



Evaluación del aporte de nutrientes de hojarasca de tres especies arbóreas exóticas plantadas en las celdas de lodos y rípios Secoya 26 en la Amazonía ecuatoriana

Caiza Quinga, Marjorie Estefania

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. Jaime Emiliano, Villacis Buenaño, Ph.D.

15 de agosto de 2023



- Introducción
 - Antecedentes
 - Justificación
- Objetivos
- Hipótesis
- Metodología
- Resultados y Discusión
- Conclusiones
- Recomendaciones

Antecedentes



La contaminación del suelo por la extracción de petróleo disminuye su fertilidad (Stepanova et al., 2022).



Los materiales de desecho son depositados en las celdas de lodos y rípios (CLR) (Sierra et al., 2021).



Reforestar sobre las celdas de lodos y rípios permite acelerar el proceso de remediación (Maddela et al., 2015).

Justificación



Se han realizado estudios de descomposición y la absorción de nutrientes en bosques naturales (Hegarty, 1991)

Durante el crecimiento de los árboles se produce la caída de hojarasca la cual aporta nutrientes al suelo (Heredia et al., 2016).



Es importante investigar la dinámica de nutrientes en suelos perturbados por la extracción de petróleo

General

- Evaluar el aporte de nutrientes de hojarasca de tres especies arbóreas plantadas en las celdas de lodos y rípios Secoya 26 en la Amazonía ecuatoriana.

Específicos

- Cuantificar la cantidad de hojarasca aportada por tres especies arbóreas exóticas plantadas en suelos perturbados.
- Determinar la cantidad de macronutrientes y micronutrientes aportada por la hojarasca de tres especies arbóreas plantadas en las celdas de lodos y rípios Secoya 26.

Las especies forestales *Syzygium malaccensis* L., *Syzygium jambos* L. y *Nephelium lappaceum* L. plantadas en las celdas de lodos y ripios aportan cantidades similares de biomasa y nutrientes a las celdas de lodos y ripios.

Área de estudio

La fase de campo se realizó en las CLR de la plataforma de extracción de la EP Petroamazonas Secoya 26, ubicada en la Parroquia Pacayacu, Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbios

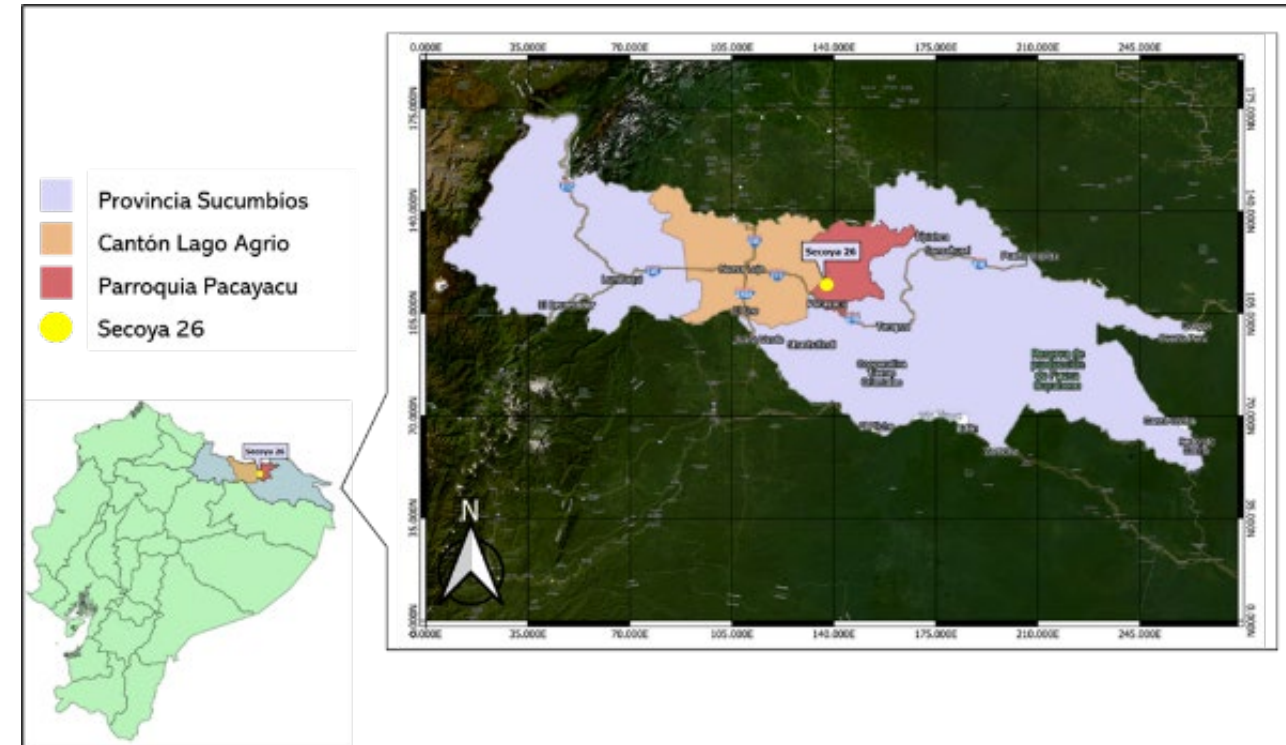


Altitud: 283 msnm

T. media anual: 23°C

P. media anual: 3075 mm

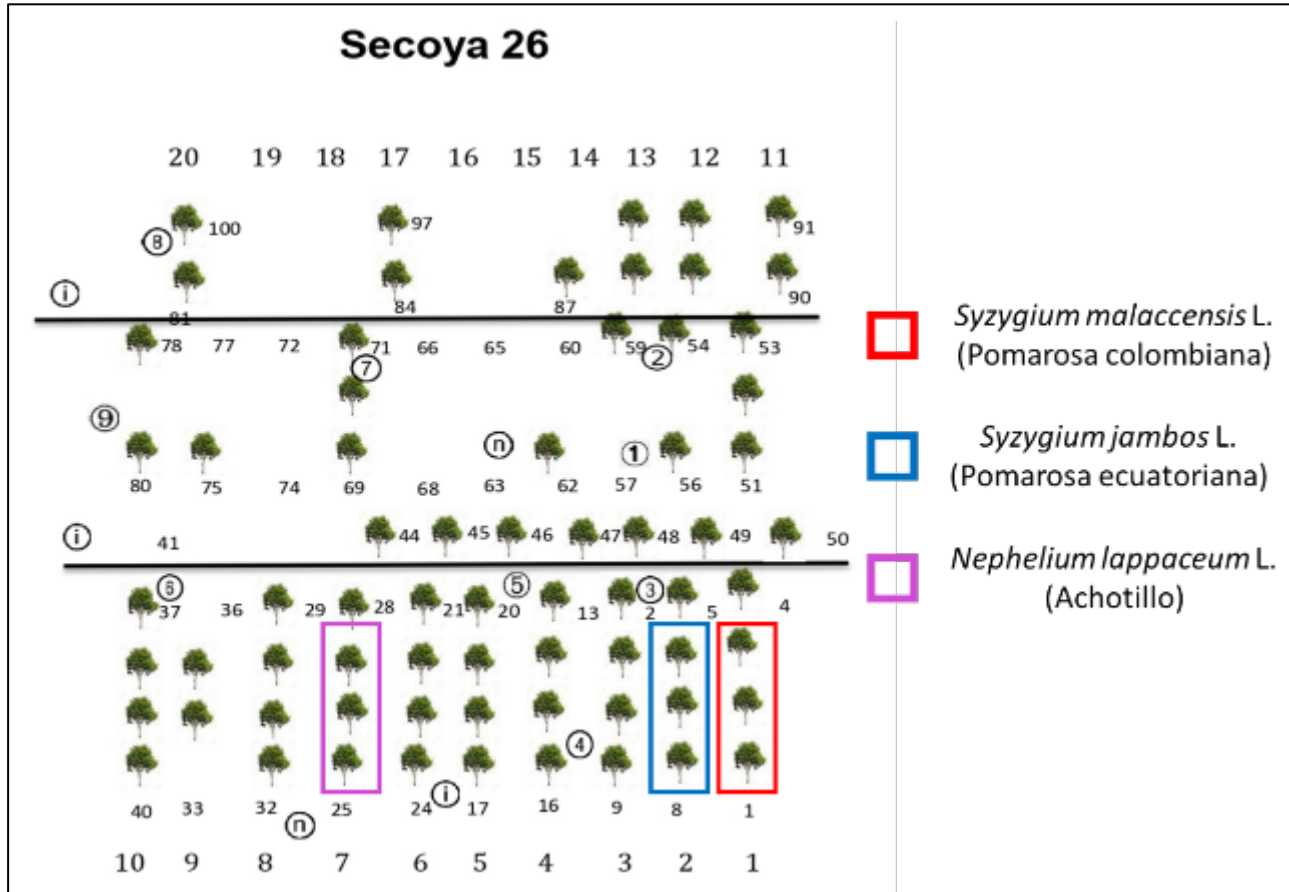
Humedad Relativa. 85 %



La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare del IASA I, y en el CENCINAT – ESPE.

Selección de especies

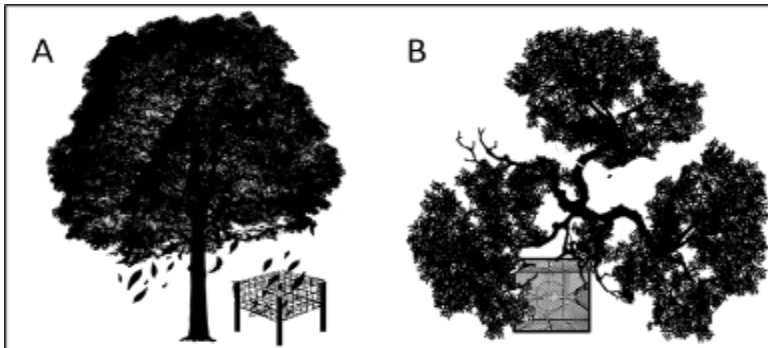
De las diferentes especies de árboles plantados en las CLR Secoya 23, se seleccionaron *Syzygium malaccensis* L., *Syzygium jambos* L y *Nephelium lappaceum* L.



10 años después se han establecido en las celdas de lodos y ripios Secoya 26.

Implementación del experimento

Trampas para la hojarasca (biomasa)

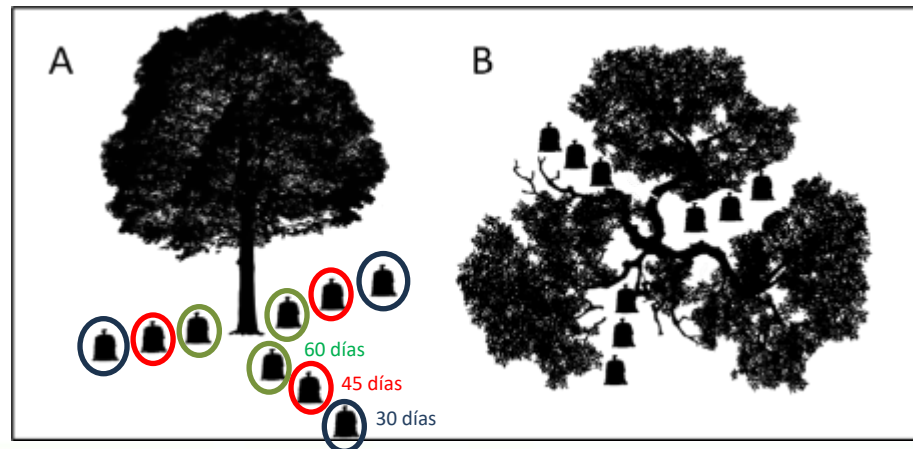


Bolsas de descomposición



Recolección

La hojarasca de las trampas se recolectó a los 30, 45 y 60 días de implementado el experimento, al igual que la hojarasca de las bolsas de descomposición



Secado



Pesado



Molido



Almacenado



VARIABLES EVALUADAS

Producción de hojarasca (biomasa)



$$\text{Biomasa} = \frac{1,98 \text{ g}}{0,25 \text{ m}^2 \times 15 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ Mg}}{1000000 \text{ g}} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}$$

$$\text{Biomasa} = 2,51 \text{ Mg/ha/año}$$

Aporte de nutrientes

Nutrientes
hojarasca

Nutrientes
bolsas

Aporte

Determinación de N, P, K, Fe, Na, Zn y Cu

N

- Método Kjeldahl

P

- Calcinación y colorimetría con nitro-vanado-molibdato

K, Fe,
Na, Zn y
Cu

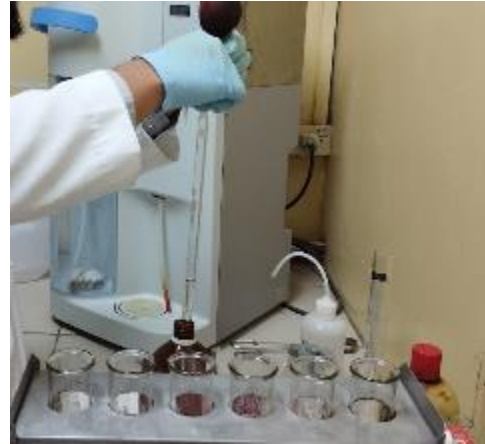
- Calcinación y espectrofotometría de emisión atómica (EEA)

Método Kjeldahl - N

Peso de 1,5 g de muestra



Ác. sulfúrico (20 mL)
+ tableta Kjeldahl



Digestión



Destilación



$$\%N = \frac{1,4 \times M \times (V1 - V0)}{m}$$

M = Normalidad del Ácido clorhídrico

$V1$ = Gasto del Ácido clorhídrico de la muestra

$V0$ = Gasto del Ácido clorhídrico del blanco

m = Masa de la muestra en gramos



Titulación HCl

Colorimetría - P

Peso 3 g de muestra



Calcinación inicial HCl



Calcinación en mufla 500°



Filtrado



Lectura a 466 nm



Reposo 2h



Preparación



$$\% P = \frac{(a - b) \times V}{m \times 10\,000}$$

a = mg/L de P filtrado de la muestra
 b = mg/L prom. del P de los blancos
 V = Volumen final en ml de filtrado
 m = Masa de la muestra en gramos

EEA - K, Fe, Na, Zn y Cu

Peso 3 g de muestra



Calcinación inicial HCl



Calcinación en mufla 500°



Filtrado



Lectura



Absorción



Preparación sol. lantano



Diseño experimental

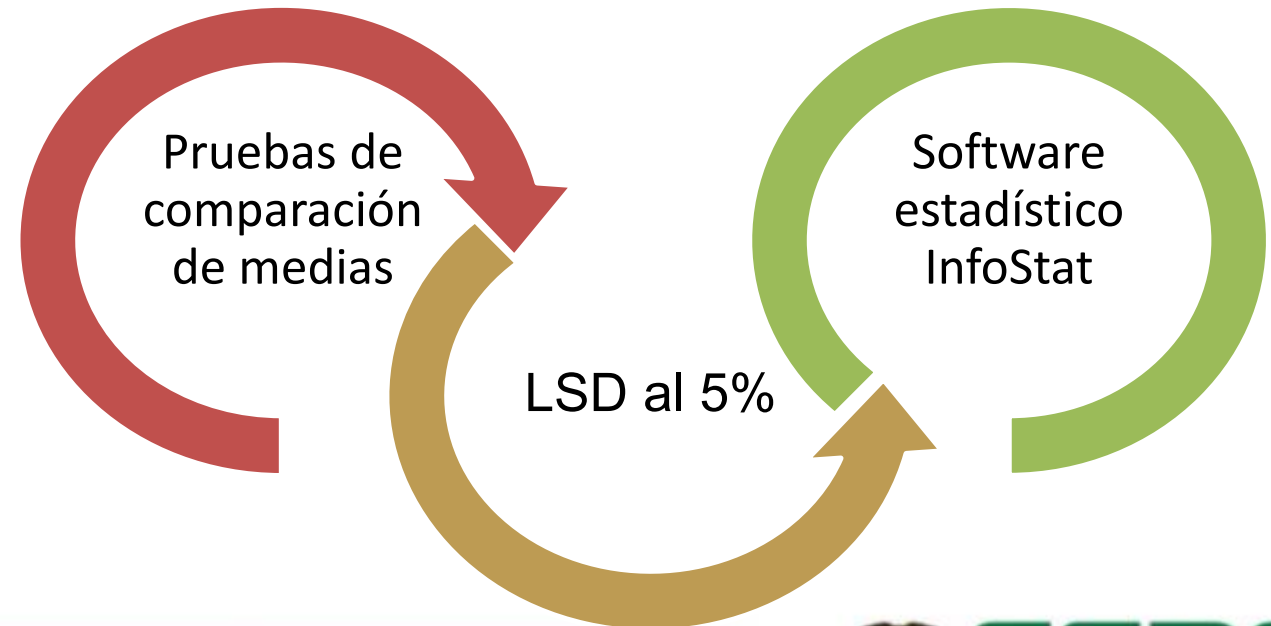
DCA en Parcela Dividida

Parcela grande: Especies arbóreas

Parcela pequeña: Tiempo de recolección (30, 45 y 60 días)

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

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN



Producción de biomasa

Especie	Tiempo de recolección (días)	Biomasa Total (Mg/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	2.63 ± 0.20 a
	45	2.31 ± 0.34 a
	60	2.91 ± 0.67 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	2.91 ± 0.54 a
	45	2.93 ± 1.20 a
	60	2.38 ± 0.31 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	1.74 ± 0.37 a
	45	2.18 ± 0.86 a
	60	2.52 ± 0.31 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0,05$)

Producción de biomasa

Espece	Biomasa Total (Mg/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	2.62 ± 0.24
<i>Syzygium jambos</i> L.	2.74 ± 0.40
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	2.15 ± 0.31
PROM.	2.50 ± 0.19

S. malaccensis L.

Pragasan y Parthasarathy (2005)
0.6 Mg/ha/año

S. jambos L.

Mathooko et al. (2001)
9.37 Mg/ha/año

N. lappaceum L.

Daryl Janiola et al. (2016)
3.93 Mg/ha/año

Sari et al. (2022)
5.4 Mg/ha/año

Promedio tres especies

Pande (2005)
3.70 Mg/ha/año

Yang y Chen (2009)
3.96 Mg/ha/año

Hegarty (1991)
5.4 Mg/ha/año

Macronutrientes de la hojarasca

Especie	Tiempo	N (Kg/ha/año)	P (Kg/ha/año)	K (Kg/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	2.70 ± 0.20 a	1.52 ± 0.39 a	1.26 ± 0.41 a
	45	2.37 ± 0.35 a	0.69 ± 0.27 a	0.67 ± 0.10 a
	60	2.99 ± 0.69 a	1.35 ± 0.14 a	0.99 ± 0.23 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	4.64 ± 0.53 a	1.08 ± 0.18 a	1.67 ± 0.58 a
	45	9.02 ± 3.69 a	1.03 ± 0.41 a	1.14 ± 0.51 a
	60	10.69 ± 1.79 a	0.45 ± 0.08 a	1.04 ± 0.18 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	1.79 ± 0.38 a	1.47 ± 0.58 a	0.65 ± 0.24 a
	45	3.94 ± 2.03 a	1.56 ± 0.61 a	0.51 ± 0.37 a
	60	2.58 ± 0.32 a	2.01 ± 0.92 a	1.08 ± 0.24 a

Nota. Medias con una letra común entre filas no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0,05$)

Micronutrientes de la hojarasca

Especie	Tiempo	Fe (g/ha/año)	Na (g/ha/año)	Zn (g/ha/año)	Cu (g/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	425.37 ± 65.92 a	57.88 ± 4.11 a	27.48 ± 4.00 a	14.01 ± 1.79 a
	45	288.74 ± 43.71 a	50.12 ± 7.01 a	30.49 ± 11.99 a	11.02 ± 1.92 a
	60	464.38 ± 190.36 a	51.94 ± 6.99 a	53.17 ± 23.09 a	17.01 ± 4.21 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	148.83 ± 34.86 a	84.54 ± 24.42 a	27.73 ± 5.97 a	14.11 ± 3.37 a
	45	156.82 ± 54.24 a	111.53 ± 22.69 a	35.49 ± 11.40 a	23.75 ± 10.31 a
	60	171.02 ± 37.25 a	76.18 ± 22.59 a	29.56 ± 5.55 a	17.47 ± 3.51 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	235.89 ± 99.70 a	34.76 ± 8.75 a	27.52 ± 5.62 a	15.77 ± 3.65 a
	45	517.33 ± 116.43 a	39.67 ± 17.50 a	40.56 ± 7.94 a	20.83 ± 7.76 a
	60	365.88 ± 138.59 a	47.45 ± 1.93 a	34.67 ± 3.04 a	24.90 ± 1.98 a

Nota. Medias con una letra común entre filas no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0,05$)

Macronutrientes de las bolsas

Especie	Tiempo	N (Kg/ha/año)	P (Kg/ha/año)	K (Kg/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	0.61 ± 0.08 a	0.45 ± 0.09 a	0.36 ± 0.03 a
	45	0.45 ± 0.13 a	0.38 ± 0.10 a	0.20 ± 0.06 a
	60	0.61 ± 0.28 a	0.61 ± 0.31 a	0.21 ± 0.07 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	0.82 ± 0.31 a	0.44 ± 0.19 a	0.45 ± 0.13 a
	45	1.04 ± 0.75 a	0.57 ± 0.43 a	0.26 ± 0.17 a
	60	0.52 ± 0.12 a	0.29 ± 0.08 a	0.09 ± 0.03 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	0.33 ± 0.13 a	0.20 ± 0.07 a	0.04 ± 0.01 a
	45	0.57 ± 0.40 a	0.34 ± 0.24 a	0.05 ± 0.04 a
	60	0.53 ± 0.12 a	0.38 ± 0.08 a	0.02 ± 0.01 a

Nota. Medias con una letra común entre filas no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0,05$)

Micronutrientes de las bolsas

Espece	Tiempo	Fe (g/ha/año)	Na (g/ha/año)	Zn (g/ha/año)	Cu (g/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	20.47 ± 5.63 a	0.77 ± 0.10 a	0.46 ± 0.09 a	0.24 ± 0.04 a
	45	20.54 ± 5.68 a	0.85 ± 0.30 a	0.47 ± 0.12 a	0.22 ± 0.06 a
	60	56.28 ± 36.88 a	1.65 ± 0.68 a	0.89 ± 0.46 a	0.44 ± 0.20 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	20.67 ± 7.75 a	1.66 ± 0.48 a	0.69 ± 0.18 a	0.27 ± 0.08 a
	45	32.31 ± 24.13 a	1.90 ± 1.45 a	1.31 ± 1.07 a	0.37 ± 0.27 a
	60	26.42 ± 11.43 a	0.76 ± 0.36 a	0.65 ± 0.21 a	0.20 ± 0.05 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	5.69 ± 1.80 a	0.42 ± 0.15 a	0.42 ± 0.16 a	0.18 ± 0.07 a
	45	8.07 ± 4.05 a	0.74 ± 0.39 a	0.91 ± 0.60 a	0.33 ± 0.23 a
	60	12.60 ± 2.03 a	0.59 ± 0.10 a	0.94 ± 0.07 a	0.36 ± 0.09 a

Nota. Medias con una letra común entre filas no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0,05$)

Aporte de macronutrientes

Especie	Tiempo	N (Kg/ha/año)	P (Kg/ha/año)	K (Kg/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	2.09 ± 0.12 a	1.07 ± 0.40 a	0.90 ± 0.40 a
	45	1.92 ± 0.21 a	0.31 ± 0.33 a	0.48 ± 0.15 a
	60	2.39 ± 0.40 a	0.75 ± 0.40 a	0.77 ± 0.29 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	3.82 ± 0.70 a	0.64 ± 0.21 a	1.22 ± 0.46 a
	45	7.98 ± 2.94 a	0.46 ± 0.16 a	0.88 ± 0.34 a
	60	10.17 ± 1.68 a	0.16 ± 0.06 a	0.95 ± 0.16 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	1.46 ± 0.25 a	1.27 ± 0.51 a	0.62 ± 0.23 a
	45	3.37 ± 1.63 a	1.22 ± 0.38 a	0.46 ± 0.33 a
	60	2.05 ± 0.19 a	1.63 ± 0.89 a	1.06 ± 0.24 a

Nota. Medias con una letra común entre filas no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0,05$)

Aporte de macronutrientes

Nutriente	Aporte (Kg/ha/año)
Nitrógeno	3.92 ± 0.67
Fósforo	0.83 ± 0.15
Potasio	0.81 ± 0.10

N	Van Langenhove et al. (2020) 3.64 Kg/ha/año
	Mani y Cao (2019) 8.3 Kg/ha/año

P	Turner y Engelbrecht (2011) 0.72 Kg/ha/año
	Vincent et al. (2010) 3.99 Kg/ha/año

K	Maisto et al. (2011) 0.86 Kg/ha/año
	Han et al. (2011) 8.32 Kg/ha/año

Aporte de micronutrientes

Especie	Tiempo	Fe (g/ha/año)	Na (g/ha/año)	Zn (g/ha/año)	Cu (g/ha/año)
<i>Syzygium malaccensis</i> L.	30	404.90 ± 61.51 a	57.11 ± 4.04 a	27.02 ± 4.00 a	13.76 ± 1.81 a
	45	268.20 ± 46.56 a	49.27 ± 6.72 a	30.02 ± 11.99 a	10.81 ± 1.91 a
	60	408.11 ± 201.45 a	50.29 ± 6.39 a	52.28 ± 22.64 a	16.57 ± 4.01 a
<i>Syzygium jambos</i> L.	30	128.16 ± 31.17 a	82.88 ± 23.94 a	27.04 ± 5.85 a	13.84 ± 3.29 a
	45	124.51 ± 31.21 a	109.64 ± 21.29 a	34.18 ± 10.48 a	23.39 ± 10.06 a
	60	144.60 ± 26.30 a	75.43 ± 22.24 a	28.92 ± 5.38 a	17.27 ± 3.47 a
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	230.20 ± 98.27 a	34.35 ± 8.65 a	27.10 ± 5.50 a	15.59 ± 3.58 a
	45	509.26 ± 117.86 a	38.93 ± 17.12 a	39.65 ± 7.59 a	20.50 ± 7.53 a
	60	353.28 ± 138.84 a	46.86 ± 1.90 a	33.73 ± 3.01 a	24.54 ± 1.91 a

Nota. Medias con una letra común entre filas no son significativamente diferentes (LSD; $p > 0.05$)

Aporte de micronutrientes

Nutriente	Aporte (g/ha/año)
Hierro	285.69 ± 38.22
Sodio	60.53 ± 6.10
Zinc	33.32 ± 3.22
Cobre	17.36 ± 1.62

Del Valle-Arango (2003)

Fe
102 g/ha/año

Na
24 g/ha/año

Zn
22 g/ha/año

Cu
10 g/ha/año

- El promedio de la biomasa total producida por los individuos de las tres especies forestales (*Syzygium malaccensis* L., *Syzygium jambos* L. y *Nephelium lappaceum* L.) plantadas en las celdas de lodos y ripios fue de 2.50 Mg/ha/año.
- Los árboles de *Syzygium jambos* L. presentaron mayor aporte de biomasa (2.74 Mg/ha/año), además mayor aporte de N a los 60 días, mayor aporte de K a los 30 días y mayor aporte de Na a los 45 días que las demás especies en los diferentes periodos de tiempo.
- Los árboles de *Nephelium lappaceum* L. presentaron mayor aporte de P a los 60 días, mayor aporte de Fe a los 45 días y mayor aporte de Cu a los 60 días que las demás especies en los diferentes periodos de tiempo.
- Los árboles de *Syzygium malaccensis* L. presentaron mayor aporte de Zn a los 60 días que las demás especies forestales en los diferentes periodos de tiempo.

- Continuar con las evaluaciones del aporte de biomasa y nutrientes de los árboles sobre suelos perturbados durante un período más largo de tiempo para determinar si las enmiendas realizadas en el suelo son sostenibles.
- Utilizar a *Syzygium jambos* L. para programas de reforestación por producir mayor cantidad de biomasa y aportar mayor N, K y Na.
- Realizar análisis de más elementos en hojas, flores y frutos para determinar si existe transferencia de metales pesados desde el suelo a las plantas y así evaluar la seguridad de consumo humano y por la fauna.
- Realizar un análisis de suelo tanto antes como después de la investigación para conocer el grado de remediación y si es necesario implementar medidas adicionales para lograr una restauración completa del suelo.

Gracias