



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## Dinámica de nutrientes de la hojarasca producida por tres especies arbóreas fijadoras de nitrógeno plantadas en la celda de lodos y rípios Secoya 26 en la Amazonía Ecuatoriana

Armijos Zambrano, Mónica Fernanda

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Villacís Buenaño, Jaime Emiliano, Ph. D

2 de marzo del 2023



## Celda de lodos y ripios

El proceso de extracción ocasiona una grave degradación ambiental, ya que durante la perforación petrolera se producen lodos y ripios, que al ingresar al suelo afectan negativamente sus propiedades. Pozo & Casamen (2017).

La reforestación en suelos perturbados aporta hojarasca al suelo, que al descomponerse representa del 20 al 30 % de la producción neta total para un estado dinámico estable nutricional. Pérez & Reyes (2016).

No hay registro de estudios sobre el aporte de nutrientes de especies arbóreas autóctonas en la Amazonia Ecuatoriana.



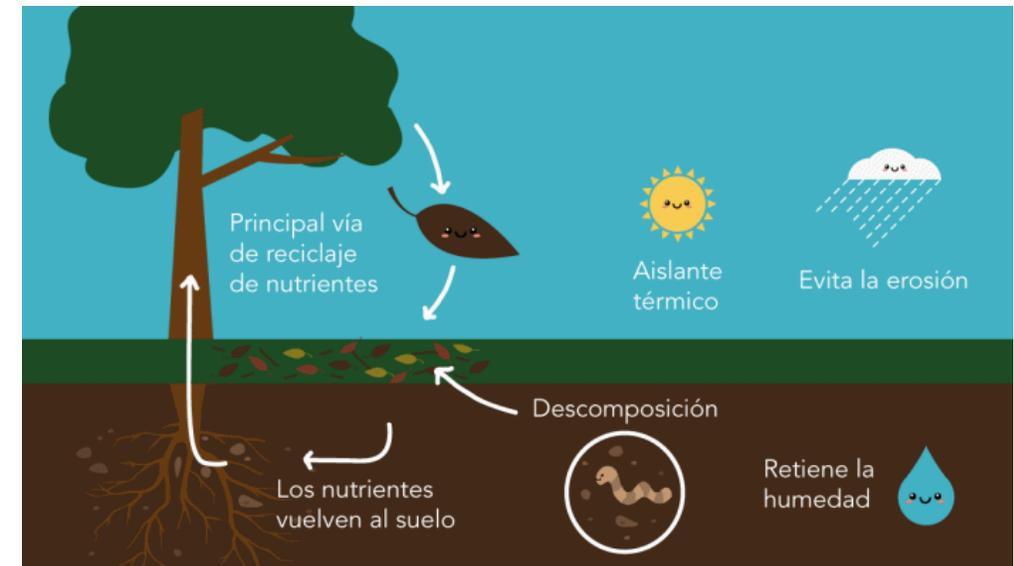
*Nota.* Tomado de Villacís (2016).

Las especies arbóreas leguminosas son una alternativa para recuperación de suelos. (2022).

(Guaba; *Inga densiflora*, Caoba; *Platymiscium pinnatum*, y Chíparo; *Zygia longifolia*).

La finalidad del proyecto fue determinar la dinámica de nutrientes que aporta la hojarasca recolectada de estos árboles por un periodo de tiempo.

## Ciclaje de nutrientes



Nota. Tomado de Infoagronomo (2019).

## OBJETIVO GENERAL

Determinar la dinámica de nutrientes proveniente de la hojarasca de tres especies arbóreas de la familia *Fabaceae* establecidas en la celda de lodos y ripios Secoya 26 en la Amazonía Ecuatoriana

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la biomasa de la hojarasca que se desprende de cada especie arbórea en un tiempo determinado.
- Evaluar la cantidad de macro y micro nutrientes (P, K, Zn y Cu) que aporta cada especie arbórea de la celda de lodos y ripios en diferentes tiempos de descomposición.

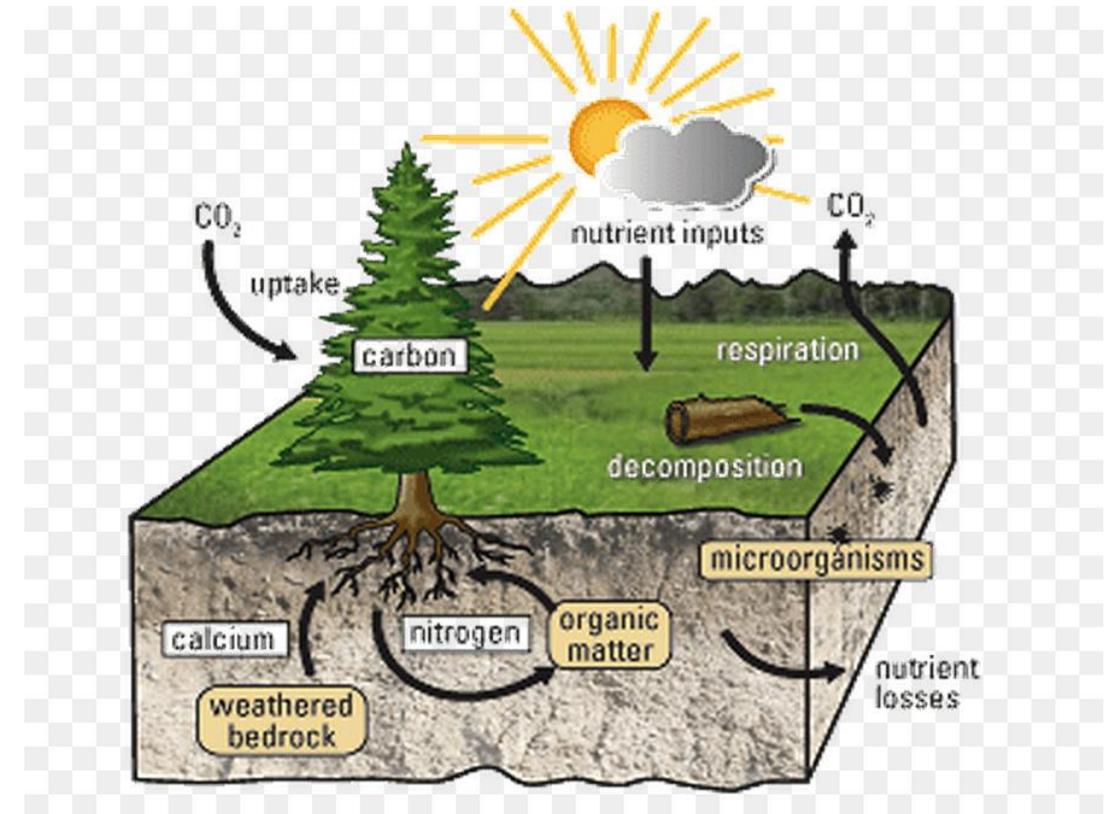
## Ciclaje de nutrientes

El ciclaje de los nutrientes va del suelo a la biomasa, regresan luego al suelo, esto permite el crecimiento y la no competencia.

En este proceso de reciclaje, los microorganismos participan en la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

Las entradas de nutrientes provienen de la sedimentación atmosférica, la fijación biológica del nitrógeno y el desgaste de los minerales primarios del suelo.

Las condiciones climáticas predominantes en los ecosistemas tropicales tienen una marcada influencia sobre la dinámica de los nutrientes entre el suelo y la vegetación.



Especies evaluadas



*Guaba (Inga densiflora)*



*Caoba (Platymiscium pinnatum)*

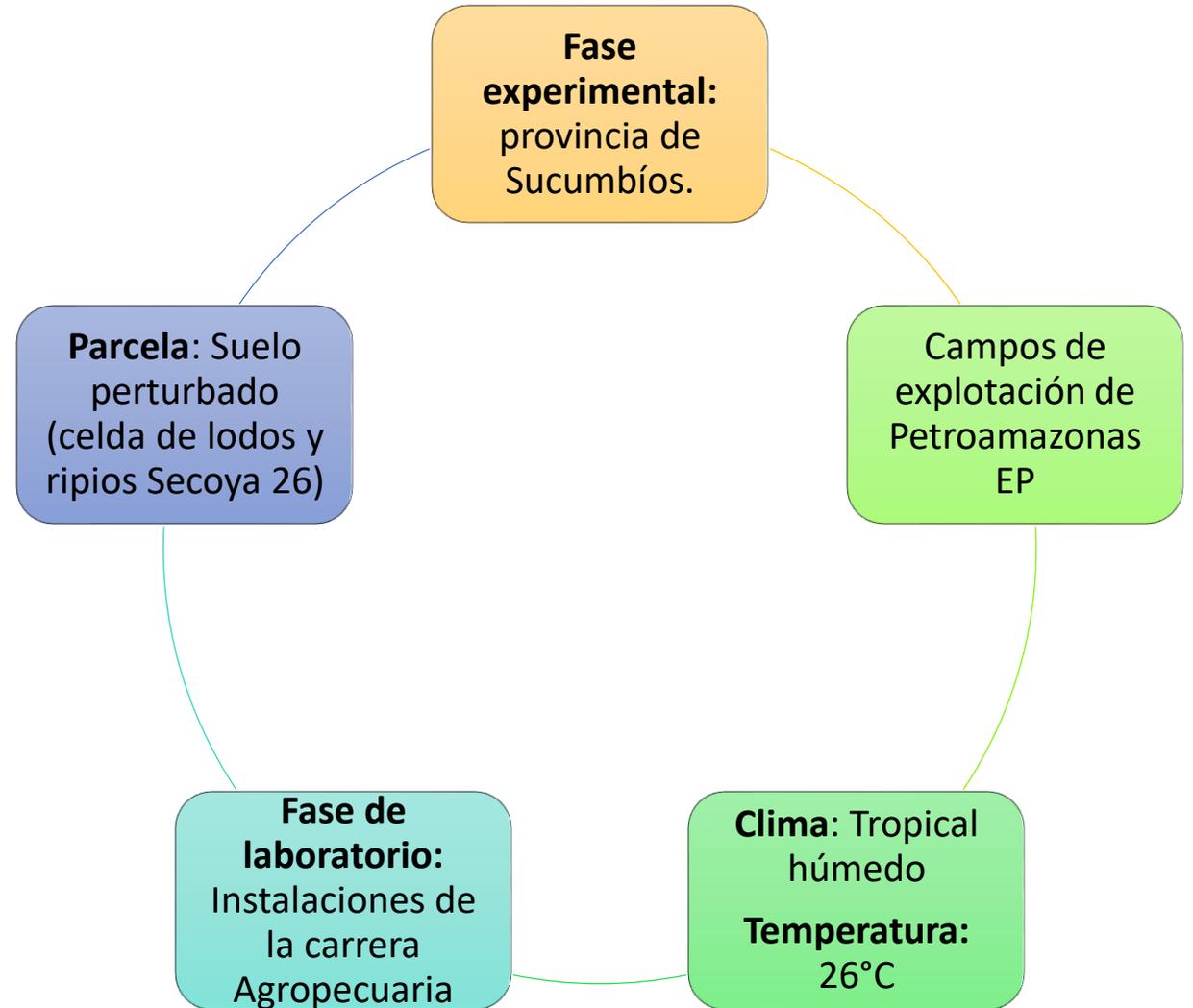


*Chíparo (Zygia longifolia)*

## Área de estudio

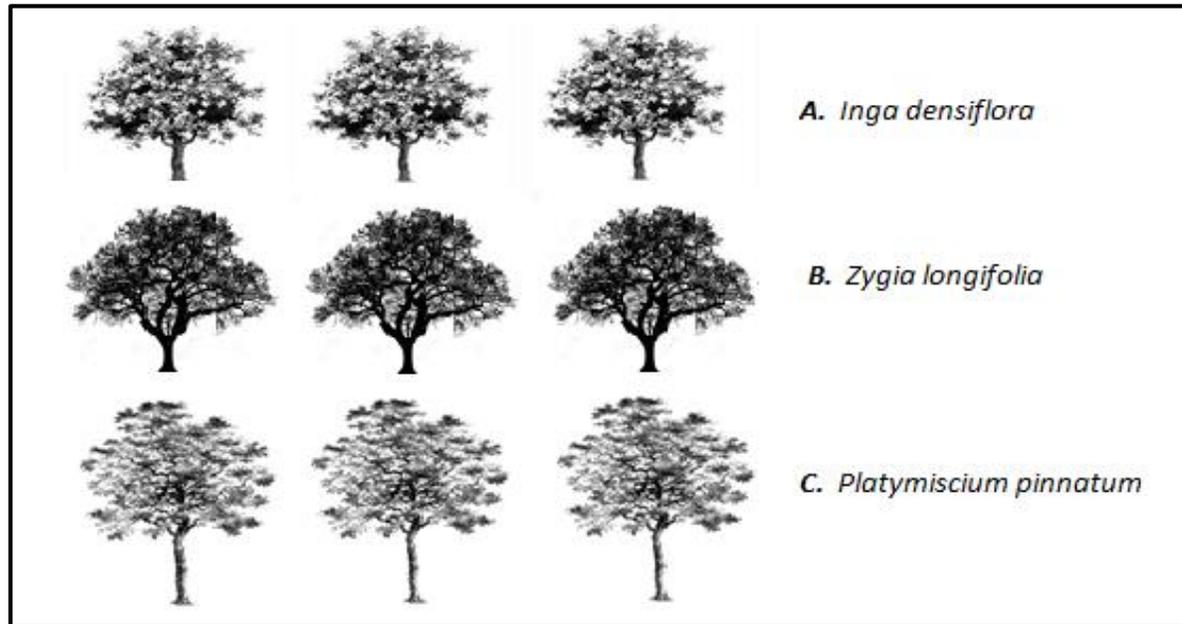


**Figura 1.** Mapa de geocalización del sitio de muestreo  
*Nota.* Auditoría propia



## Fase Experimental

### *Selección de especies*



Se seleccionaron tres árboles de tres especies de la familia *Fabaceae* (*Inga densiflora*, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia*).



Los árboles se encuentran plantados en la celda de lodos y rípios a una distancia de 4 m por individuo.

**Figura 2.** Disposición del experimento en el campo

*Nota.* Auditoría propia

## Fase Experimental

### Implementación del experimento y obtención de la muestra

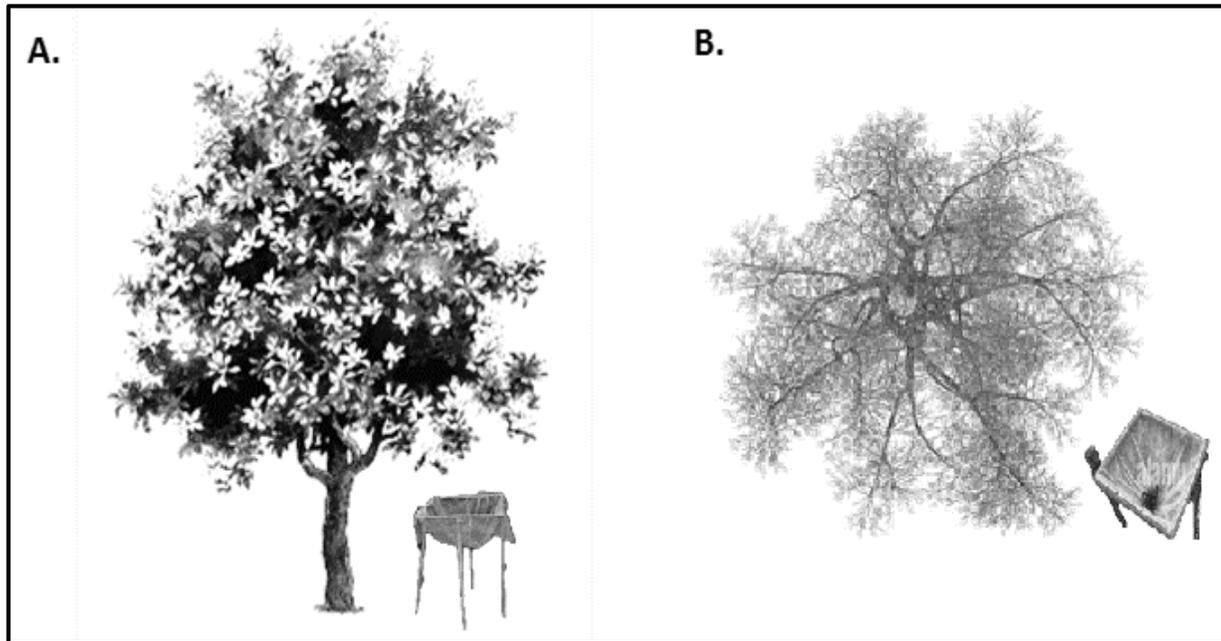


Figura 3. Distribución de las trampas de hojarasca para biomasa

Nota. Auditoría propia

Se construyeron trampas tipo canasta 50 x 50 cm con una malla tipo sarán.

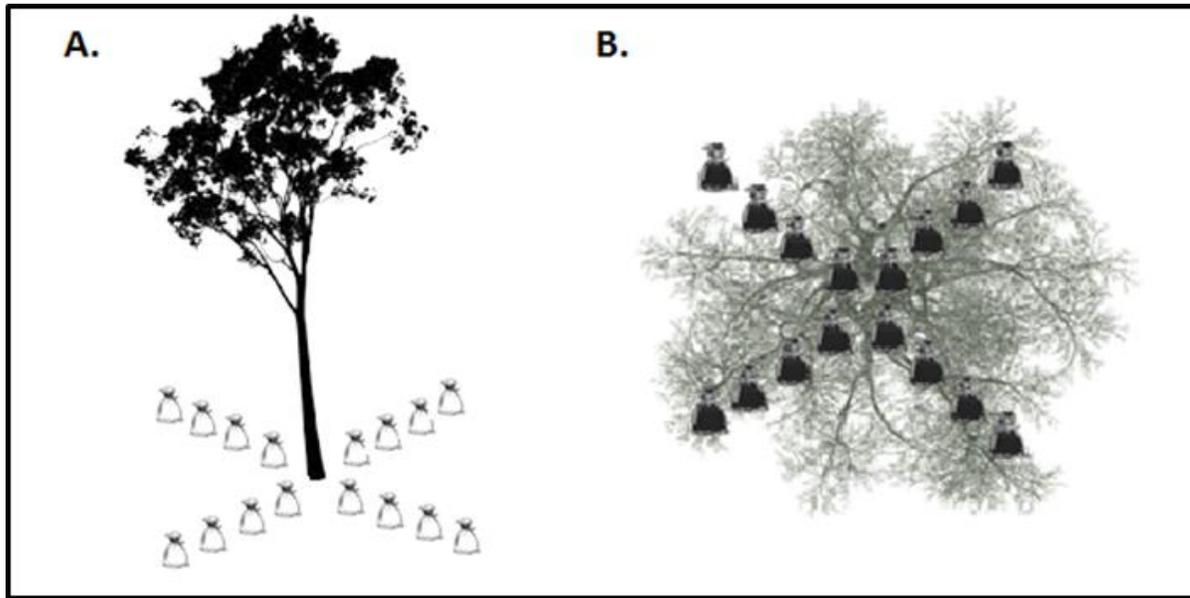
Las trampas se colocaron de 1 a 2 m del fuste, debajo de la copa de los árboles.

En total se colocaron 9 trampas, una para cada individuo.



## Fase Experimental

### Implementación del experimento y obtención de la muestra



**Figura 3.** Distribución de las bolsas de nylon en campo

*Nota.* Auditoría propia

Se realizó bolsas de descomposición de 20 x 15 cm con tela nylon.

Se colocó con 5 g de hojarasca colectada de cada uno de los árboles, se amarró con hilo grueso y se etiquetó.

Se limpió debajo de la corona de los árboles y se puso las bolsas con hojarasca a una distancia de 15 cm del fuste.

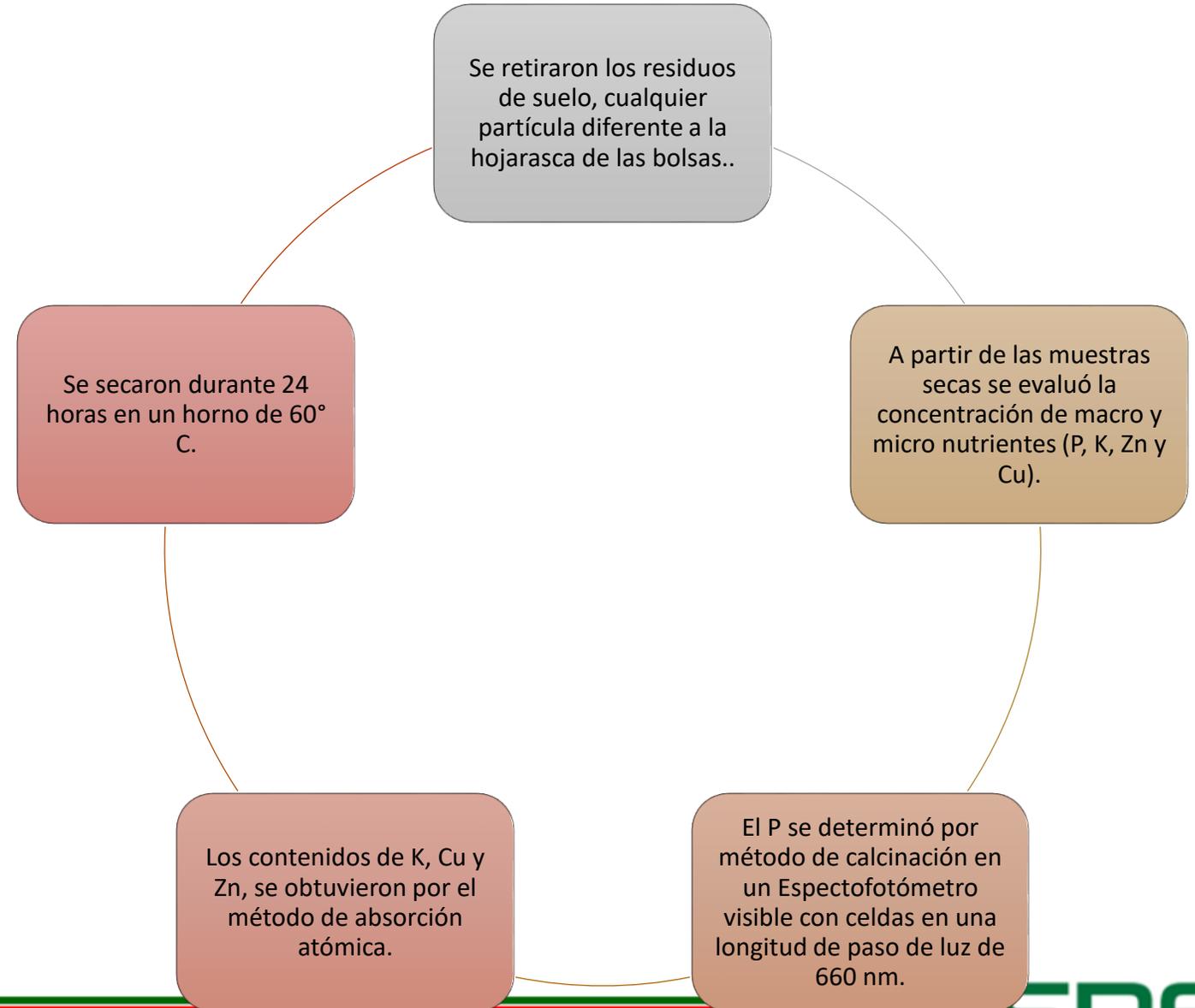
Se colocaron 16 bolsas por árbol agrupadas de cuatro, puestas en forma de cruz y tapadas con hojarasca del suelo.



## Fase de Laboratorio



**Figura 4.** Laboratorio de Suelos, Agua y Foliares.  
*Nota.* Tomado de Sarango (2021)



## Medición de variables

Se recolectó la biomasa de las canastas a los 30, 45 y 60 días, para realizar el análisis de nutrientes en laboratorio.

Las bolsas de nylon se recogieron al igual a los 30, 45, 60 días después de la instalación del experimento.

La dinámica de los nutrientes se evaluó durante los diferentes tiempos de recolección, con la diferencia entre la biomasa colectada de las canastas y las bolsas de nylon con hojarasca.

Las variables a medir del experimento fueron la biomasa de los árboles y el contenido de P, K, Zn, y Cu en las muestras recolectada.

## Análisis de la información

Las variables tratadas se caracterizaron utilizando estadística descriptiva, promedio error estándar y coeficiente de variación.

Para comparar las variables medidas en el tiempo, se realizaron análisis de varianza usando modelos lineales generales mixtos, para un diseño completamente al azar en parcela dividida.

Bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + S_{K(i)} + T_j + (AT)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Producción de hojarasca/Contenido de nutrientes.

$\mu$  = Media general.

$A_i$  = Efecto de la i-ésima Especies arbóreas.

$S_{K(i)}$  = Error de la Especie arbórea.

$T_j$  = Efecto del j-ésimo Tiempo de recolección.

$(AT)_{ij}$  = Efecto de la interacción Especie arbórea x Tiempo de recolección.

$E_{ijk}$  = Error para el Tiempo de recolección.

Además se realizaron pruebas de comparación de medias DCG al 5% para especies, tiempo e interacciones. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico Infostat.

## Producción de biomasa

**Tabla 1**

*Análisis de varianza de la biomasa de hojas y ramas colectada de árboles de tres especies plantadas en la celda de lodos y ripios*

Fuentes de variación	gl	Hojas		Ramas	
		F	p-valor	F	p-valor
Especie arbórea	2	1,79	0,2474	0,13	0,8830
Tiempo (días)	2	1,78	0,2102	3,22	0,2372
Especie arbórea x Tiempo	4		0,0797	0,04	0,8616

*Nota.* La especie y tiempo se consideran factores fijos. gl= grados de

libertad

No se encontró diferencias significativas para la interacción Especie\*Tiempo (días) sobre la producción de hojas y ramas.

## Producción de biomasa

**Tabla 2**

Promedio  $\pm$  error estándar de biomasa total por especie arbórea (Mg/ha/año) y tiempo, producida en la celda de lodos y ripios

Especie arbórea	Tiempo (días)	Biomasa total (Mg/ha/año)
<i>Inga densiflora</i>	45	3.17 $\pm$ 0.32 a
<i>Inga densiflora</i>	60	1.17 $\pm$ 0.32 b
<i>Platymiscium pinnatum</i>	30	1.14 $\pm$ 0.32 b
<i>Zygia longifolia</i>	30	0.96 $\pm$ 0.32 b
<i>Inga densiflora</i>	30	0.93 $\pm$ 0.32 b
<i>Platymiscium pinnatum</i>	45	0.76 $\pm$ 0.32 b
<i>Platymiscium pinnatum</i>	60	0.70 $\pm$ 0,32 b
<i>Zygia longifolia</i>	60	0.61 $\pm$ 0,32 b
<i>Zygia longifolia</i>	45	0.55 $\pm$ 0,32 b

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas

(DGC,  $p > 0.05$ )

Se encontró un efecto significativo de la interacción Especie arbórea\*Tiempo (días) sobre la producción de biomasa total ( $F_{4,12}=6.11$ ;  $p=0.0064$ ).

Los individuos de *Inga densiflora* a los 45 días produjeron mayor cantidad de biomasa que las demás árboles y de los tiempos especies evaluadas.

## Concentración de nutriente de la producción de biomasa

**Tabla 3**

*Análisis de varianza del contenido de nutrientes (P, K, Zn y Cu) de la biomasa colectada de árboles de tres especies arbóreas plantadas en la celda de lodos y ripios*

Fuentes de variación	gl	P		K		Zn		Cu	
		F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor
Especie arbórea	2	31,16	<0,0001	27,28	<0,0001	2,46	0,1138	108,09	<0,0001
Tiempo (días)	2	9,02	0,0019	13,23	0,0003	13,82	0,0002	31,25	<0,0001
Especie arbórea x Tiempo	4	2,11	0,1215	5,04	0,0067	4,63	0,0096	79,20	<0,0001

*Nota.* La especie y tiempo se consideran factores fijos. gl= grados de libertad

Se encontró un efecto significativo de la interacción Especie arbórea\*Tiempo (días), sobre el contenido de nutrientes (K, Zn y Cu) de la biomasa total.

Además se encontró un efecto significativo de la Especie y Tiempo para el contenido de P.

## Concentración de nutriente de la producción de biomasa

**Tabla 4**

*Promedio ± error estándar de la concentración de nutrientes de la biomasa total por especie arbórea\* tiempo (días) en la celda de lodos y ripios*

Especie arbórea	Tiempo (días)	Nutrientes		
		K	Zn	Cu
<i>Platymiscium pinnatum</i>	30	5,00±0,66 a	7,17±0,69 a	63,74±10,81 b
	45	2,97±0,66 b	5,71±0,69 a	76,53±10,81 b
	60	1,42±0,66 c	2,67±0,69 b	67,73±10,81 b
<i>Zygia longifolia</i>	30	2,54±0,35 b	3,37±1,03 b	158,36±5,33 a
	45	0,68±0,35 c	5,83±1,03 a	23,52±5,33 c
	60	1,27±0,35 c	1,98±1,03 b	35,48±5,33 c
<i>Inga densiflora</i>	30	0,83±0,13 c	6,53±0,36 a	9,23±2,82 d
	45	0,59±0,13 c	3,40±0,36 b	8,75±2,82 d
	60	0,47±0,13 c	3,22±0,36 b	11,14±2,82 d

*Nota.* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas

(DGC; p>0,05)

Los árboles de *Platymiscium pinnatum* a los 30 días presentaron mayor contenido de K durante los tres períodos de recolección, con un aporte de (5.002 Kg/ha/año).

Las especies evaluadas, *Inga densiflora* y *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Zn a los 30 días y *Platymiscium pinnatum* a los 30 y 45 días.

Los individuos de *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Cu a los 30 días, aportando al suelo (0.158 Kg/ha/año).

## Concentración de nutriente de la producción de biomasa

**Tabla 5**

Promedio  $\pm$  error estándar de la concentración de nutrientes en la biomasa de tres especies arbóreas plantadas en la celda de lodos y ripios

Nutrientes	Especies arbóreas		
	<i>Inga densiflora</i>	<i>Platymiscium pinnatum</i>	<i>Zygia longifolia</i>
P	0,48 $\pm$ 0,11 b	1,98 $\pm$ 0,15 a	0,79 $\pm$ 0,12 b
K	0,63 $\pm$ 0,07 c	3,13 $\pm$ 0,38 a	1,50 $\pm$ 0,20 b
Zn	4,38 $\pm$ 0,21 a	5,18 $\pm$ 0,40 a	3,73 $\pm$ 0,60 a
Cu	9,71 $\pm$ 1,63 b	69,33 $\pm$ 6,24 a	72,45 $\pm$ 3,08 a

Nota: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (DGC;  $p > 0,05$ )

Los individuos de la especie *Platymiscium pinnatum* presentaron mayor contenido de P a diferencia de las demás especies.

**Tabla 6**

Promedio  $\pm$  error estándar de la concentración de nutrientes en la biomasa de tres períodos de tiempo en la celda de lodos y ripios

Nutrientes	Tiempo (días)		
	30	45	60
P	1,32 $\pm$ 0,13 a	1,29 $\pm$ 0,13 a	0,64 $\pm$ 0,13 b
K	2,79 $\pm$ 0,25 a	1,41 $\pm$ 0,25 b	1,05 $\pm$ 0,25 b
Zn	5,69 $\pm$ 0,43 a	4,98 $\pm$ 0,43 a	2,63 $\pm$ 0,43 b
Cu	77,11 $\pm$ 4,13 a	38,12 $\pm$ 4,13 b	36,27 $\pm$ 4,13 b

Nota: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (DGC;  $p > 0,05$ )

A los 30 y 45 días que se obtuvo mayor contenido de P que al día 60 de recolección

## Concentración de nutrientes en la hojarasca

**Tabla 7**

*Análisis de varianza del contenido de nutrientes (P, K, Zn, Cu) de hojarasca en tres periodos de descomposición de tres especies arbóreas plantadas en la celda de lodos y rípios*

Fuentes de variación	gl	P		K		Zn		Cu	
		F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor
Especie arbórea	2	29,30	<0,0001	10,71	0,0009	19,20	<0,0001	6,42	0,0079
Tiempo (días)	2	81,76	<0,0001	12,72	0,0004	5,71	0,0120	19,76	<0,0001
Especie arbórea x Tiempo	4	6,08	0,0028	14,88	<0,0001	2,81	0,0567	2,68	0,0651

*Nota.* La especie y tiempo se consideran factores fijos. gl= grados de libertad

Se encontró un efecto significativo de la interacción Especie arbórea\*Tiempo (días), para el contenido de nutrientes de hojarasca (P, K, Zn).

Además se encontró un efecto significativo de la Especie y Tiempo para el contenido de Cu.

## Concentración de nutrientes en la hojarasca

**Tabla 8**

*Promedio ± error estándar de la concentración de nutrientes de hojarasca en tres periodos de descomposición de tres especies arbóreas plantadas en la celda de lodos y ripios*

Especie arbórea	Tiempo (días)	Nutrientes		
		P	K	Zn
<i>Platymiscium pinnatum</i>	30	0,31±0,02 a	0,09±4,6E-03 a	0,31±0,06 a
	45	0,11±0,02 c	0,02±4,6E-03 c	0,14±0,06 b
	60	0,14±0,02 c	0,02±4,6E-03 c	0,13±0,06 b
<i>Zygia longifolia</i>	30	0,14±0,01 c	0,04±2,7E-03 b	0,28±0,06 a
	45	0,07±0,01 d	0,03±2,7E-03 c	0,11±0,06 b
	60	0,07±0,01 d	0,02±2,7E-03 c	0,11±0,06 b
<i>Inga densiflora</i>	30	0,18±4,9E-03 b	0,14±0,03 a	0,03±0,01 b
	45	0,10±4,9E-03 c	0,07±0,03 a	0,03±0,01 b
	60	0,07±4,9E-03 d	0,01±0,03 c	0,03±0,01 b

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (DGC,

p>0,05)

Los árboles de *Platymiscium pinnatum* a los 30 días presentaron mayor contenido de P durante los tres períodos de recolección, con un aporte de (0,302 Kg/ha/año).

La especie *Platymiscium pinnatum* presentó mayor contenido de K a los 30 días, e *Inga densiflora* a los 30 y 45 días.

Los individuos de *Platymiscium pinnatum* y *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Zn a los 30 días (0,311 y 2,765 Kg/ha/año) respectivamente.

## Concentración de nutrientes en la hojarasca

**Tabla 9**

Promedio  $\pm$  error estándar de la concentración de nutrientes en hojarasca de tres especies arbóreas plantadas en la celda de lodos y ripios

Nutrientes	Especies arbóreas		
	<i>Inga densiflora</i>	<i>Platymiscium pinnatum</i>	<i>Zygia longifolia</i>
P	0,11 $\pm$ 2,8E-03 b	0,19 $\pm$ 0,01 a	0,09 $\pm$ 0,01 c
K	0,07 $\pm$ 0,02 a	0,04 $\pm$ 2,6E-03 a	0,03 $\pm$ 1,5E-03 b
Zn	0,03 $\pm$ 4,3E-03 b	0,19 $\pm$ 0,03 a	0,17 $\pm$ 0,03 a
Cu	1,43 $\pm$ 0,16 b	2,39 $\pm$ 0,22 a	1,90 $\pm$ 0,20 a

Nota: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (DGC;

p>0,05)

Los individuos de las especies *Platymiscium pinnatum* y *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Cu a diferencia de *Inga densiflora*.

**Tabla 10**

Promedio  $\pm$  error estándar de la concentración de nutrientes de hojarasca en tres períodos de tiempo en la celda de lodos y ripios

Nutrientes	Tiempo (días)		
	30	45	60
P	0,21 $\pm$ 0,01 a	0,10 $\pm$ 0,01 b	0,09 $\pm$ 0,01 b
K	0,09 $\pm$ 0,01 a	0,04 $\pm$ 0,01 b	0,02 $\pm$ 0,01 b
Zn	0,21 $\pm$ 0,03 a	0,10 $\pm$ 0,03 b	0,09 $\pm$ 0,03 b
Cu	2,70 $\pm$ 0,19 a	2,03 $\pm$ 0,19 b	1,00 $\pm$ 0,19 c

Nota: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (DGC;

p>0,05)

A los 30 días se obtuvo mayor contenido de Cu que en los demás días de recolección.

## Dinámica de los macronutrientes

**Tabla 11**

*Análisis de varianza de la dinámica de nutrientes (P, K, Zn y Cu) de la biomasa y hojarasca de árboles de tres especies plantadas en la celda de lodos y ripios*

Fuentes de variación	P		K		Zn		Cu		
	gl	F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor
Especie arbórea	2	26,73	<0,0001	28,57	<0,0001	1,97	0,1679	184,19	<0,0001
Tiempo (días)	2	7,35	0,0047	12,26	0,0004	12,33	0,0004	28,73	<0,0001
Especie arbórea x Tiempo	4	2,12	0,1197	5,35	0,0054	4,59	0,0099	78,99	<0,0001

*Nota.* La especie y tiempo se consideran factores fijos. gl= grados de libertad

Se encontró un efecto significativo de la interacción Especie arbórea\*Tiempo (días), en la dinámica de nutrientes (K, Zn y Cu) de biomasa y hojarasca.

Además se encontró un efecto significativo de la Especie y Tiempo para el contenido de P.

## Dinámica de los macronutrientes

**Tabla 12**

*Promedio ± error estándar de la dinámica nutrientes de especie arbórea\* tiempo (días) en la celda de lodos y ripios*

Especie arbórea	Tiempo (días)	Nutrientes		
		K	Zn	Cu
<i>Platymiscium pinnatum</i>	30	4,92±0,66 a	6,86±0,72 a	60,00±11,01 b
	45	2,94±0,66 b	5,57±0,72 a	74,20±11,01 b
	60	1,39±0,66 c	2,54±0,72 b	66,62±11,01 b
<i>Zygia longifolia</i>	30	2,50±0,35 b	3,09±1,06 b	155,59±5,24 a
	45	0,65±0,35 c	5,72±1,06 a	21,67±5,24 c
	60	1,25±0,35 c	1,87±1,06 b	34,39±5,24 c
<i>Inga densiflora</i>	30	0,70±0,13 c	6,49±0,36 a	7,62±2,92 d
	45	0,52±0,13 c	3,37±0,36 b	6,84±2,92 d
	60	0,46±0,13 c	3,19±0,36 b	10,36±2,92 d

*Nota.* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (DGC,

p>0,05)

Los árboles de *Platymiscium pinnatum* a los 30 días presentaron mayor contenido de K durante los tres períodos de recolección, con un aporte de (4.216 Kg/ha/año).

Las especies evaluadas, *Inga densiflora* y *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Zn a los 30 días y *Platymiscium pinnatum* a los 30 y 45 días.

Los individuos de *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Cu a los 30 días, aportando al suelo (0.156 Kg/ha/año).

## Dinámica de los macronutrientes

**Tabla 13**

Promedio  $\pm$  error estándar de la dinámica de nutrientes los árboles de tres especies plantadas en la celda de lodos y rípios

Nutrientes	Especies arbóreas		
	<i>Inga densiflora</i>	<i>Platymiscium pinnatum</i>	<i>Zygia longifolia</i>
P	0.36 $\pm$ 0.12 b	1.79 $\pm$ 0.16 a	0.70 $\pm$ 0.11 b
K	0.56 $\pm$ 0.07 c	3.08 $\pm$ 0.38 a	1.47 $\pm$ 0.20 b
Zn	4.35 $\pm$ 0,21 a	4.99 $\pm$ 0.42 a	3.56 $\pm$ 0.61 a
Cu	8.27 $\pm$ 1.69 b	66.94 $\pm$ 6.36 a	70.55 $\pm$ 3.03 a

Nota: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (DGC; >0,05)

Los individuos de la especie *Platymiscium pinnatum* presentaron mayor contenido de P a diferencia de las demás especies

**Tabla 14**

Promedio  $\pm$  error estándar de la dinámica de nutrientes de tres períodos de tiempo en la celda de lodos y rípios

Nutrientes	Tiempo (días)		
	30	45	60
P	1.20 $\pm$ 0,13 a	1.11 $\pm$ 0,13 a	0.54 $\pm$ 0,13 b
K	2.70 $\pm$ 0.25 a	1.37 $\pm$ 0.25 b	1.04 $\pm$ 0.25 b
Zn	5.48 $\pm$ 0.44 a	4.89 $\pm$ 0.44 a	2.53 $\pm$ 0.44 b
Cu	74.40 $\pm$ 4.18 a	37.12 $\pm$ 4.18 b	34.24 $\pm$ 4.18 b

Nota: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (DGC; p>0,05)

A los 30 y 45 días que se obtuvo mayor contenido de P que al día 60 de recolección

## CONCLUSIONES

- Los individuos de la especie *Inga densiflora* produjeron mayor cantidad de biomasa a los 45 días aportando al suelo 11.74 Mg/ha/año, que los árboles de *Zygia longifolia* y *Platymiscium pinnatum* en los diferentes períodos de tiempo de recolección.
- Los árboles de la especie *Platymiscium pinnatum* presentaron mayor contenido de K a los 30 días aportando de (4.216 Kg/ha/año). Los mismo individuos presentaron mayor contenido de Zn a los 30 y 45 días (5.858 y 5,569 Kg/ha/año), seguidos de los árboles de la especies *Inga densiflora* y *Zygia longifolia* con (7.208 y 3.089 Kg/ha/año) a los 30 días. Los individuos de la especie *Zygia longifolia* presentaron mayor contenido de Cu a los 30 días, aportando al suelo (0.156 Kg/ha/año). Para el contenido de P los árboles de la especie *Platymiscium pinnatum* obtuvieron mayor concentración aportando 1,787 Kg/ha/año.

## RECOMENDACIONES

- Evaluar la biomasa y cantidad de nutriente de estas especies en períodos más largos de tiempo para así tener datos más acertados sobre el ciclaje de nutrientes y tener datos más confiables sobre la selección de especies a reforestar.
- Realizar el estudio de todos los macro y micro nutrientes para obtener un balance nutricional más confiable sobre el aporte de la hojarasca de los árboles de las especies evaluadas.

# *Agradecimientos*

