestos de la fotosíntesis y a partir de aquí se generan los azúcares, proteínas, vitaminas, lípidos, carbohidratos, hormonas que integran la célula y también es importante por que estimula el crecimiento radicular (Kass, 1996).

### **2.13.3. El potasio en la plantas**

El contenido de potasio en las plantas varía de 0.5 a 2.5% de su peso seco; este elemento es muy esencial en muchas de las reacciones y procesos del metabolismo vegetal, está involucrado en la fotosíntesis, la respiración y el aprovechamiento del agua por las plantas; siempre como un ion activador de estos procesos, su presencia está ligada a la resistencia de

los tallos de las plantas, a la sequía y a ciertas enfermedades, estimula el macollamiento, el cuajado de los granos y el almacenamiento de azúcares y almidones (Dominguez, 1997).

## **2.14. Aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos**

### **2.14.1. Fertilizantes minerales**

Se consideran fertilizantes todas aquellas sustancias naturales o sintéticas que se añaden al suelo o a la planta para poner a disposición de éstas sustancias nutritivas necesarias para su desarrollo (Vieira et al., 1999). Según Arzola et al. (1986), la utilización racional de los fertilizantes, consiste en emplear cantidades adecuadas de éstos, ya que en cantidades bajas los rendimientos decrecen y un exceso representa gastos adicionales e incluso peores rendimientos y calidad de la cosecha. En la práctica, los elementos nutritivos reciclables a través de los residuos vegetales y animales pocas veces bastan para compensar lo que se elimina con la cosecha. En consecuencia los fertilizantes minerales desempeñan una función fundamental en el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo en zonas donde se requiere un aumento de la producción.

### **2.14.2. Fertilizantes orgánicos**

Por el contrario, los abonos orgánicos aportan diferentes cantidades de N, P, así como pequeñas cantidades de K y elementos menores en una proporción menor que la aportada por los fertilizantes minerales. Los fertilizantes químicos que se conocen ahora son 20 ó 100 veces más concentrados en los elementos N, P y K que los abonos orgánicos; los nutrientes contenidos en los abonos orgánicos no se liberan de una vez, a veces hay inmovilización de nutrientes, por esta razón se dice que un sistema en equilibrio a partir del tercer año los nutrientes aportados por la materia orgánica estarán disponibles para la planta, este material puede ser usado para incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo y por ende, aumentar la capacidad de retención de agua, incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC); deben verse no solo como portadores de nutrientes, sino como mejoradores de las propiedades físicas del suelo (Vieira et al., 1999).

Por tanto, todos los materiales orgánicos siguen siendo una fuente de vida nueva para los suelos, una fuente de energía y renovación (FAO, 1983). Entre los principales abonos orgánicos se encuentran:

- Estiércol.
- Gallinaza.
- Compost.
- Paja.
- Desechos urbanos como basura, aguas residuales, etc.

#### ◆ **Estiércol**

Es fuente importante de materia orgánica y quizás sea el subproducto agrícola más importante. La influencia que ejerce como mejorador y fertilizante, cada día es más apreciada por los agricultores (Flores, 1983). Tiene aproximadamente menos de 2.5% en macronutrientes.

#### ◆ **Gallinaza**

Se habla de tres materiales diferentes:

- a) La gallinaza o excretas puras de gallinas mantenidas en jaulas.
- b) La gallinaza producto de la mezcla de excreta de gallinas ponedoras con los materiales utilizados como cama en los gallineros.
- c) La pollinaza es la mezcla de la excreta de pollos de engorde con los materiales utilizados en los gallineros. Las concentraciones de nutrientes en estos productos dependen del tipo de cama que se utiliza (materiales). Varía de 2.5 a 3.0% para el nitrógeno (N), menos del 1% para fósforo (P) y de 1.0 a 3.0% para el potasio (K) (Vieira et al., 1999).

#### ◆ Residuos de cultivos

Pueden ser utilizados como fuentes de nutrientes. La cantidad de nutrientes varía en cada material, pudiendo llegar a un 3% de nitrógeno (N) en los residuos de leguminosa. La granza de arroz es pobre en nitrógeno (N), el fósforo (P) se sitúa normalmente alrededor de 0.5% y el potasio (K) entre 0.5 y 2.5%. (Vieira et al., 1999).

#### ◆ Compost

Es un producto obtenido por fermentación controlada de residuos orgánicos mezclados (estiércol, rastrojos, suelo, etc.). Estos materiales pueden ser enriquecidos con fuentes minerales de nutrientes (ceniza, cal, roca fosfórica, urea) para acelerar la descomposición y aumentar las concentraciones de nutrientes en el producto final descompuesto (Vieira et al., 1999).

### **2.15. Factores económicos e institucionales que influyen en el empleo de fertilizantes**

Los sistemas de producción en laderas involucran una serie de limitantes, las que rara vez permiten la expresión del potencial de producción de los cultivos. Estas limitantes pueden superarse con la organización de los productores, para la compra de insumos, ya que la compra en mayores cantidades, reduce los costos de transporte, los costos por unidad y los costos de producción, lo que significa un gran beneficio para la economía del agricultor y de la unidad de producción, los factores que más influyen sobre el uso de fertilizantes son:

- 1) La relación precio entre fertilizante/cultivos a los cuales se aplican, junto con la perspectiva de mercado de esos cultivos (rentabilidad) determina en gran medida, el incentivo para el empleo de fertilizantes.

- 2) El nivel de ingreso del agricultor, la disponibilidad y costo del crédito, determinan si el agricultor puede afrontar el desembolso inicial en fertilizantes.
- 3) La tenencia de la tierra, puede reducir enormemente el incentivo para que los agricultores usen fertilizantes.
- 4) Los suministros y servicios de distribución adecuados que garanticen que esté disponible para los agricultores el tipo correcto de fertilizante en el momento y lugar adecuados. Se debe tomar en cuenta que el uso de otros insumos agrícolas, influye en el rendimiento de los cultivos. La eficiencia de un sistema de producción depende de la absorción del cultivo versus el suministro total de nutrientes.

## **2.16. Restitución de nutrientes**

Para mantener la fertilidad del suelo y lograr mejorar la calidad de los productos, es necesario recordar algunas de las leyes que rigen la fertilización. Estas leyes deben de considerarse al momento de planificar la utilización de prácticas tendientes a mejorar y mantener la fertilidad del suelo (Salmerón & García, 1994).

### **2.16.1. Ley de la restitución**

Según Arzola et al. (1986), hay que conocer el tipo de nutriente y las cantidades que contiene el suelo, así como las cantidades extraídas del nutriente por los cultivos con el objeto de devolver esas mismas cantidades y un poco más. Es indispensable para mantener la fertilidad del suelo restituirle no sólo los elementos sustraídos por las cosechas, los arrastrados por el viento y los lixiviados por la lluvia y el riego, sino también los que desaparecen como consecuencia de las aplicaciones excesivas de otros (Salmerón & García, 1994).

### **2.16.2. Ley del equilibrio entre los nutrientes**

Todo desequilibrio de los elementos minerales asimilables que existen o aparecen en el suelo ya sea a causa de su origen o como consecuencia de las exportaciones por las

cosechas o como respuesta a nuestro aporte de abono o por otra causa cualquiera, debe ser corregido con los aportes necesarios de elementos fertilizantes de manera que se establezca el equilibrio óptimo de los elementos del suelo (Salmerón & García, 1994).

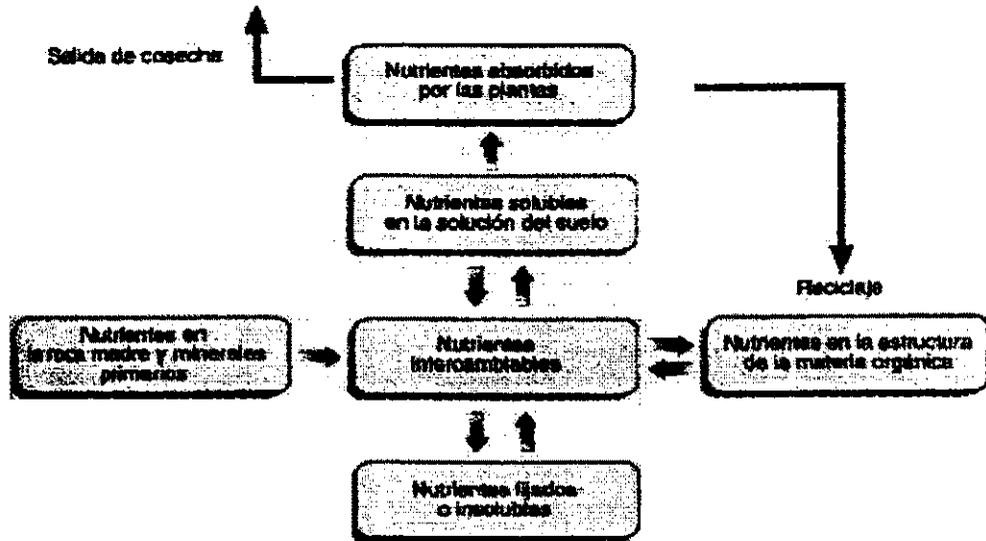


Figura 1, Esquema simplificado de las formas y equilibrios de los nutrientes en el sistema suelo – planta (Vieira et al., 1999).

## 2.17. Manejo de la parcela

El manejo es un factor que la fuerza del hombre puede modificar y que de acuerdo con estas modificaciones le puede crear mejores condiciones de desarrollo al cultivo, tales como preparación del terreno, control de plagas, enfermedades y malezas, labores de cultivo, épocas, tiempo, forma y fraccionamiento de las aplicaciones de fertilizantes (Altieri, 1983).

Las labores agrícolas más comunes practicadas por los agricultores ubicados en zonas de ladera son:

- Socola (roza).
- Quema (en algunos casos).

- Siembra al espeque.
- Limpia mecánica (aporque).
- Cosecha manual.
- Almacenamiento en troja o en silo.
- Ocasionalmente aplican productos químicos (fertilizantes, herbicidas e insecticidas).

### **2.17.1. Labranza cero**

En este sistema de labranza, no existe una roturación completa del prisma de la superficie del suelo, sólo se perturba una estrecha franja donde se deposita la semilla, este tipo de labranza deja la cantidad máxima de residuos cubriendo el suelo (Altieri, 1983).

### **2.17.2. El barbecho**

El período de barbecho lo definen como el descanso que existe entre un ciclo y otro. Durante este período se produce una recuperación de la fertilidad del suelo y una acumulación de nutrientes en la vegetación natural y en la capa superior del suelo, nutrientes que son utilizados luego por las plantas cultivadas durante el período de cultivo. Los agricultores aprovechan la acumulación nutricional de varios años de barbecho, concentrada en la biomasa y la materia orgánica (FAO, 1984).

### **2.17.3. Cultivos de cobertura**

Es el cultivo de plantas herbáceas sembradas con el exclusivo fin de incorporarlas al suelo (Flores, 1983). Se utilizan para prevenir la erosión y restaurar los nutrientes extraídos por los cultivos. Preferiblemente se utilizan plantas leguminosas que fijan nitrógeno (N) en el suelo y que desarrollan abundante follaje que sirve como material orgánico cuando este se descompone (Maldidier & Antillón, 1996).

Según Moreno (1996), la importancia de los cultivos de cobertura radica en que:

- Estimulan de forma inmediata la actividad biológica y mejoran la estructura del suelo.
- Protegen al suelo de la erosión y de la desecación durante el desarrollo vegetativo.

- Aseguran la renovación del humus estable, acelerando su mineralización mediante el aporte de un humus más joven y más activo.
- Limitan el desarrollo de las malas hierbas.

#### **2.17.4. Rotación de cultivos**

Consiste en el establecimiento de una secuencia definida de cultivo, que se repite ciclo tras ciclo sobre una misma parcela (Urbano & Moro, 1992). Sus objetivos principales son de explotar racionalmente el recurso suelo sin deteriorarlo, asegurar una diversificación de la producción en la finca y mejorar la cobertura del suelo con la integración de cultivos densos. La duración de la rotación es variable, existen rotaciones cortas de un año y largas de ocho a diez años; el establecimiento de esta práctica depende de la preferencia del agricultor, de las ventajas económicas que traigan al productor y del ambiente físico.

##### **◆ Ventajas de la rotación de cultivo**

1. Se aprovecha mejor todos los perfiles del suelo, al establecer cultivos con sistemas radicales que alcanzan diferentes profundidades.
2. Se aprovechan mejor todos los minerales del suelo.
3. Evita la propagación de plagas y enfermedades.
4. Ganancia de nitrógeno o de otros elementos al establecer leguminosas.

Los pequeños agricultores mantienen ciclos cerrados de nutrientes, energía, agua y desechos, así muchos agricultores enriquecen sus suelos con la recolección de nutrientes (tales como material orgánico y humus de los bosques) que provienen fuera de sus campos, adoptando sistemas de barbecho o de rotación o incluyendo leguminosas en sus patrones de cultivos intercalados.

#### **2.18. Flujo de nutrientes**

Un ecosistema agrícola difiere de un sistema natural, porque los elementos nutritivos extraídos por las plantas constantemente se están eliminando y exportando. Los elementos

nutritivos que están en los residuos de las cosechas, el estiércol, los desechos del bosque, el abono verde y los desechos domésticos componen un "capital de explotación" que los agricultores pueden trasladar y asignar a algún cultivo específico durante una rotación de cultivos y a una parcela en particular.

Para crear un sistema agrícola perdurable es fundamental que la nutrición de los cultivos y del ganado se satisfaga dentro del propio sistema, es decir, que este sea cerrado. Esto supone evitar la importación de nutrientes y su pérdida hacia el exterior del sistema. Los nutrientes salen de la finca y se venden constantemente en forma de producto. La disponibilidad de los nutrientes está determinada por la proporción en que los nutrientes circulan dentro del sistema y la cantidad de insumos que este recibe (Lampkin, 1998).

### **2.18.1. Balance aparente de nutrientes**

La fertilidad es la forma indirecta de medir la capacidad de producción del suelo y su conservación se ha basado en el balance de nutrientes, que incluye la cantidad presente en el suelo, la cantidad que extraen los cultivos para una producción esperada, la eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas y las cantidades aplicadas de fertilizantes.

Para Wild (1992), la diferencia entre la absorción y exportación de nutrientes por las cosechas, es importante cuando se trata de evaluar las exigencias nutritivas o establecer los balances de elementos nutritivos del suelo. Aunque para poder establecer un verdadero balance es necesario conocer otras salidas, como son el lavado por las aguas de drenaje o las pérdidas en forma gaseosa, y conocer las entradas procedentes de la atmósfera, pues estos requieren una gran precisión para ser medidos. Por esta razón se define como balance aparente de nutrientes, por que no se usan medios para medir todos los flujos de materia existentes en el sistema.

Un requerimiento mínimo para que el suelo en uso sea sostenible es que la fertilidad del suelo no disminuya. Esto implica que las salidas de los nutrientes (exportación de biomasa y cosecha del producto) no deben ser mayores que las entradas (aportes de fertilizantes minerales y orgánicos) (Jansen, 1991; citado por Bejarano & Maldonado, 1999).

Según Vieira et al. (1999), en un área geográfica determinada, el movimiento de los nutrientes dentro de un sistema que involucra los componentes suelo - plantas - animales, se clasifica en:

- **Entradas:** Son un aporte al sistema, es decir, una adición, sumatoria o contribución de nutrientes desde afuera hacia dentro del sistema.
- **Reciclaje dentro del sistema:** Consiste en el retorno de los nutrientes que de alguna manera salieron del sistema o se movieron dentro de él, al sitio del cual fueron retirados. El reciclaje se da a través del aprovechamiento de los residuos de las cosechas, los cuales contienen parte de los nutrientes retirados del suelo.
- **Salidas:** Son las retiradas de nutrientes de un determinado sistema, a través de la extracción por las plantas y posterior consumo o venta de los productos, como a través de las pérdidas de nutrientes por erosión, lixiviación y volatilización (Figura 2.).

Sin embargo como nos muestra la Tabla 1, las entradas y salidas consideradas varían según el nivel y profundidad de la investigación que se realice, además, de la disponibilidad de aparatos de medición.

**Tabla 1, Las entradas y salidas consideradas por Stoorvogel & Smalling (1990).**

Entradas	Salidas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fertilizante mineral</li> <li>■ Estiércol</li> <li>■ Deposición</li> <li>■ Fijación biológica de Nitrógeno</li> <li>■ Sedimentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Residuos de cultivos.</li> <li>● Lixiviación.</li> <li>● Pérdidas por gases.</li> <li>● Erosión.</li> <li>● Productos cosechados.</li> </ul>



### **III. MATERIALES Y METODOS**

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

El presente trabajo se realizó en el municipio de San Ramón departamento de Matagalpa, en dos fincas que se seleccionaron bajo los siguientes criterios:

- ✓ Que fueran representativas al resto de fincas predominantes en la zona de estudio.
- ✓ Anuencia de los productores a facilitar y recolectar información para el estudio.
- ✓ Que no estuvieran intervenidas bajo ningún tipo de manejo especial, si no el típico o tradicional que realiza el productor.

Ambas fincas tienen un área de seis manzanas cada una, y están divididas en seis parcelas, ninguno de los dos productores tiene ganado mayor (bovinos, equinos, caprinos, porcinos, etc.).

La finca de don Catalino Figueroa está ubicada a cuatro kilómetros al sur del municipio de San Ramón, en la comunidad de Guadalupe. Se dedica al cultivo de granos básicos y frutales. La distribución y las áreas de cada parcela se presentan en el Anexo 1.

Los suelos de la finca van desde arcilloso a franco arcillosos. La profundidad varía de 10 a 30 cm; la pendiente oscila entre 5 y 10 %; el drenaje es regular. En esta finca por sus condiciones climáticas las épocas de siembra son primera y postrera. En la parcela 6 existen afloramientos rocosos, lo que crea ciertas limitantes para el desarrollo de los cultivos. Los datos de análisis de suelo se presentan en el Anexo 5.

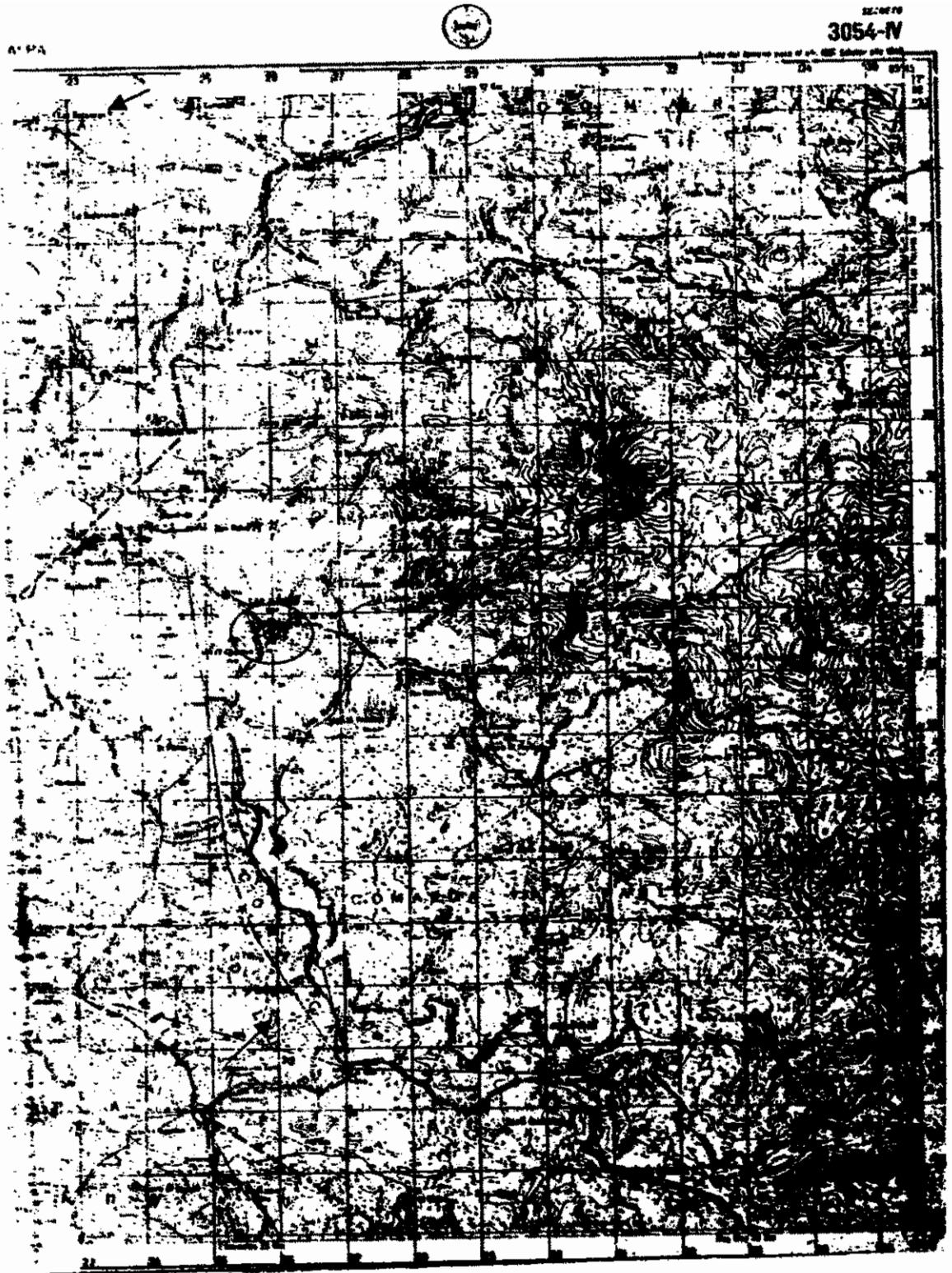
La otra finca en estudio es propiedad de Santiago Ruíz, esta finca se localiza a unos 10 km al norte del municipio, cercana al poblado de La Escalera. Este productor se dedica principalmente al cultivo de café asociado con frutales y musáceas, los cuales le sirven de reguladores de luz y, además, obtiene otros productos de estos; también tiene una pequeña área de granos básicos. La distribución y área de cada parcela se presentan en el Anexo 2.

Los suelos de la finca van desde francos a arcillosos, con profundidades de 10 a 30 cm, la pendiente oscila entre 20 y 50 %, el drenaje es regular. En esta finca por estar ubicada en una zona más alta y presentar un clima más fresco las épocas de siembra son primera, postrera y apante; los datos de análisis de suelo se presentan en el Anexo 6.

En ambas fincas predominan las rotaciones maíz - frijol, la siembra de maíz se realiza generalmente en primera y frijol de postrera, por la presencia de suelos de ladera, el método de siembra utilizado en ambas fincas es al espeque o chuzo. Las principales labores de cultivo que realizan son: limpia, siembra al espeque, aporque, dependiendo del cultivo algunas veces aplican productos químicos (fertilizante, herbicida, insecticida, etc.), cosecha manual y almacenamiento (silos y troja).

En la finca de Catalino Figueroa habitan un total de cinco personas todos adultos y de los cuales solo dos de sus miembros, participan en actividades agrícolas. En la finca de Santiago Ruíz habitan diez personas, todas están involucradas en las actividades agrícolas de la finca. La educación de los jefes de familia está limitada a la primaria (saben leer y escribir).

Ambas comarcas cuentan con centros de salud, agua potable y luz eléctrica. Es evidente que en la finca de Santiago hay mayor gasto en salud por la cantidad de niños que son más susceptibles a enfermedades como tos, diarrea, fiebres, etc. Por el buen estado de los caminos, se puede viajar todo el año a ambas fincas ya que están ubicadas a la orilla de la carretera.



**Figura 3, Mapa de ubicación de los sitios de estudio, La Escalera y Guadalupe, San Ramón, Matagalpa.**

## 3.2. Características edafoclimáticas del municipio de San Ramón

### 3.2.1. Clima

Este municipio presenta un clima tropical y un periodo de lluvia mayor de siete meses, empieza en mayo y termina en Noviembre - Diciembre, a veces se prolonga hasta febrero y el período seco es de enero a abril, las precipitaciones anuales son de 1000 - 2500 mm. Los meses de mayor intensidad de lluvia son septiembre y octubre. La humedad relativa en el período lluvioso es mayor de 80 %. La temperatura máxima en las partes más bajas durante los meses de marzo a mayo oscila alrededor de los 35 °C, y la temperatura mínima en las partes más altas durante los meses de noviembre - febrero es de 16 °C.

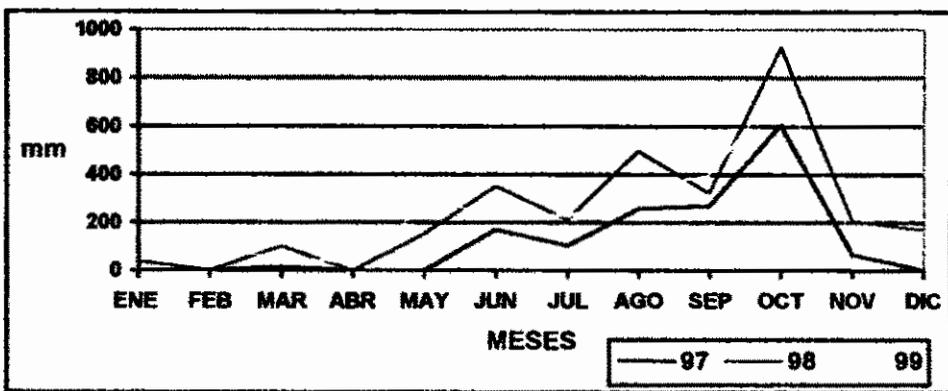


Gráfico 1. Precipitación caída durante los tres años, estación meteorológica San Ramón.

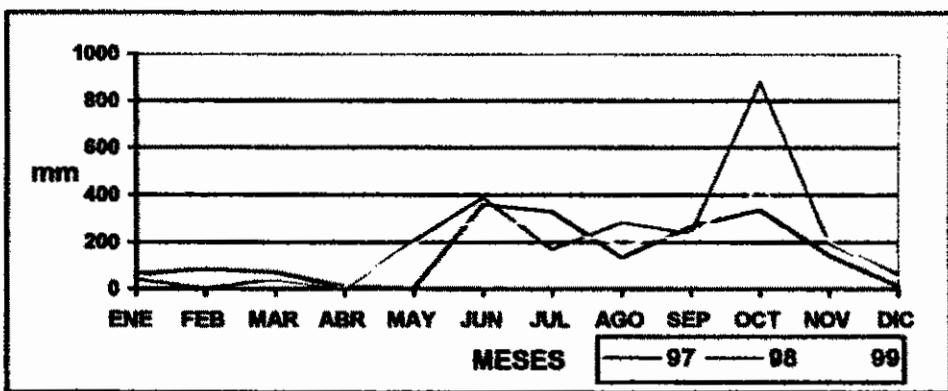


Gráfico 2. Precipitación caída durante los tres años, estación pluviométrica hacienda San Francisco (La Escalera).

### **3.2.2 Hidrografía**

San Ramón cuenta con importantes redes hidrográficas, constituidas por 12 ríos y aproximadamente 78 quebradas. En la zona norte nacen y se localizan la mayor parte de estos; en la parte sur es donde hay menos fuentes de agua y por ende se presentan mayores limitaciones de acceso y consumo doméstico, animal y para los cultivos.

### **3.2.3. Geología**

La zona de Matagalpa es abarcada por la región geológica del vulcanismo terciario (Formación Matagalpa), con predominio de rocas basálticas y andesíticas (serranías del centro de Nicaragua) y con predominio de mantos de ignimbritas (mesetas del centro de Nicaragua).

### **3.2.4. Suelos**

Los suelos en San Ramón se caracterizan por tener una textura franco arcillosa, franco limoso y arcillo-limoso; estos van de color rojizo claro a oscuro dependiendo del grado de oxidación del hierro y su contenido de materia orgánica. Los tipos de suelo predominantes son los Alfisoles y Mollisoles.

La superficie agropecuaria de San Ramón es de 30,811 manzanas de las cuales el 58 % es utilizada en cultivos anuales, perennes y semiperennes, el 26 % está cubierta de pastos y 16 % de bosque.

### **3.2.5. Topografía**

La topografía de la zona es accidentada con pendientes que van desde 5 % en las partes más bajas hasta 50% en las partes más altas. La altitud de la zona es de 700 -750 metros sobre el nivel del mar.

### 3.3. Proceso metodológico

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un balance aparente de nutrientes a nivel de parcela cultivada y finca. Este método prevee una serie de fases y mediciones que se hacen sobre los cultivos para así obtener la información pertinente de cada una de las actividades (rotaciones) que se realizan en cada una de las parcelas y a nivel de la finca.

Para la recolección de información nos apoyamos en las libretas de campo llenadas por los productores con ayuda del técnico del INTA que los atiende, principalmente para el año 1997 y 1998. Para el período siguiente (1999) se hicieron visitas semanales a cada una de las fincas donde se levantó información en el sitio acerca de:

- 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.

Este trabajo se inició con la recolección de muestras de suelo en cada una de las parcelas (entiéndase por parcela, la forma en que cada productor tiene dividida su finca, y no como una parcela experimental) y luego enviadas al laboratorio para su respectivo análisis (pH, % de M.O, N, P, K, textura), la metodología utilizada por el laboratorio se muestra en la Tabla 2, estas muestras se tomaron a 25cm de profundidad utilizando un barreno, balde, bolsas plásticas, etiquetas. Ver resultados de análisis de suelo para cada finca en Anexos 5 y 6.

**Tabla 2.** Metodologías utilizadas para los análisis de suelo realizados.

Tipo de Análisis	Metodología Utilizada	Año	Autor
Reacción del suelo (pH).	pH en agua, método potenciométrico (relación 1:2.5).		
Materia Orgánica (M. O).	Combustión húmeda	1947	Walkey y Black.
Nitrógeno	Olsen modificado	1978	Díaz - Romeu y Huner
Fósforo	Olsen modificado	1978	Díaz - Romeu y Huner
Potasio	Olsen modificado	1978	Díaz - Romeu y Huner
Textura	Hidrómetro de bouyoucos		

Posteriormente se procedió a levantar muestras de plantas tomando en cuenta todos los cultivos establecidos en cada una de las fincas, cuando estos estaban en su etapa de madurez, las mediciones se hicieron en marcos de  $1\text{m}^2$  ubicados al azar en cada una de las parcela. Se procedió a contar el número de plantas por  $\text{m}^2$ , se separó cada una de sus partes (raíz, tallos, hojas y frutos). Posteriormente estas muestras se secaron a  $105\text{ }^\circ\text{C}$ , se molieron para ser sometidas a los análisis de concentración de N, P, K. Para la realización de esta fase se utilizaron: Marco de madera de  $1\text{m}^2$ , bolsas de papel, etiquetas, machete, molino, horno. Ver resultados de análisis de plantas en Anexos 3 y 4.

Se considera como biomasa exportada todo lo 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. También se debe evaluar la biomasa incorporada para lo cual se debe medir la cantidad de nutrientes que son incorporados (por la biomasa) a una determinada parcela proveniente de otra.

### **3.3.1 Modelo general del balance aparente de nutrientes**

Se deberá hacer de acuerdo a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas del sitio específico para obtener el resultado del estado nutritivo del suelo para los cultivos.

En las fincas en estudio el modelo a utilizar analiza 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 de plantas ya que no contamos 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).

**Tabla 3.** Entradas y salidas que se tomarán 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 (kg/mz)	◆ Cosecha del producto (kg/mz)
◆ Aporte de material orgánico (kg/mz)	◆ Residuos de cosecha (kg/mz)
	◆ Pérdidas por quema (kg/mz)
<b><u>BALANCE</u> = <u>ENTRADAS (E)</u> - <u>SALIDAS (S)</u></b>	

◆ **Entradas o aporte de nutrientes (E)**

Como se muestra en la Tabla 3, las entradas a considerar están referidas a la incorporación de fertilizantes minerales u orgánicos al suelo. Las cantidades de nutrientes incorporadas al sistema son calculadas a partir de los contenidos de estos en las diferentes formas de presentación del producto, el valor obtenido se presentará en kg / mz de N, P, K.

Si el productor aplica 1 qq / mz de 12-30-10, estaría aplicando:

5.45 kg/ mz de N.

13.63 kg/ mz de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

4.54 kg/ mz de K<sub>2</sub>O.

Los factores de conversión a utilizar para transformar el pentóxido de fósforo a fósforo puro es (0.44), para transformar el óxido de potasio a potasio puro es (0.83).

13.63 kg/ mz de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> X 0.44 = 5.99 kg/ mz de P

4.54 kg/ mz de K<sub>2</sub>O. X 0.83 = 3.76 kg/ mz

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

#### ◆ Salidas o exportación de nutrientes (S)

Con la salida del producto y de los residuos de cosecha, se exportan los nutrientes que la planta utilizó en su formación; el manejo que los productores le dan a la biomasa es incierto, en algunos casos los rastrojos pueden ser extraídos de la parcela, quemados, incorporados a otras parcelas, perdiéndose de esta manera materia orgánica que se podría incorporar al suelo para incrementar el contenido de nutrientes, el método propone obtener el contenido de nutrientes N, P, K, sacados 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 saca el olote (raquíz), este se lleva consigo la siguiente cantidad de nutrientes:

Densidad de siembra = 147546 plantas / mz = 21 plantas / m<sup>2</sup>.

Peso promedio del olote = 2.54 gramos.

Concentración en el olote = 0.29 % de N, 0.06% de P, 0.65 % de K.

Rendimiento = Densidad de siembra del cultivo x Peso promedio del olote

Rendimiento = 147546 ptas./mz x 2.54 g = 374766.84 g / mz = 374.76 kg/ mz

La salida de nutrientes por el olote será igual a:

S = Rendimiento (kg/ mz) x Concentración en el olote (% de N, P, K) / 100

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

1.08 kg/ mz de N.

0.22 kg/ mz de P.

2.43 kg/ mz de K.

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:

Densidad de siembra = 147546 plantas / mz = 21 plantas / m<sup>2</sup>.

Peso seco de la biomasa producida (raíz, hojas, tallo)/ planta = 21.3 gramos.

Concentración de N en la biomasa = 4.03 %.(según tabla de análisis, Anexo)

Rendimiento = Densidad de siembra x Peso seco de la biomasa producida / planta

Rendimiento = 147546 plantas /mz x 21.3 g /planta = 3142.8 kg/ mz.

S = Rendimiento (kg/ mz) x Concentración de N en la biomasa (%) / 100

S = 3142.8 kg/ mz x 4.03 % / 100 = 126.65 kg/ mz de N.

La información se ordenó de manera que esta sea de fácil manejo y que permita ver de forma clara los balances aparentes de nutrientes de cada parcela y por finca, durante los tres años que duró el estudio. Los resultados se presentan en forma de cuadros 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.

Los supuestos de este trabajo son:

1. La producción agrícola se incrementa a través de las mejoras en los sistemas de explotación y manejo de las parcelas.
2. El manejo y las prácticas que el productor realiza en sus parcelas son determinantes en el estado de la fertilidad del suelo.
3. Con un buen manejo de la biomasa producida por los cultivos se obtendrán mejores balances de N, P y K.
4. El conocimiento que se pueda tener de los balances minerales de las parcelas, permite un mejor manejo (del capital fertilidad de las parcelas).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

En términos generales solamente se abordan los aspectos relacionados a las extracciones de nutrientes tanto por cosecha y la biomasa producida por el cultivo (cuando ha sido exportada de la parcela donde estaba establecido el cultivo), o bien por la quema. Los ingresos de nutrientes al sistema que se contabilizan son aplicaciones de fertilizante mineral y los incorporados por la biomasa importada, pues se parte del hecho de que la biomasa producida y que queda en la misma parcela, se recicla dentro del sistema y no constituye una salida, ocurriendo una removilización de nutrientes hacia el horizonte más superficial.

También es importante señalar, que en la discusión de los balances, se presentan tablas con información consolidada, pero en el acápite de anexos, se dispone de toda la información detallada por parcela y año tanto para cosecha como para biomasa.

### **4.1. Finca de Catalino Figueroa**

#### **4.1.1. Entradas al sistema**

En la Tabla 4, se presentan las rotaciones y entradas en las parcelas de la finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), para los tres años. Se presentan las entradas de nitrógeno, fósforo y potasio, en kg/ mz. La tabla muestra que cuando aun en parcelas distintas se establece la misma rotación (maiz - frijol, por ejemplo), estas no reciben las mismas dosis de fertilizante. En esta finca el productor, no tiene establecida ninguna estrategia definida para la recuperación de la fertilidad de sus parcelas, su práctica está orientada a dejar los restos de las cosechas sobre el suelo (en algunos casos).

La aplicación de fertilizante es diferente para cada año, lo que está influenciado por la situación económica del productor (pequeño productor). Esto lo obliga a invertir poco en insumos debido al alto costo de estos. Por esta razón aplica dosis de fertilizante de acuerdo a su capacidad económica, sobre todo para los cultivos cuya producción servirá de alimento

para la familia (granos básicos). También el número de miembros de la familia reduce el uso de fertilizantes, debido a gastos de salud y educación.

Es evidente observar que el año que recibió mayor aporte de nitrógeno fue 1998, con un valor de 154.44 kg/mz. Para los otros dos años, las entradas de nitrógeno fueron 110.85 kg/mz y 132.56 kg / mz, respectivamente.

En cambio, las entradas de fósforo se mantuvieron similares durante los tres años con valores alrededor de los 30 kg / mz de P. Estas cantidades aplicadas son consideradas como bajas, tomando en cuenta los bajos contenidos de este elemento en los suelos de la finca y las grandes cantidades requeridas por el frijol.

El año que recibió mayor aporte de potasio fue 1999 con un aporte de 39.03 kg /mz, en cambio las aplicaciones de potasio para 1997 y 1998 fueron mas bajas, con valores de 18.92 y 23.43 kg/ mz de K, respectivamente; las entradas de K fueron en aumento con el transcurso de los años, esto es debido a que solamente fertiliza las parcelas donde siembra maíz y por último en 1999 además de maíz, estableció tomate que también fue fertilizado.

La parcela que recibe mayores entradas de nutrientes vía biomasa (producida por las demás parcelas), es la parcela 6 (Foto 1), que es donde se incorpora el olote, por su cercanía a la vivienda (ahí se desgrana el maíz). En el caso de frijol, el destino de la biomasa es variable, por ejemplo en algunos casos es dejada en la misma parcela y en otros simplemente es amontonada a la orilla del cerco, lo que constituye una salida para la parcela de origen de la biomasa; pero no simboliza ningún tipo de entrada para alguna parcela. Ver detalles del manejo de la biomasa para cada año en los Anexos 7, 8 y 9.



**Foto 1.** Vista de la parcela 6 con rastrojos de Maíz (Primera 98), finca de Catalino Figueroa, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa.

**Tabla 4. Entradas de nutrientes al sistema / Rotación / Años (97, 98, 99) /Biomasa + Cosecha, finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón Matagalpa.**

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	ENTRADAS (kg./mz)			
				N	P	K	
97	1	Permanente	Naranja	0	0	0	
		Primera	Maíz	52.7	12.01	7.55	
	2	Primera	Frijol	5.45	6.01	3.82	
		Postrera	Frijol	0	0	0	
	3	Primera	Maíz	52.7	12.01	7.55	
		Postrera	Frijol	0	0	0	
	SUB TOTAL				110.85	30.03	18.92
	98	1	Primera	Maíz	33.92	7.99	5.02
Postrera			Frijol	0	0	0	
Permanente			Naranja	0	0	0	
2		Primera	Frijol	1	0	0	
		Postrera	Sorgo	0	0	0	
3		Primera	Frijol	0	0	0	
		Primera	Maíz	35.14	7.99	5.02	
		Postrera	Frijol	0	0	0	
4		Primera	Maíz	50.91	12	7.54	
		Postrera	Frijol	1	0	0	
6		Primera	Maíz	7.93	1.58	5.84	
		Postrera	Frijol	0	0	0	
	Permanente	Pitahaya	24.54	0	0		
SUB TOTAL				154.44	29.56	23.43	
99	1	Permanente	Naranja	0	0	0	
	2	Primera	Maíz	5.45	6	4.52	
		Postrera	Sorgo	0	0	0	
	3	Primera	Maíz	4.54	6.00	3.77	
	4	Postrera	Tomate	54.53	6.00	11.31	
	5	Postrera	Maíz	5.45	7.20	4.52	
	6	Permanente	Pitahaya	27.15	0.54	5.91	
		Primera	Tomate	35.44	4.80	9.05	
	SUB TOTAL				132.56	30.53	39.09
	TOTAL				397.85	90.12	81.44

#### 4.1.2. Salidas del Sistema

Tabla 5. Salidas de nutrientes del sistema / Rotación / Años (97, 98, 99) /Biomasa + Cosecha, finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	SALIDAS (kg/ ha)		
				N	P	K
97	1	Permanente	Naranja	4.46	1.3	1.52
		Primera	Maíz	31.35	11.23	8.11
	2	Primera	Frijol	51.84	32	197.48
		Postrera	Frijol	23.48	7.49	18
	3	Primera	Maíz	21.19	7.54	6.06
	4	Postrera	Frijol	43.04	29.19	190.73
SUB TOTAL				175.36	88.75	421.9
98	1	Primera	Maíz	27.96	10.00	7.42
		Postrera	Frijol	45.97	30.08	192.98
		Permanente	Naranja	14.46	4.23	4.90
	2	Primera	Frijol	46.96	14.97	36.00
		Postrera	Sorgo	130.60	8.81	5.25
	3	Primera	Frijol	17.61	5.62	13.50
		Primera	Maíz	307.27	9.04	6.87
		Postrera	Frijol	57.73	33.88	201.98
	4	Primera	Maíz	21.19	7.54	6.06
		Postrera	Frijol	51.84	32.00	197.48
	6	Primera	Maíz	18.96	6.90	3.81
		Postrera	Frijol	48.91	31.06	195.23
Permanente		Pithava	3.79	5.06	1.29	
SUB TOTAL				793.25	199.19	872.77
99	1	Permanente	Naranja	28.92	8.46	9.87
	2	Primera	Maíz	27.96	9.99	7.42
		Postrera	Sorgo	130.09	7.15	4.38
	3	Primera	Maíz	23.42	8.35	6.56
	4	Postrera	Tomate	0.40	0.08	0.80
	5	Postrera	Maíz	0.87	0.18	1.97
	6	Permanente	Pithava	3.53	4.7	1.22
		Primera	Tomate	0.93	0.20	1.85
SUB TOTAL				216.12	39.11	34.07
TOTAL				1184.73	327.05	1328.74

Como se puede observar en la Tabla 5, existen grandes salidas de N, P, K, causadas por las cosechas. Se sabe que a mayores rendimientos habrá mayor exportación de nutrientes vía cosecha. Otra causa importante es la quema de toda la biomasa del cultivo, principalmente en las parcelas 2 y 3; con esta práctica las salidas de nutrientes (nitrógeno) son mucho mayores que las salidas por cosecha más algunas partes de la planta.

Para 1998, aunque fue el año en que más nitrógeno se aplicó, las salidas de este elemento fueron 3 veces superiores que los otros dos años, con un valor de 793.25 kg/mz de N, esto es debido al incremento de las rotaciones, quema en las parcelas 2 y 3, por las altas extracciones de nutrientes por la cosecha y la biomasa (principalmente de frijol). En el caso del fósforo, las salidas de este elemento fueron el doble que el año 97, 199.19 kg/mz de P, ya que se incluyó en todas las rotaciones frijol que extrae mucho fósforo. Las salidas de potasio se duplicaron en 1998 (872.77 kg/mz de K), en comparación con 97 (421.9 kg/mz de K); sin embargo, hubo reducción en las salidas de potasio para 1999, debido a que el productor no incluyó frijol en ninguna rotación, dejó todos los residuos de cosecha en la parcela de origen, a excepción del sorgo que siempre quema los residuos, también el número de rotaciones no fue muy grande para ese año.

#### **4.1.3. Balance aparente**

Las salidas de nutrientes por las cosechas, quema de los rastrojos, la baja adición de fertilizantes, influyen mucho en los balances de nutrientes de las parcelas. Todos estos factores sumados a la deficiencia de agua producto de las bajas precipitaciones y las pobres condiciones de los suelos, como se verifica en la tabla de análisis de suelo de las parcelas (Anexo 5) (P y K muy bajos), arrojan como producto balances muy por debajo de los valores de equilibrio.

En la Tabla 6, se presenta el balance aparente de nutrientes durante los tres años que comprendió el estudio. Si hablamos del año 1997, las parcelas que más afectaron el balance negativo para este año fueron, la parcela 2 y 4, debido a que en estas parcelas el productor siembra frijol sin aplicar fertilizantes y saca los rastrojos fuera de la parcela.

En el año 1998, se obtuvo el balance negativo más bajo, con valores de -638.81 kg/mz de N, -169.63 kg/mz de P, -849.34 kg/mz de K. En ese mismo año la parcela 5 permaneció en descanso; el resto de parcelas tuvieron mucha influencia en los valores negativos, debido a la quema de rastrojos en dos parcelas (2 - Sorgo y 3 - Maiz), a rotaciones fuertes, bajas dosis de fertilizantes minerales (maiz) o falta de aplicación de estos (frijol), además, el maíz es un cultivo muy exigente en cuanto a nutrientes y gran parte de estos salen con la exportación de la biomasa (tuza y olote), sucede lo mismo con el frijol que por la forma de cosecharlo es difícil que los nutrientes llevados por la biomasa puedan regresar a la parcela.



**Foto 2.** Vista de la parcela 2 con rastrojos de Sorgo (Postrera 98), finca de Catalino Figueroa, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa.

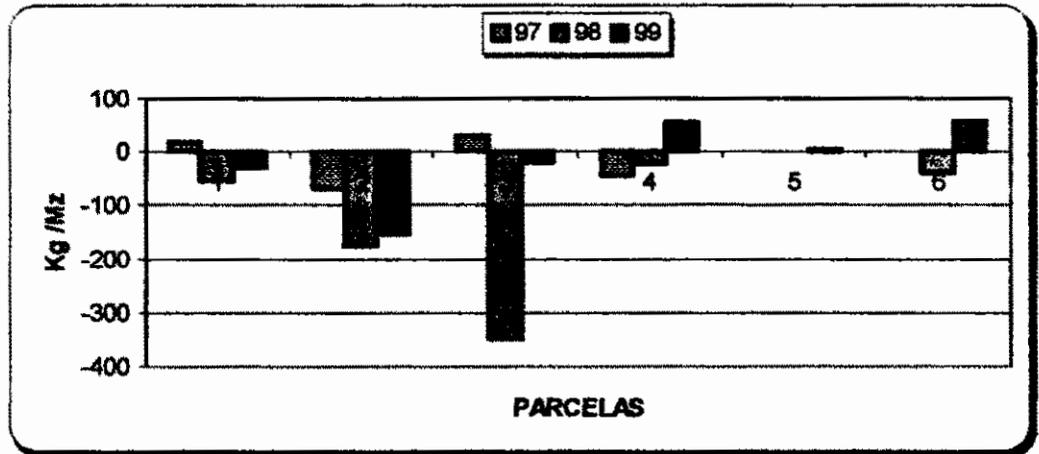
Para 1999, se puede decir que únicamente con respecto al nitrógeno hubo problemas de balance, siendo esto mayormente influenciado por la quema de los rastrojos del sorgo (postrera), establecido en la parcela 2. Es evidente observar que en 1999, se reducen considerablemente los valores del balance, como es el caso del fósforo y potasio que se encuentran cercanos al equilibrio, lo que indica que el productor ha mejorado sus prácticas de manejo en las parcelas, sobre todo por el número de rotaciones que fue menor respecto a los otros años y además no sembró frijol este año.

**Tabla 6. Balance aparente por rotación /Años (97, 98, 99) /Biomasa + Cosecha, finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagaipa.**

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	Balance aparente (E - S) (kg/mz)		
				N	P	K
97	1	Permanente	Naranja	-4.46	-1.3	-1.52
		Primera	Maíz	21.35	0.78	-0.55
	2	Primera	Frijol	-46.39	-25.99	-193.66
		Postrera	Frijol	-23.48	-7.49	-18
	3	Primera	Maíz	31.51	4.47	1.49
		Postrera	Frijol	-43.04	-29.19	-190.73
	SUB TOTAL				-64.51	-58.72
98	1	Primera	Maíz	5.96	-2.01	-2.39
		Postrera	Frijol	-45.97	-30.08	-192.98
		Permanente	Naranja	-14.46	-4.23	-4.9
	2	Primera	Frijol	-45.96	-14.97	-36
		Postrera	Sorgo	-130.6	-8.81	-5.25
	3	Primera	Frijol	-17.61	-5.62	-13.5
		Primera	Maíz	-272.13	-1.04	-1.85
		Postrera	Frijol	-57.73	-33.88	-201.98
	4	Primera	Maíz	29.72	4.46	1.48
		Postrera	Frijol	-50.84	-32	-197.48
	6	Primera	Maíz	-11.03	-5.32	2.03
		Postrera	Frijol	-48.91	-31.06	-195.23
		Permanente	Pithaya	20.75	-5.06	-1.29
SUB TOTAL				-638.81	-169.63	-849.34
99	1	Permanente	Naranja	-28.92	-8.46	-9.87
	2	Primera	Maíz	-22.51	-3.99	-2.89
		Postrera	Sorgo	-130.09	-7.15	-4.38
	3	Primera	Maíz	-18.88	-2.35	-2.79
	4	Postrera	Tomate	54.13	5.91	10.51
	5	Postrera	Maíz	4.58	7.01	2.55
	6	Permanente	Pithaya	23.62	-4.16	4.69
		Primera	Tomate	34.51	4.59	7.19
	SUB TOTAL				-83.56	-8.58
TOTAL				-786.88	-236.93	-1247.30

## 4.2. Balances aparentes por elemento finca de Catalino Figueroa

### 5.2.1. Balance aparente de nitrógeno



**Gráfico 3.** Comportamiento del balance aparente de nitrógeno / parcela / Años (97, 98, 99). Finca de Catalino Figueroa, San Ramón Matagalpa.

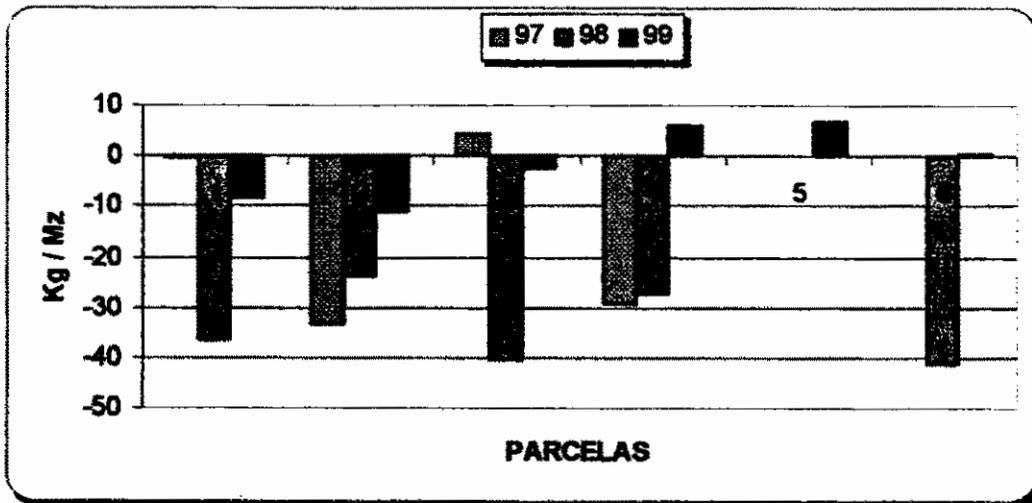
En el año 97 únicamente las parcelas 2 y 4, tienen balances negativos debido a que sólo se sembró frijol en ellas. Para 1998 todas las parcelas tienen balances negativos, excepto la parcela 5 que permaneció en descanso, y se ven más atenuados en las parcelas 2 y 3 donde se quemaron los rastrojos. También para 1999, la parcela 2 tiene el balance más bajo, por que quemó los rastrojos de sorgo.

La deficiencia más marcada de nitrógeno durante los tres años que duró el estudio ocurrió en las parcelas 2 y 3, ya que en estas parcelas generalmente siembra gramíneas (maíz- sorgo), cultivos que por sus necesidades fisiológicas demandan grandes cantidades de este elemento. Otra causa del déficit de nitrógeno en las parcelas es que el productor quema los residuos de la cosecha, con lo cual se pierden grandes cantidades de N por volatilización, aproximadamente 126.65 kg/mz de N, además se pierden grandes cantidades de carbono orgánico principal constituyente de la materia orgánica del suelo así como pérdida de la fauna microbiana del suelo.

Las aplicaciones de fertilizantes minerales en la parcela 2 son bajas (maíz) y en algunos casos nulas (sorgo). Por la ubicación de la parcela y por estar rodeada de árboles podemos

decir que hay poco arrastre de las cenizas por el viento. Con lo cual los contenidos de fósforo y potasio contenidos en la ceniza quedan en la parcela.

#### 4.2.2. Balance aparente de fósforo



**Gráfico 4.** Comportamiento del balance aparente de fósforo / parcela / Años (97, 98, 99). Finca de Catalino Figueroa, San Ramón, Matagalpa.

Podemos observar en el gráfico que el comportamiento del fósforo es muy variado, ya que este elemento es el que presenta menor déficit en comparación con los elementos (nitrógeno - potasio) en los tres años que duró el estudio.

Para el año 1997 se puede ver que el balance negativo se presenta únicamente en las parcelas 2 y 4, que es donde se estableció frijol que no fue fertilizado, las parcelas donde hay maíz, se mantienen alrededor del equilibrio ya que las salidas son más o menos bien compensadas por las aplicaciones de fertilizantes.

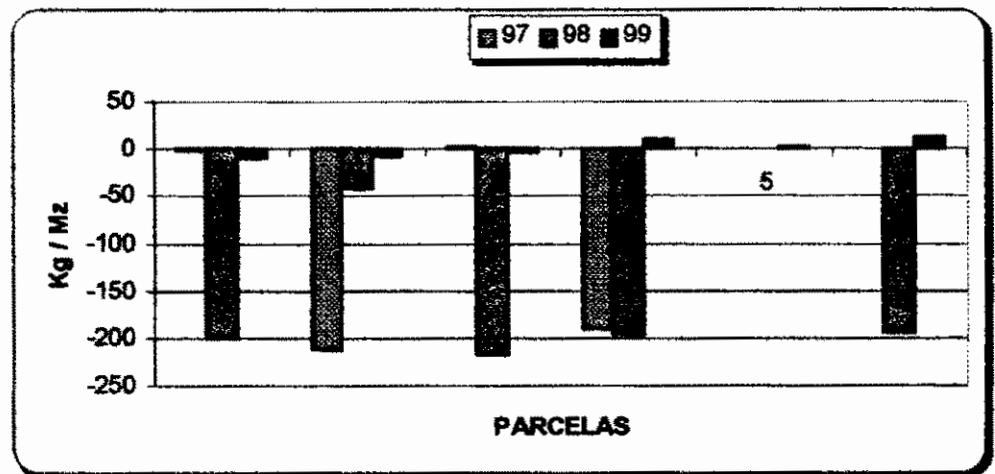
En 1998 todas las parcelas que se explotaron mostraron balances negativos, por lo que de todas las rotaciones para cada parcela solo el maíz es fertilizado y a pesar de que se incluyó frijol en todas las rotaciones, no tiene aportes de ningún elemento por lo tanto, siempre el balance para este cultivo es negativo; por tal razón este año presentó el balance más bajo de fósforo a nivel de finca.

Hablando de 1999, en las parcelas (4, 5 y 6), los balances de fósforo fueron positivos ya que el productor no incluyó frijol en las rotaciones, el cual demanda altas cantidades de dicho elemento. En las otras parcelas aunque no se haya sembrado frijol siempre existe un balance negativo (no muy bajo) ocasionado por las bajas dosis de aplicación.

Podemos decir de forma general para los tres años, que las parcelas donde se establecen granos básicos y trabajadas intensivamente (1, 2, 3), son las que presentan los balances más bajos de fósforo por la exportación continua de nutrientes (salida por cosechas, salida por biomasa etc.)

#### 4.2.3. Balance aparente de potasio

Se observa claramente que los balances de potasio en la finca de Catalino Figueroa, para el año 98 son los más bajos, seguido por el año 97 y por ultimo 1999, que tiene un balance positivo. Notamos que en las parcelas donde se establecen cultivos anuales, existen los mayores déficit de potasio, y que cuando se trata de frijol las salidas de K son muy grandes (alrededor de 190 kg/mz) y no se compensan con las bajas aplicaciones o nulas aplicaciones de este elemento.



**Gráfico 5.** Comportamiento del balance aparente de potasio / parcela / Años (97, 98, 99). Finca de Catalino Figueroa, San Ramón, Matagalpa.

Para el año 97 se observa que las parcelas 2 y 4, tuvieron balances negativos, con valores por debajo de -190 kg /mz de K, debido a que el cultivo de frijol demanda mucho este elemento y no existen entradas para este cultivo, también sale toda la biomasa; sucede todo lo contrario con las demás parcelas donde sembró maíz fertilizado y donde solamente sale el grano y el olote.

Para el año 98 todas las parcelas excepto la 5 (descanso), tuvieron balances negativos bajos, por tal razón este año fue el peor respecto a los otros, siendo la parcela 3 la que estuvo más baja, debido a que se incluyó frijol en dos épocas, además, se obtuvieron mayores rendimientos en comparación con los otros años y salió toda la biomasa producida, como se puede ver en el Anexo 8.

Para 1999 de forma general se puede decir que los balances no estuvieron tan desequilibrados debido a que no estableció frijol en ninguna parcela, los residuos se reciclaron dentro de las parcelas, se aumentaron las dosis de fertilizantes y con menos épocas de explotación para cada parcela.

### **4.3. Finca de Santiago Ruiz**

Esta finca se ubica en la comunidad La Escalera. Por su parte Santiago Ruíz ha realizado obras de conservación de suelo, no quema en ninguna de sus parcelas y ha utilizado como fuente de nutrientes los rastrojos, abonos verdes y las hojas producidas por los árboles que utiliza como sombra en la plantación de café, lo anterior le da el privilegio de tener mejores rendimientos que Catalino, tanto en maíz como en frijol, principalmente en apante debido a la buena distribución de las lluvias que favorece el buen desarrollo de los cultivos. Los detalles de las rotaciones y rendimientos para cada año se pueden ver en los Anexos 10, 11 y 12.

#### **4.3.1. Entradas al sistema**

Como podemos observar en la tabla siguiente (Tabla 7), las entradas de fertilizantes minerales y biomasa a las parcelas, ha ido en aumento con el transcurso del tiempo, a excepción del potasio que para el año 99 la aplicación de este elemento disminuyó un poco, las bajas aplicaciones de potasio se deben principalmente a que este productor utiliza urea 46% para el maíz y la fórmula 18 - 46 - 0 para el café, los cuales no son portadores de este elemento. Además estos suelos son bajos en potasio, por lo que es indispensable aplicar fórmulas que sean portadoras de este elemento.

La tendencia del aumento en las aplicaciones de nitrógeno y fósforo puede estar influenciado por el buen manejo que el productor le da a la biomasa, lo cual ha aumentado los rendimientos de los cultivos (frijol, maíz, café); lo anterior favorece, que el productor perciba más ingresos de la finca, por lo tanto él puede destinar mayor cantidad de sus ganancias a la compra de insumos (fertilizantes).

Este productor también recibe crédito para compra de fertilizantes para el cultivo de café, de tal manera que las parcelas donde establece granos básicos reciben fertilizante solamente cuando el productor decide aplicar menores dosis de fertilizante al café; también aplica la pulpa (en la parcela 5) del café que se cosecha. Una panorámica de la parcela 6 se presenta en la Foto 3.



**Foto 3.** Vista de la parcela 6 con café, ciclo 99 - 2000, finca de Santiago Ruiz, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa.

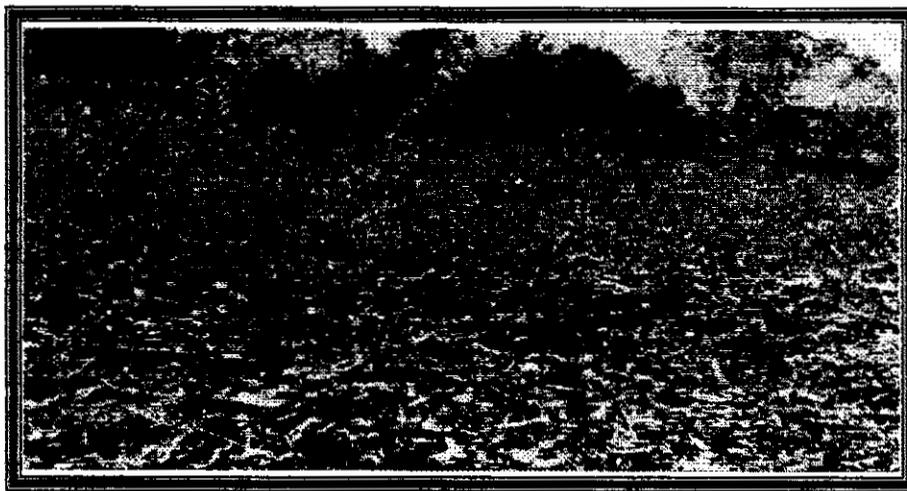
También se observa que este productor aplica mayores dosis de fertilizante a su finca, en el caso del nitrógeno aplica casi el doble que Catalino Figueroa, en caso del fósforo aplica aproximadamente cuatro veces más del que aplica Catalino, en el caso del potasio ambos productores aplican casi las mismas cantidades, las que son consideradas como bajas, debido al relativo bajo contenido de este elemento en los suelos de la finca y a la gran demanda de los cultivos, probablemente se obtendrán balances negativos.

**Tabla 7. Entradas de nutrientes al sistema / Rotación / Años (97, 98, 99), finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa.**

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	ENTRADAS (kg/mz)		
				N	P	K
97	1	Permanente	Café	16.13	18.40	0
		Permanente	Guineo	0	0	0
	2	Primera	Maíz	27.8	0	0
		Postrera	Frijol	0	0	0
	3	Primera	Maíz	13.00	14.39	9.05
		Apante	Frijol	16.40	18.44	11.29
	4	Permanente	Café	10.90	12.01	7.55
	5	Permanente	Café y Guineo	0	0	0
SUB TOTAL				84.23	63.23	27.89
98	1	Permanente	Café y guineo	40.9	46.00	0
	2	Primera	Maíz	54.54	0	0
		Apante	Frijol	10.91	12.00	7.54
	3	Primera	Maíz	54.54	0	0
		Primera	Frijol	0	0	0
		Apante	Frijol	10.91	12.00	7.54
	5	Permanente	Café y guineo	41.14	48.87	22.81
	6	Primera	Yuca y café	0	0	0
SUB TOTAL				212.94	118.87	37.90
99	1	Permanente	Café y guineo	64.45	73.6	0
	2	Primera	Maíz	54.54	0	0
		Postrera	Frijol	0	0	0
		Apante	Frijol	0	0	0
	3	Primera	Maíz	33.45	0	0
		Apante	Frijol	0	0	0
	4	Primera	Yuca y café	0	0	0
	5	Permanente	Café y guineo	58.03	67.07	21.15
6	Permanente	Café	32.73	36.80	0	
SUB TOTAL				244.20	177.47	21.15
TOTAL				541.37	359.57	86.94

#### 4.3.2. Salidas del sistema

Al analizar la Tabla 8, se puede ver claramente que las mayores exportaciones se dieron en los años 1998 y 1999 con valores similares; las grandes salidas de nutrientes en el sistema fueron causadas por las parcelas 6 y 4 sembradas con yuca, seguidas por las parcelas 2 y 3 (Foto 4), sembradas con rotaciones de granos básicos, lo cual demuestra que las parcelas bajo cultivos anuales y explotadas intensivamente son sometidas a pérdidas continuas de nutrientes, ya sea por fruto cosechado o por extracción de biomasa; aunque las salidas de nutrientes en la finca de Santiago son grandes, estas son mucho menores (caso de N y K) que en la finca de Catalino Figueroa, esto se debe a que Santiago Ruíz tiene mejor definidas las rotaciones en sus parcelas, no quema en ninguna de sus parcelas, tiene obras de conservación de suelos.



**Foto 4.** Vista de la parcela 3 con frijol (Apante 99), en presencia de residuos de maíz (Primera 99). Finca de Santiago Ruíz, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa.

Otro elemento importante, es que en la finca de Santiago, el manejo de las parcelas no está limitado a una rotación por ciclo, si no también a sistemas de asocio, aunque esta forma de producir, aparentemente disminuye los rendimientos de los cultivos por competencia de espacio con el otro, pero trae muchas otras ventajas, y sobre todo como se observa en el Anexo 11, los rendimientos que ahí se presentan son los obtenidos en una manzana bajo asocio, de manera que si lo referimos a rendimiento de un solo cultivo, por ejemplo maíz como si solamente este ocupara toda el área, las diferencias en rendimiento fueran más marcadas.

**Tabla 8. Salidas de nutrientes del sistema / Rotación / Años (97, 98, 99) /Biomasa + Cosecha. Finca de Santiago Ruiz (La Escalera) Santa Emilia, Matagalpa.**

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	SALIDAS (kg/mz)		
				N	P	K
97	1	Permanente	Café	7.20	1.48	13.4
		Permanente	Guineo	11.45	3.81	21
	2	Primera	Maíz	27.96	10.00	7.42
		Postrera	Frijol	31.11	9.92	23.85
	3	Primera	Maíz	33.38	11.96	8.52
		Apante	Frijol	23.48	7.49	18.00
	4	Permanente	Café	0	0	0
	5	Permanente	Café y guineo	11.45	3.81	21
SUB TOTAL				146.03	48.47	113.19
98	1	Permanente	Café y guineo	21.63	4.45	46.96
	2	Primera	Maíz	34.27	11.37	25.43
		Apante	Frijol	41.09	13.1	31.5
	3	Primera	Maíz	29.73	9.72	24.52
		Primera	Frijol	8.81	2.81	6.75
		Apante	Frijol	41.09	13.1	31.5
	5	Permanente	Café y guineo	21.3	2.45	24.15
	6	Primera	Yuca y café	76.36	92.72	89.08
SUB TOTAL				274.28	149.72	279.89
99	1	Permanente	Café y guineo	28.80	5.94	53.33
	2	Primera	Maíz	43.27	14.55	27.25
		Postrera	Frijol	11.74	3.74	9.00
		Apante	Frijol	17.61	5.62	13.50
	3	Primera	Maíz	27.5	8.91	24.07
		Apante	Frijol	23.48	7.48	18.00
	4	Primera	Yuca y café	76.36	92.72	89.08
	5	Permanente	Café y guineo	28.48	3.288	32.189
6	Permanente	Café	14.18	1.63	16.00	
SUB TOTAL				271.42	143.88	282.42
TOTAL				691.73	342.07	675.50

### **4.3.3. Balance aparente**

En la Tabla 9, se presentan los balances aparentes para los tres años, en la finca de Santiago Ruíz. Como se puede observar, el comportamiento de los balances es diferente para cada año. Los años 97-98 presentaron los mayores déficit de nitrógeno, siempre con la tendencia a disminuir de 1998 a 1999 se redujo hasta un 50%.

Para el fósforo observamos que el balance de este elemento fue positivo en 1997 y 1999, en cambio para 1998 el balance fue negativo, ocasionado principalmente por el cultivo de yuca, pero aunque sea negativo, es más aceptable que el obtenido en la otra finca, la causa de los balances positivos es que el productor a incrementado la dosis de aplicación de la fórmula 18-46-0 con lo cual se aportan altas cantidades de dicho elemento al suelo.

Esta finca presenta una situación preocupante en cuanto al potasio ya que la tendencia que se observa en la Tabla 9, es hacia el incremento de los déficit de K con el transcurso de los años. Las parcelas donde generalmente se siembran cultivos anuales son las que presentan los balances más bajos de nutrientes, en comparación con las parcelas donde se siembran cultivos perennes.

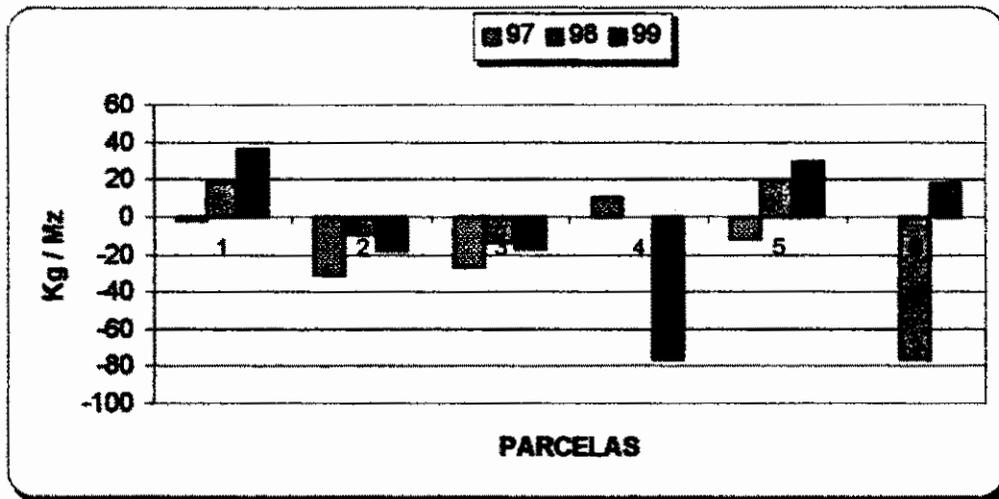
De manera general solamente existen problemas graves en cuanto a potasio, debido a la falta de aplicación de este elemento y un ligero desequilibrio en cuanto al nitrógeno, principalmente en las parcelas con cultivos anuales.

**Tabla 9. Balance aparente por rotación / Años (97, 98, 99) / Biomasa + Cosecha finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa.**

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	Balance aparente (E - S) (kg /mz)		
				N	P	K
97	1	Permanente	Café	8.93	16.92	-13.40
		Permanente	Guineo	-11.45	-3.81	-21.00
	2	Primera	Maíz	-0.16	-10.00	-7.42
		Postrera	Frijol	-31.11	-9.92	-23.85
	3	Primera	Maíz	-20.38	2.43	0.53
		Apante	Frijol	-7.08	10.95	-6.71
	4	Permanente	Café	10.90	12.01	7.55
	5	Permanente	café y Guineo	-11.45	-3.81	-21.00
SUB TOTAL				-61.80	14.76	-85.30
98	1	Permanente	Café y guineo	19.27	41.54	-46.96
	2	Primera	Maíz	20.27	-11.37	-25.43
		Apante	Frijol	-30.18	-1.10	-23.96
	3	Primera	Maíz	24.81	-9.72	-24.52
		Primera	Frijol	-8.81	-2.81	-6.75
		Apante	Frijol	-30.18	-1.10	-23.96
	5	Permanente	Café y guineo	19.84	46.42	-1.34
	6	Primera	Yuca y café	-76.36	-92.72	-89.08
SUB TOTAL				-61.34	-30.86	-241.99
99	1	Permanente	Café y guineo	36.65	67.66	-53.33
	2	Primera	Maíz	11.27	-14.55	-27.25
		Postrera	Frijol	-11.74	-3.74	-9.00
		Apante	Frijol	-17.61	-5.62	-13.50
	3	Primera	Maíz	5.95	-8.91	-24.07
		Apante	Frijol	-23.48	-7.48	-18.00
	4	Primera	Yuca y café	-76.36	-92.72	-89.08
	5	Permanente	Café y guineo	29.55	63.78	-11.04
6	Permanente	Café	18.55	35.17	-16.00	
SUB TOTAL				-27.22	33.59	-261.27
TOTAL				-150.36	17.50	-588.56

## 4.4. Balances aparentes por elemento en la finca de Santiago Ruíz

### 4.4.1. Balance aparente de nitrógeno



**Gráfico 6.** Comportamiento del balance aparente de nitrógeno / parcela / Años (97, 98, 99). Finca de Santiago Ruíz, Santa Emilia, Matagalpa.

En el año 1997, los mayores déficit de nitrógeno se dieron en las parcelas 2 y 3, establecidas con maíz y frijol que demandan mucho este elemento; la parcela 4 refleja un balance positivo debido a que se fertiliza (12 - 30 -10) y de las vías de salida que se cuantificaron no presenta ninguna, debido a que el cultivo es café recién establecido.

Para los años 1998 y 1999, las parcelas 6 y 4 respectivamente, tienen los valores más bajos de balance de nitrógeno, debido a que en estas parcelas se estableció yuca, la cual no recibe ningún tipo de entradas y por consiguiente las salidas de biomasa más cosecha (según la forma de cosecharla), llevan consigo grandes cantidades de N, P, K. Las parcelas 1 y 5, para 98 y 99, tienen balances positivos, con un comportamiento creciente, favorecido por la presencia de café de cosecha en ambas parcelas y como se dijo anteriormente el productor recibe crédito para fertilizar este cultivo. Estas parcelas para 1999, recibieron mayores cantidades de nitrógeno, lo cual afectó en cierta forma que las parcelas 2 y 3 (granos básicos), tuvieron menos entradas y por ende un balance más bajo para este año en comparación con 1998.

Si sumamos todos los balances para cada año, obtendremos que las parcelas 4 y 6 son las que presentaron los balances negativos más bajos durante el período de estudio. Es importante mencionar que estos valores son muchos menores que los obtenidos en la finca de Catalino Figueroa, ya que este productor maneja mejor la biomasa producida por el cultivo. Por ejemplo, los residuos de frijol los incorpora todos a la parcela y en el caso del maíz solo saca el olote de la parcela, aplica mayor cantidad de fertilizantes a cada uno de los cultivos y lo principal que no quema.

#### 4.4.2. Balance aparente de fósforo

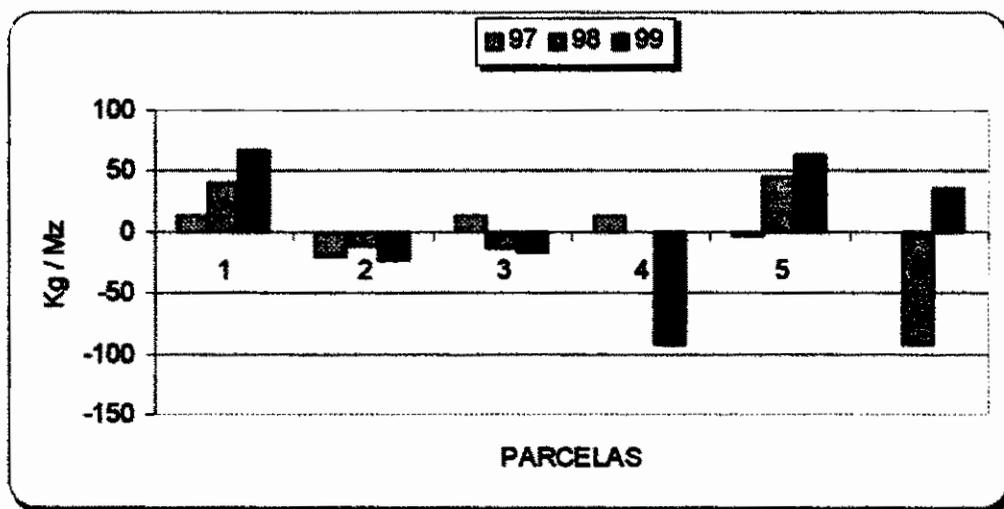


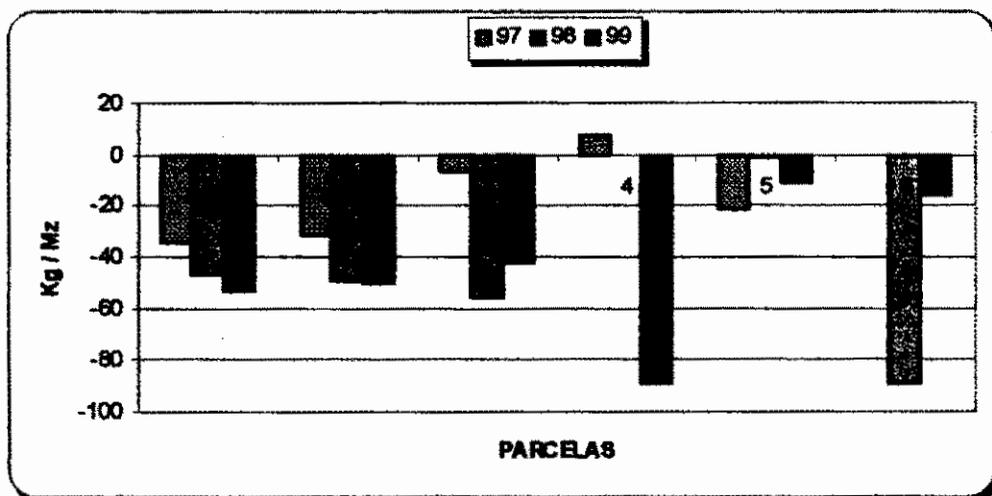
Gráfico 7. Comportamiento del balance aparente de fósforo / parcela / Años (97, 98, 99). Finca de Santiago Ruíz, Santa Emilia, Matagalpa.

En 1997 hubo un pequeño déficit (aproximadamente 20 kg/mz) en la parcela 2, debido a que no fertilizó el cultivo de frijol, el resto de parcelas si fueron fertilizadas, inclusive la 3 (granos básicos), a tal punto que se compensaron las salidas y todavía con un poco de ganancia en cuanto a este elemento.

Para los años 98 y 99 la parcela 6 y la 4, respectivamente, tienen los valores más bajos, siempre ocasionado por el cultivo de yuca, que además, no tiene ningún tipo de entradas; se puede ver que las parcelas 2 y 3, le siguen con valores alrededor de -13 kg/mz, debido a las bajas aplicaciones de fósforo y nulas para 1999.

En los tres años que duró el estudio se observó que las parcelas 1 y 5 tienen balance positivo de fósforo, con una tendencia creciente con el transcurso de los años, ya que el productor a incrementado las dosis de fertilizantes minerales, la causa de estos balances positivos, es que en estas parcelas es donde se encuentra el café de cosecha, el cual se fertiliza con la fórmula (18-46-0), la cual es portadora en altas cantidades de fósforo.

#### 4.4.3 Balance aparente de potasio



**Gráfico 8.** Comportamiento del balance aparente de potasio / parcela / Años (97, 98, 99). Finca de Santiago Ruíz, Santa Emilia, Matagalpa.

Para el año 1997, al igual que para el nitrógeno, la parcela 4 es la única que tiene balance positivo para este año, ya que se fertiliza y no tiene ninguna forma de salida de N, P, K, debido a que el cultivo es café recién establecido. El resto de las parcelas explotadas tuvieron balances negativos para este año, siendo la parcela 1, la del valor más bajo, ya que no aplicó potasio.

Para los años 98 y 99 las parcelas 6 y 4, respectivamente, se estableció yuca, debido a la alta exportación de potasio por la cosecha del producto y además que no recibió fertilización mineral, estas parcelas presentaron el mayor déficit de potasio y de los otros dos elementos (nitrógeno y fósforo) para cada año en que se cultivó yuca en cada una de ellas.

Durante los tres años de estudio se observó que en las parcelas 1 y 2 el déficit de potasio fue incrementándose con el transcurso de los años, debido generalmente a que no aplica fórmulas portadoras de potasio, ya que las que más utiliza en su finca es urea 46% para maíz y 18-46-0 para el café de cosecha.

De manera general podemos decir que la finca de Santiago Ruiz presentó mayor deficiencia de potasio con respecto a los otros elementos (nitrógeno y fósforo); pero estos valores no son tan bajos en comparación con los obtenidos en la finca de Catalino Figueroa.

#### 4.5 Comparación de los balances en las dos fincas en estudio

Al comparar los balances a nivel de finca, podemos saber cuál finca está siendo mejor manejada y cuál de las dos está encaminada al deterioro de la fertilidad del suelo. Las Tablas 10 y 11 muestran las entradas, salidas así como los balances de nutrientes totales para cada año.

**Tabla 10.** Balance aparente total por finca / Años (97, 98, 99). Finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.

AÑO	Entradas Totales kg/mz			Salidas Totales kg/mz			Balance aparente (E-S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
97	110.85	30.03	18.92	175.36	88.75	421.90	-64.51	-58.72	-402.98
98	154.44	29.56	23.43	793.25	199.19	872.77	-638.81	-169.63	-849.34
99	132.56	30.526	39.0851	216.12	39.11	34.07	-83.56	-8.584	5.01
<b>TOTAL</b>	<b>397.85</b>	<b>90.12</b>	<b>81.44</b>	<b>1184.73</b>	<b>327.05</b>	<b>1328.74</b>	<b>-786.88</b>	<b>-236.93</b>	<b>-1247.30</b>

**Tabla 11. Balance aparente total por finca / Años (97, 98, 99), finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa.**

AÑO	Entradas Totales kg/mz			Salidas Totales kg/mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
97	84.23	63.23	27.89	146.03	48.47	113.19	-61.80	14.76	-85.30
98	212.94	118.87	37.90	274.28	149.72	279.89	-61.34	-30.86	-241.99
99	244.2	177.47	21.15	271.42	143.878	282.419	-27.22	33.592	-261.269
<b>TOTAL</b>	<b>541.37</b>	<b>359.57</b>	<b>86.94</b>	<b>691.73</b>	<b>342.07</b>	<b>675.50</b>	<b>-150.36</b>	<b>17.50</b>	<b>-588.56</b>

Don Santiago Ruiz a nivel de finca, tiene mayores entradas principalmente de nitrógeno y fósforo, que don Catalino Figueroa. Refiriéndonos al potasio, los dos productores aplican cantidades similares; pero según los resultados de análisis de suelo y requerimientos de los cultivos, pueden catalogarse como bajas. Estos productores aplican fertilizantes en la medida de sus posibilidades económicas, la diferencia entre ellos es que Santiago recibe crédito para la compra de insumos en el cultivo de café, del cual percibe mayores ingresos en comparación con los granos básicos.

En cuanto a las salidas de nitrógeno y potasio, se observa que en la finca de Catalino Figueroa, son aproximadamente el doble que en la otra finca; a pesar de que Santiago tiene mayores rendimientos, este no quema en ninguna de sus parcelas, deja la mayor parte de la biomasa y además cuatro parcelas tienen café (perenne); por lo tanto no existen muchas salidas vía biomasa. En cambio Catalino Figueroa prácticamente en todas las parcelas establece granos básicos y además del total de biomasa producida saca la mayor parte, a esto sumándole la cosecha y en algunos casos la quema de los rastrojos (parcelas 2 y 3, en el año 98), que simboliza grandes pérdidas de nitrógeno. Las salidas de fósforo para las dos fincas son similares.

La finca de Catalino Figueroa presenta mayores deficiencias de N, P, K, por lo antes expuesto; tiene mayores salidas que entradas al sistema. En el caso del nitrógeno la finca de Catalino presenta un balance cinco veces más bajo, en comparación con la finca de Santiago, esto es ocasionado principalmente por la quema de los rastrojos.

En la finca de Santiago Ruíz existen ganancias de fósforo (17.5 kg/mz de P), ya que este productor generalmente utiliza 18-46-0 con el cual aporta altas cantidades de este elemento, las que compensan las salidas por las cosechas. El desequilibrio en cuanto a fósforo (-237 kg/mz de P) en la finca de Catalino, es por que el cultivo de frijol extrae mucho este nutriente y no es fertilizado.

El balance de potasio en la finca de Catalino es dos veces más bajo que el obtenido en la finca de Santiago Ruíz, aunque apliquen cantidades similares, las salidas de potasio en la finca de Catalino Figueroa son mucho más grandes, debido a que sale la mayor parte de la biomasa, mayormente influenciado por la biomasa de frijol que sale de la parcela de origen, pero no simboliza entrada para otra ya que la amontona a la orilla del cerco.

En la finca de Catalino Figueroa, se observa que en el año 1998 fue donde ocurrieron los peores desequilibrios de N, P, K, incluso solamente este año supera el desequilibrio durante los tres años en la otra finca. Otro aspecto importante que puede influir en los balances negativos en la finca de Catalino es su ubicación en una zona más baja, hay menor incidencia de lluvias, los suelos son menos profundos y mayor presencia de afloramientos rocosos.

## IV. CONCLUSIONES

El balance obtenido muestra una situación preocupante, con un déficit en N, P, K, debido a que las salidas de nutrientes son mayores que las entradas, lo que muestra una tendencia hacia el agotamiento de las reservas minerales del suelo.

1. La finca que presentó el balance negativo más bajo durante los tres años fue la de Catalino Figueroa, esto por el mal manejo de los rastrojos, bajas dosis de fertilización y quema, las parcelas 2 y 3 presentaron los mayores déficit en cuanto a nitrógeno; el peor balance de fósforo se dio en las parcelas 2 y 4; y todas las parcelas tienen desequilibrios en potasio, excepto la N<sup>o</sup> 5 que permaneció en descanso (97 y 98 ).
2. La finca de Santiago Ruíz tiene los mejores balances, ya que la actividad principal de este productor es café y por el cual recibe crédito para fertilizantes minerales, no existen salidas de biomasa por este cultivo, además, no quema en ninguna parcela. Las parcelas 1 y 5, bajo café, presentan los mejores balances, el resto de parcelas tienen balance bastante bajo, principalmente donde siembra yuca y granos básicos; en cuanto a potasio todas las parcelas tienen balances negativos, debido a la baja o nula aplicación de este elemento.
3. Los dos productores no aplican las dosis recomendadas de fertilizantes minerales u orgánicos de acuerdo a las exigencias nutricionales del cultivo, esto parece depender de la situación económica, de la cultura o tradición del productor, lo que sumado al mal manejo que se le da a la biomasa, deja en evidencia el progresivo deterioro de la fertilidad del suelo, ya que las salidas o exportaciones de nutrientes son mayores que las restituciones o entradas.
4. El manejo inadecuado de los rastrojos, el uso intensivo de las parcelas con rotaciones de cultivos anuales que no incluyen leguminosas, ni periodos de descanso o barbecho; favorecen el deterioro de los suelos y están encaminadas hacia el agotamiento de las reservas minerales (nutricionales) del suelo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1. Compensar el déficit creado por las exportaciones de nutrientes restituyendo los elementos al sistema con insumos externos ya sean orgánicos o minerales, de acuerdo con las características edafoclimáticas de la zona, tomando en cuenta las exigencias nutricionales de los cultivos.**
- 2. Incorporar al suelo la biomasa producida por los cultivos, evitar la quema de rastrojos y reducir las pérdidas de materia orgánica.**
- 3. Establecer un plan de rotación en las parcelas, principalmente, donde se establecen granos básicos y yuca, que incluya leguminosas y períodos de descanso con el fin de compensar el déficit de nutrientes creado por las salidas de cosechas y la biomasa.**
- 4. Establecer obras de conservación de suelos (barreras vivas, barreras muertas, acequias, etc), con el propósito de amortiguar las pérdidas de suelo por arrastre de lluvias, y así disminuir las salidas de nutrientes por esta vía.**
- 5. Capacitar a los productores en aspectos relacionados al manejo integrado de la fertilidad de los suelos para que conozcan la importancia y los beneficios de estas prácticas para mantener y mejorar la fertilidad de los suelos.**
- 6. Introducir manejos alternativos en las mismas fincas con el propósito de medir el impacto de las mismas sobre el balances de nutrientes en un periodo de 2 a 3 años.**

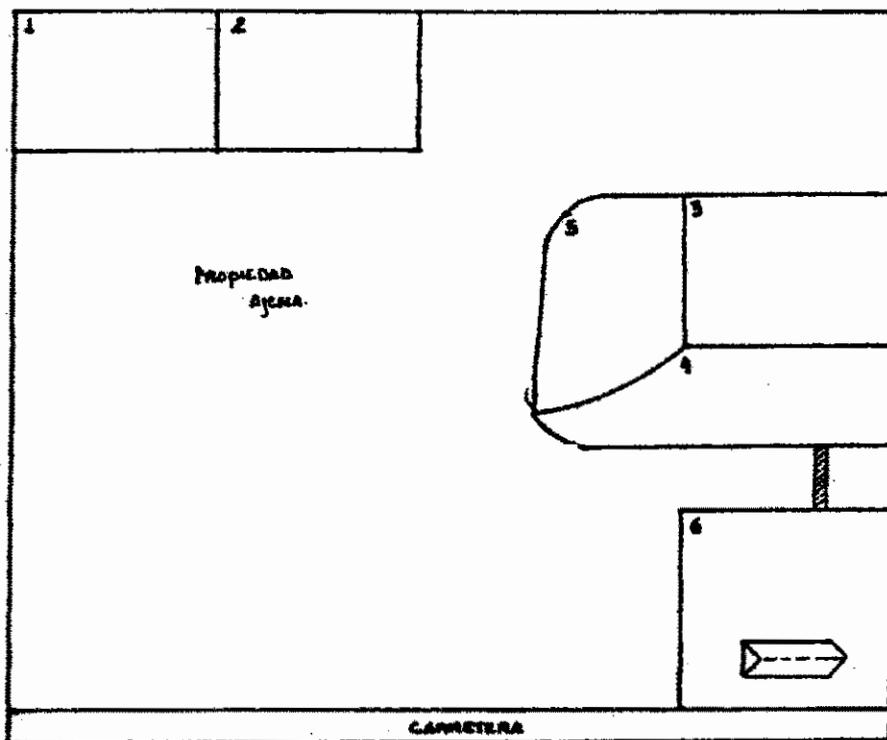
## VII. BIBLIOGRAFIA

- ▣ ALTIERI A. 1983. Agroecología. Bases científicas de la agricultura alternativa. Berkeley, California, 169 p.
- ▣ ARZOLA N., FUNDORA O., MACHADO H. 1986. Suelo - Planta y Abonado. La Habana , Cuba. Ed. P.ueblo y Educación. 461 p.
- ▣ BEJARANO, W. & MALDONADO, J. 1999. Balance aparente de nutrientes en la zona norte central de Nicaragua (Matagalpa – Jinotega). 82 p.
- ▣ BERDEGUE J. & LARRAIN B. 1992. Cómo Trabajan los campesinos I. Santiago de Chile. Pp 27 - 31
- ▣ BUCKMAN & BRADY. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Traducido por Barcelo R. S. México Hispanoamérica, S. A. de C. V. 590 p.
- ▣ CAIRO, P. 1980. Manual de fertilidad de suelos. La Habana, Cuba, editorial Pueblo y Educación. 120 p.
- ▣ CONWAY, G. R. 1985. Agroecosistem analysis. Agricultural administration. 20: 31 - 55.
- ▣ CUBERO, D. 1994. Manual de manejo y conservación de Suelos y Aguas. (MAG, FAO, UNED), San José, Costa Rica. Pp 1 - 13.
- ▣ DOMÍNGUEZ, V. A. 1997. Tratado de fertilización. Madrid, España, editorial Mundi Prensa. 148 p.
- ▣ FAO. 1983. El reciclaje de la materia orgánica en la agricultura de la América latina. Roma. 253 p.
- ▣ FAO. 1984. Boletín: Fertilizantes y nutrición vegetal. Roma. 66 p.
- ▣ FAO 1991. Desarrollo de sistemas agrícolas . Pautas para la conducción de un curso de capacitación en desarrollo de sistemas agrícolas, Roma, Italia. 256 p
- ▣ FAO. 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Roma. 20 p.
- ▣ FAO. 1996. Desarrollo de sistemas agrícolas y conservación de suelos. Roma, Italia. 163 p.
- ▣ FASSBENDER, H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Segunda edición. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 490 p.

- ▣ FLORES, J. 1983. Bromatología animal. Tercera edición, UNAM. Mexico. 1094 p.
- ▣ FOLLET, R. & STEWART B. 1985. Soil erosion and crop productivity. ASA, CSSA, SSSA. United States. 533 p.
- ▣ FUNES, F. 1975. Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. Revolución cubana, Ciencias Agrícolas. 9:395 - 412 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.
- ▣ INTA, SNU, IICA. 1996. Seminario Taller. Agricultura y Desarrollo Sostenible Región B - 5. Matagalpa y Jinotega, Nicaragua. 70 p.
- ▣ KASS, C. L. 1996. Fertilidad de suelos. Primera edición. San José, Costa Rica, editorial EUNED. 272 p.
- ▣ KETCHESON, J. 1980. Long - range effects of intensive cultivation and monoculture on the quality of southern Ontario Soils. Can. J. Soil Sci. 60: 403 - 410 p.
- ▣ LAMPKIN, N. 1998. Agricultura ecológica. Primera edición. Madrid, España. 725 p.
- ▣ MAGDOFF, F. & BARTLETT, R. 1985. Soil pH Buffering revisited. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 145 - 148 p.
- ▣ MALDIDIER, C. & ANTILLON, T. 1996. Cultivos de cobertura. UNAN. Managua Nicaragua. Pp. 3 – 24.
- ▣ MONTAGNINI, F. et. al. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. Segunda edición. OET. 662 p.
- ▣ MORENO, J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Madrid , España. Mundi Prensa. 174 p.
- ▣ PORTA, J., LOPEZ – ACEVEDO, M., & ROSQUERO, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España, ediciones Mundi Prensa. 807 p.
- ▣ SALMERON, F. 1996. A participatory evaluation of a farming system and a proposal to management it in an eco – sustainable way. A case study in Carazo, Nicaragua. Managua, Nicaragua, 84 p.
- ▣ SALMERÓN, F. & GARCÍA, L. 1994 .Manual Fertilidad y fertilización de suelos. Managua, Nicaragua. 141 p.
- ▣ SARAVIA, A. 1983. Un enfoque de sistemas para desarrollo agrícola. IICA. San José, C. R. 265 p.

- ☐ SLOBBE, W. 1996. Estudio sobre el manejo de la fertilidad del suelo. 10 p.
- ☐ STORVOGEL, J. J. & SMALLING, E. M. A. 1990. Assessment of soil nutrients depletion in sub-Saharan Africa: 1883 – 2000. Volume iii, report 28, Wageningen, Holland.
- ☐ URBANO, P. & MORO, R. 1992. Sistemas agrícolas con rotaciones y alternativas de cultivos. Madrid, España. 134 p.
- ☐ 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.
- ☐ WILD, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española. 1992. 1045 p.
- ☐ YAGUE J. 1989. El suelo y los fertilizantes. Tercera edición. Madrid, España. Mundi Prensa. 283 p.
- ☐ YOUNG, L. 1989. Agroforestry for soil conservation. CAB International - ICRAF..

# **VII. ANEXOS**



LEYENDA:

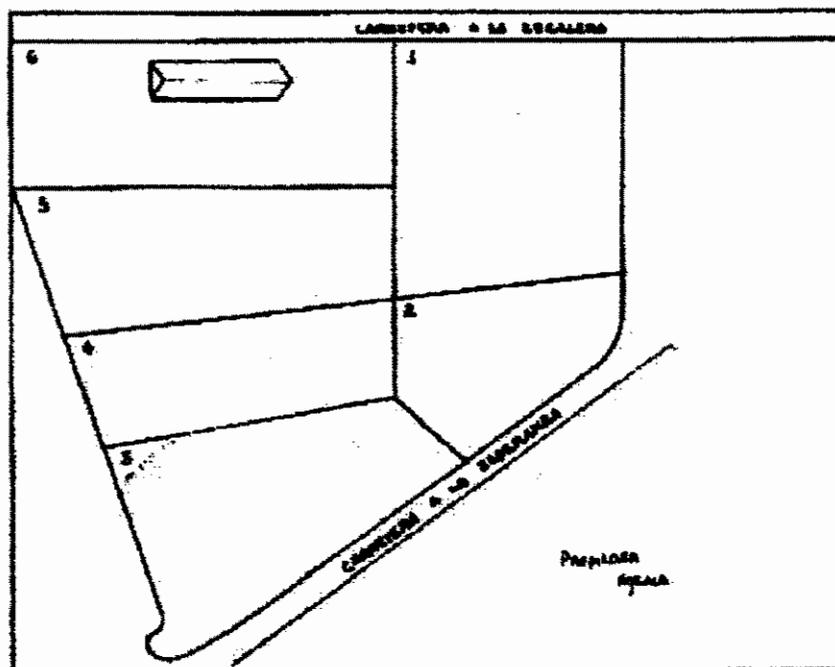
PARCELA #1	1	1 M <sup>2</sup>
PARCELA #2	2	1 M <sup>2</sup>
PARCELA #3	3	1 M <sup>2</sup>
PARCELA #4	4	1 M <sup>2</sup>
PARCELA #5	5	1 M <sup>2</sup>
PARCELA #6	6	1 M <sup>2</sup>
	CASA	-
	CAMINERO	-

5<sup>o</sup> RAMÓN...

PRODUCTOR: CATALINO FIGUEROA...

AREA: 6 M<sup>2</sup>...

Anexo1. Área y distribución de las parcelas en la finca de Catalino Figueroa, ubicada en la comarca, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa.



LEYENDA:

Parcela	Simbolos	Area
Parcela # 1	1	1 Mb
Parcela # 2	2	0.75 Mb
Parcela # 3	3	1.25 Mb
Parcela # 4	4	1 Mb
Parcela # 5	5	1 Mb
Parcela # 6	6	1 Mb
CASA		-

Sta. Emilia.

LA ESCALERA

REDDUCTOR: SANTIAGO RUIZ...

AREA: 6 Mb...

Anexo 2. Área y distribución de las parcelas en la finca de Santiago Ruiz, ubicada en la comarca, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa.

**Anexo 3. Resultados de análisis de plantas, finca de Catalino Figueroa, ubicada en la comarca, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa.**

PARTE VEGETAL	CONTENIDO (%)		
	N	P	K
Maíz Tallo	0.48	0.18	0.47
Maíz Raíz	0.71	0.11	0.92
Maíz Tuza	0.22	0.03	0.71
Maíz Grano	1.49	0.54	0.3
Maíz Hojas	1.87	0.4	1.42
Maíz Olote	0.29	0.06	0.65
Cáscara Yuca	0.19	0.36	0.96
Hoja Yuca	3.25	0.59	2.1
Raíz Yuca	0.38	0.37	0.96
Frijol Grano	2.935	0.936	2.25
Frijol. Tallo, Hoja, Vaina, Raíz	0.48	0.37	2.58
Tallo Sorgo	0.38	0.37	2.41
Raíz Sorgo	0.57	0.37	1.37
Hoja Sorgo	3.08	0.73	1.27
Grano, Sorgo	0.28	0.91	0.48
Panoja Sorgo	0.96	0.37	0.61
Raíz Tomate	0.86	0.37	2.2
Hoja, Tallo Tomate	1.64	0.55	4.6
Fruto Tomate	0.112	0.024	0.222
Pitahaya Fruto	1.94	2.59	0.67
Naranja Dulce Fruta	0.205	0.06	0.07

**Anexo 4. Resultados de análisis de plantas, finca de Santiago Ruiz, ubicada en la comarca, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa.**

PARTE VEGETAL	CONTENIDO (%)		
	N	P	K
Maiz Tallo	0.4	0.06	2.99
Maiz Raíz	0.66	0.13	1.12
Maiz Tuza	0.31	0.06	1.03
Maiz Grano	1.44	0.55	0.32
Maiz Hojas	1.36	0.33	1.55
Maiz Olote	0.29	0.07	0.64
<b>Cáscara Yuca</b>			
Cáscara Yuca	0.28	0.37	1.36
Hoja Yuca	4.82	0.55	2.05
Raíz Yuca	0.42	0.51	0.49
<b>Café Grano</b>			
Café Grano	1.56	0.18	1.77
Café Pulpa	0.09	0.73	5.89
Café Pergamino	0.14	0.02	0.01
<b>Frijol Grano</b>			
Frijol Grano	2.935	0.936	2.25
Frijol Tallo, Hoja, Vaina, Raíz	0.48	0.37	2.58
<b>Guineo Fruto</b>			
Guineo Fruto	1.2	0.4	2.1

**Anexo 5. Resultados de análisis de suelo de la finca de Catalino Figueroa, ubicada en la comarca, Guadalupe, San Ramón, Matagalpa.**

PARCELA	Identificación / Cultivo	pH (H <sub>2</sub> O)	M. O (%)	N (%)	P ppm	K meq/100g suelo	PARTÍCULAS			CLASE TEXTURAL
							Limo	Arena	Arcilla	
1	Naranja (Parte alta)	6.7	4.87	0.24	0	0.08	27.5	25	47.5	Arcilloso
6	Naranja (Parte baja)	6.2	5.7	0.28	0.34	0.11	25	25	50	Arcilloso
2	Sorgo	6	3.82	0.19	0	0.16	27.5	25	47.5	Arcilloso
3	Maíz / Tomate	6.1	4.34	0.21	0.22	0.05	30	25	45	Arcilloso
4 y 5	Tacotal	5.5	3.49	0.17	6.45	0.51	37.5	30	32.5	Franco Arcilloso
6	Tomate y Yuca	5.8	5	0.25	0	0.05	35	20	45	Arcilloso
6	Pitahaya	5.9	5	0.25	0.11	0.12	27.5	20	47.5	Arcilloso

**Anexo 6. Resultados de análisis de suelo de la finca de Santiago Ruiz, ubicada en la comarca, La Escalera, Santa Emilia, Matagalpa.**

PARCELA	Identificación / Cultivo	pH (H <sub>2</sub> O)	M. O (%)	N (%)	P Ppm	K meq/100g suelo	PARTÍCULAS			CLASE TEXTURAL
							Limo	Arena	Arcilla	
1	Café de Cosecha	5.3	4.11	0.2	0.11	0.22	32.5	32.5	35	Franco Arcilloso
2 y 3	Maíz y Frijol	5.8	3.4	0.17	0	0.3	32.5	26	42.5	Arcilloso
4	Maíz en callejones	5.9	3.34	0.16	0	0.26	37.5	40	22.5	Franco
5	Café /Sombra de guaba	5.6	3.82	0.19	0.87	0.34	35	32.5	32.5	Franco Arcilloso
6	Café/ Guineo	5.6	4.29	0.21	0	0.15	40	25	35	Franco Arcilloso

pH en agua = Acidez Real

M.O (%) = Materia Orgánica

N (%) = Nitrógeno Total

P ppm = Fósforo en Partes por millón.

K meq /100 g suelo = Potasio Total

**Anexo 7. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (97), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.**

Parcela	Época	Cultivo	Rend. (qq/mz)	Biomasa	Parcela Destino	ENTRADAS (kg/mz)			SALIDAS (kg/mz)			Balance aparente (E - S)		
						N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Primera	Naranja	8.4		1	0	0	0	4.46	1.3	1.52	-4.46	-1.30	-1.52
	Primera	Maíz	45	O	###	52.7	12.01	7.55	31.35	11.23	8.11	21.35	0.78	-0.56
2	Primera	Frijol	6	Toda	***	5.45	6.01	3.82	51.84	32	197.48	-46.39	-25.99	-193.66
	Postrera	Frijol	8	Toda	2	0	0	0	23.48	7.49	18	-23.48	-7.49	-18.00
3	Primera	Maíz	30	O	###	52.7	12.01	7.55	21.19	7.54	6.06	31.51	4.47	1.49
4	Postrera	Frijol	3	Toda	***	0	0	0	43.04	29.19	190.73	-43.04	-29.19	-190.73

Nota: Las parcelas 5 y 6, permanecieron en descanso durante todo el año

\*\*\* = A la orilla del cerco.

### = fuera de la finca

O = Olote

**Anexo 8. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (98), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.**

Parcela	Época	Cultivo	Rend. (qq/mz)	Biomasa	Parcela Destino	ENTRADAS (kg/mz)			SALIDAS (kg/mz)			Balance aparente (E - S)		
						N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Primera	Maíz	40	O	6	33.92	7.99	5.02	27.96	10.00	7.42	5.96	-2.01	-2.40
	Postrera	Frijol	4	Toda	***	0	0	0	45.97	30.08	192.98	-45.97	-30.08	-192.98
	Permanente	Naranja	7.76 ton	Toda	1	0	0	0	14.46	4.23	4.90	-14.46	-4.23	-4.90
2	Primera	Frijol	16	M	2	1	0	0	46.96	14.97	36.00	-45.96	-14.97	-36.00
	Postrera	Sorgo	20	P, Q	***	0	0	0	130.60	8.81	5.25	-130.60	-8.81	-5.25
3	Primera	Frijol	6	Toda	3	0	0	0	17.61	5.62	13.50	-17.61	-5.62	-13.50
	Primera	Maíz	36	O, Q	6	35.14	7.99	5.02	307.27	9.04	6.87	-272.13	-1.05	-1.85
	Postrera	Frijol	8	Toda	***	0	0	0	57.73	33.88	201.98	-57.73	-33.88	-201.98
4	Primera	Maíz	30	O	6	50.91	12	7.54	21.19	7.54	6.06	29.72	4.46	1.48
	Postrera	Frijol	6	Toda	***	1	0	0	51.84	32.00	197.48	-50.84	-32.00	-197.48
6	Primera	Maíz	28	Toda	6	7.93	1.58	5.84	18.96	6.90	3.81	-11.03	-5.32	2.03
	Postrera	Frijol	5	Toda	***	0	0	0	48.91	31.06	195.23	-48.91	-31.06	-195.23
	Permanente	Pitahaya	0.21 ton	Toda	6	24.54	0	0	3.79	5.06	1.29	20.75	-5.06	-1.29

Nota: Para este Año la Parcela N° 5, también permaneció en descanso.

\*\*\* Amontonada al lado del cerco.

P = Panoja.

Q = Quema (Volatilización de N).

O = Olote.

**Anexo 9. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (99), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.**

Parcela	Época	Cultivo	Rend. (qq/mz)	Biomasa	Parcela Destino	ENTRADAS (kg/mz)			SALIDAS (kg/mz)			Balance aparente (E - S)		
						N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Permanente	Naranja	15.52 ton	Toda	1	0	0	0	28.92	8.46	9.87	-28.92	-8.46	-9.87
2	Primera	Maíz	40	O	6	5.45	6	4.52	27.96	9.99	7.42	-22.51	-3.99	-2.90
	Postrera	Sorgo	16qq/mz	P, Q	***	0	0	0	130.09	7.15	4.38	-130.09	-7.15	-4.38
3	Primera	Maíz	33.3	O	6	4.54	6.00	3.77	23.42	8.35	6.56	-18.88	-2.35	-2.79
4	Postrera	Tomate	0.4 ton	Toda	4	54.53	6.00	11.31	0.40	0.08	0.80	54.13	5.92	10.51
5	Postrera	Maíz	0	O	6	5.45	7.20	4.52	0.87	0.18	1.97	4.58	7.02	2.55
6	Permanente	Pitahaya	0.2 ton	Toda	6	27.15	0.5	5.91	3.53	4.7	1.22	23.62	-4.16	4.69
	Primera	Tomate	0.92 ton	Toda	6	35.44	4.80	9.05	0.93	0.20	1.85	34.51	4.60	7.20

\*\*\* Amontonada al lado del cerco.

P = panoja.

Q = Quema (Volatilización de N).

O = Olote.

Anexo 10. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (97), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa.

Parcela	Época	Cultivo	Rend. (qq/mz)	Biomasa	Parcela Destino	ENTRADAS (kg/mz)			SALIDAS (kg/mz)			Balance aparente (E - S)		
						N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Permanente	Café	10	Pulpa + Perg	###	16.13	18.40	0	7.20	1.48	13.4	8.93	16.92	-13.40
	Permanente	Guineo	1.05 ton	Toda	1	0	0	0	11.45	3.81	21	-11.45	-3.81	-21.00
2	Primera	Maíz	40	O	###	27.8	0	0	27.96	10.00	7.42	-0.16	-10.00	-7.42
	Apante	Frijol	10.6	Toda	2	0	0	0	31.11	9.92	23.85	-31.11	-9.92	-23.85
3	Primera	Maíz	48	O	###	13.00	14.39	9.05	33.38	11.96	8.52	-20.38	2.43	0.53
	Apante	Frijol	8	Toda	3	16.40	18.44	11.29	23.48	7.49	18.00	-7.08	10.95	-6.71
4	Permanente	Café		Toda	4	10.90	12.01	7.55	0	0	0	10.90	12.01	7.55
5	Permanente	Guineo	1.05 ton	Toda	5	0	0	0	11.45	3.81	21	-11.45	-3.81	-21.00

### = Fuera de la finca

P = Panoja.

Q = Quema (volatilización de N).

O = Olote.

**Anexo 11. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (98), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa.**

Parcela	Época	Cultivo	Rend. (qq/mz)	Biomasa	Parcela Destino	ENTRADAS (kg/mz)			SALIDAS (kg/mz)			Balance aparente (E - S)		
						N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Permanente	Café Cos	30qq/Mz	Pulpa + Perg	5	40.9	46.00	0	21.63	4.45	46.96	19.27	41.54	-46.96
2	Primera	Maíz	40	O, Tu	###	54.54	0	0	34.27	11.37	25.43	20.27	-11.37	-25.43
	Apante	Frijol	14	Toda	2	10.91	12.00	7.54	41.09	13.1	31.5	-30.18	-1.10	-23.96
3	Primera	Maíz	33.3	O, Tu	###	54.54	0	0	29.73	9.72	24.52	24.81	-9.72	-24.52
	Primera	Frijol	3	Toda	3	0	0	0	8.81	2.81	6.75	-8.81	-2.81	-6.75
	Apante	Frijol	14	Toda	3	10.91	12.00	7.54	41.09	13.1	31.5	-30.18	-1.10	-23.96
5	Permanente	Café Cos	30qq/Mz	Pulpa	5	41.14	48.87	22.81	21.3	2.45	24.15	19.84	46.42	-1.34
6	Primera	Yuca	20 ton/mz	Ta, H	6	0	0	0	76.36	92.72	89.08	-76.36	-92.72	-89.08

### = Fuera de la finca

O= Olote

Tu = Tuza

Ta =Tallo

H = Hoja

Anexo 12. Balance aparente por rotación / biomasa + cosecha / Año (99), finca de Santiago Ruiz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa.

Parcela	Época	Cultivo	Rend. (qq/mz)	Biomasa	Parcela Destino	ENTRADAS (kg/mz)			SALIDAS (kg/mz)			Balance aparente (E - S)		
						N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Permanente	Café	40	Pulpa + Perg	5	65.45	73.60	0	28.80	5.94	53.33	36.65	67.66	-53.33
2	Primera	Maíz	53.3	O, Tu	###	54.54	0	0	43.27	14.55	27.25	11.27	-14.55	-27.25
	Postrera	Frijol	4qq/mz	Toda	2	0	0	0	11.74	3.74	9.00	-11.74	-3.74	-9.00
	Apante	Frijol	6qq/mz	Toda	2	0	0	0	17.61	5.62	13.50	-17.61	-5.62	-13.50
3	Primera	Maíz	30 qq/mz	O, Tu	###	33.45	0	0	27.5	8.91	24.07	5.95	-8.91	-24.07
	Apante	Frijol	8qq/mz	Toda	3	0	0	0	23.48	7.48	18.00	-23.48	-7.48	-18.00
4	Primera	Yuca	20ton/mz	Ta, H	4	0	0	0	76.36	92.72	89.08	-76.36	-92.72	-89.08
5	Permanente	Café	40qq/mz	Pergamino	###	58.03	67.07	21.15	28.48	3.28	32.18	29.55	63.78	-11.04
6	Permanente	Café	20	Toda	6	32.73	36.80	0	14.18	1.63	16.00	18.55	35.17	-16.00

### = Fuera de la finca

O= Olote

Tu = Tuza

Ta =Tallo

H = Hoja

**Anexo 13. Balance aparente por parcela / Año (97), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.**

Parcela	ENTRADAS kg/mz			SALIDAS kg/ mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	52.70	12.01	7.55	35.81	12.53	9.63	16.89	-0.52	-2.08
2	5.45	6.01	3.82	75.32	39.49	215.48	-69.87	-33.48	-211.66
3	52.70	12.01	7.55	21.19	7.54	6.06	31.51	4.47	1.49
4	0	0	0	43.04	29.19	190.73	-43.04	-29.19	-190.73
	110.85	30.03	18.92	175.36	88.75	421.90	-64.51	-58.72	-402.98

**Anexo 14. Balance aparente por parcela / Año (98), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.**

Parcela	ENTRADAS kg/mz			SALIDAS kg/ mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	33.92	7.99	5.02	88.39	44.31	205.30	-54.47	-36.32	-200.28
2	1	0	0	177.56	23.78	41.25	-176.56	-23.78	-41.25
3	35.14	7.99	5.02	382.61	48.54	222.35	-347.47	-40.55	-217.33
4	51.91	12.00	7.54	73.03	39.54	203.54	-21.12	-27.54	-196.00
6	32.47	1.58	5.84	71.66	43.02	200.33	-39.19	-41.44	-194.49
	154.44	29.56	23.43	793.25	199.19	872.77	-638.81	-169.63	-849.34

**Anexo 15. Balance aparente por parcela / Año (99), finca de Catalino Figueroa (Guadalupe), San Ramón, Matagalpa.**

Parcela	ENTRADAS kg/mz			SALIDAS kg/ mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	0	0	0	28.92	8.46	9.87	-28.92	-8.46	-9.87
2	5.45	6.00	4.52	158.05	17.14	11.80	-152.60	-11.14	-7.28
3	4.54	6.00	3.77	23.42	8.35	6.56	-18.88	-2.35	-2.79
4	54.53	6.00	11.31	0.40	0.08	0.80	54.13	5.92	10.51
5	5.45	7.20	4.52	0.87	0.18	1.97	4.58	7.02	2.55
6	62.59	5.34	14.96	4.46	4.90	3.07	58.13	0.44	11.89
	132.56	30.53	39.09	216.12	39.11	34.07	-83.56	-8.58	5.02

**Anexo 16. Balance aparente por parcela / Año (97), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia, Matagalpa.**

Parcela	ENTRADAS kg/mz			SALIDAS kg/ mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	16.13	18.39	0	18.65	5.29	34.4	-2.52	13.10	-34.4
2	27.80	0	0	59.07	19.92	31.27	-31.27	-19.92	-31.27
3	29.40	32.82	20.34	56.86	19.45	26.52	-27.46	13.37	-6.19
4	10.90	12.01	7.55	0	0	0	10.90	12.01	7.55
5	0	0	0	11.45	3.81	21.00	-11.45	-3.81	21.00
	84.23	63.23	27.89	146.03	48.47	113.19	-61.80	14.76	-85.30

**Anexo 17. Balance aparente por parcela / Año (98), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa.**

Parcela	ENTRADAS kg/mz			SALIDAS kg/ mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	40.9	46.08	0	21.63	4.45	46.96	19.27	41.54	-46.96
2	65.45	12.00	7.54	75.36	24.47	56.93	-9.91	-12.47	-49.39
3	65.45	12.00	7.54	79.63	25.63	62.77	-14.18	-13.63	-55.23
5	41.14	48.87	22.81	21.30	2.45	24.15	19.84	46.42	-1.34
6	0	0	0	76.36	92.72	89.08	-76.36	-92.72	-89.08
	212.94	118.87	37.90	274.28	149.72	279.89	-61.34	-30.86	-241.99

**Anexo 18. Balance aparente por parcela / Año (99), finca de Santiago Ruíz (La Escalera), Santa Emilia Matagalpa.**

Parcela	ENTRADAS kg/mz			SALIDAS kg/ mz			Balance aparente (E - S)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	65.45	73.60	0	28.80	5.94	53.33	36.65	67.66	-53.33
2	54.54	0	0	72.62	23.91	49.75	-18.08	-23.91	-49.75
3	33.45	0	0	50.98	16.39	42.07	-17.53	-16.39	-42.07
4	0	0	0	76.36	92.72	89.08	-76.36	-92.72	-89.08
5	58.03	67.07	21.15	28.48	3.28	32.18	29.55	63.78	-11.04
6	32.73	36.80	0	14.18	1.63	16.00	18.55	35.17	-16.00
	244.20	177.47	21.15	271.42	143.88	282.42	-27.22	33.59	-261.27