



Artículo original / Original article

Siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) aplicando dos densidades para la recuperación de suelos degradados por la actividad minera en la Amazonía peruana

Direct sowing of seeds of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) applying two densities for the recovery of soils degraded by mining activity in the Peruvian amazon

Emer Rosales-Solórzano ^{1*} ; Pablo Huayllani-Huamani ¹ ; Raul Huanaco-Huanca ¹ 

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Madre de Dios, Perú

Recibido: 05/11/2021
Aceptado: 20/12/2021
Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: erosales@unamad.edu.pe

Resumen: El estudio tuvo como objetivo evaluar el desarrollo por siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) para la remediación de las áreas degradadas por la actividad minera en el sector de Virgen de la Candelaria, distrito de Inambari del departamento de Madre de Dios. El método aplicado fue un diseño experimental, del tipo aplicado cuantitativo y explicativo. El proceso de siembra constó de cuatro fases: instalación de parcelas, marcación, siembra de las semillas y fertilización. El diseño experimental instalado fue de 3 × 2. Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA), con una prueba de Fisher a un nivel de significancia α 0,05. El crecimiento en altura promedio fue de 18,98 mm y su germinación 43,98%, que comparado las dos densidades de siembra de 1 m × 2 m y 2 m × 4 m resultó ser diferente estadísticamente (α = 0,05). Así mismo la mortalidad promedio encontrada fue 52,05% es decir ligeramente alto, no habiendo diferencia estadística entre densidades de siembra.

Palabras clave: crecimiento; germinación; mortalidad; sembrado

Abstract: The objective of the study was to evaluate the development by direct sowing of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) seeds for the remediation of areas degraded by mining activity in the Virgen de la Candelaria sector, Inambari district of the department of Madre de Dios. The applied method was an experimental design, of the quantitative and explanatory applied type. The planting process consisted of four phases: installation of plots, marking, sowing of seeds and fertilization. The installed experimental design was 3 × 2. An Analysis of Variance (ANOVA) was performed, with a Fisher's test at a level of significance α 0.05. Average height growth was 18.98 mm and germination 43.98%, which when compared to the two planting densities of 1 m × 2 m and 2 m × 4 m turned out to be statistically different (α = 0.05). Likewise, the average mortality found was 52.05%, that is, slightly high, with no statistical difference between planting densities.

Keywords: increase; germination; mortality; sown

1. Introducción

Las concepciones de los ecologistas sobre el desarrollo de los ecosistemas han experimentado un importante cambio de paradigma desde finales de la década de 1980 (Pickett & Cadenasso, 2006; Simpson, 2002). Algunos autores sugieren un nuevo paradigma sobre la sucesión (Fiedler et al., 1997; Pickett & Ostfeld, 1995), mientras que otros han intentado contextualizarlos en teorías generales (Wu & Loucks, 1995). Simpson (2002) sugiere abandonar la noción de sucesión ecológica para entender el cambio en la naturaleza, que representa la visión más extrema. Según Simpson (2002), el clima, el suelo y otros elementos locales no constituyen un ecosistema, sino que demarcan los límites de sus posibilidades.

Cuando se trata de restaurar regiones degradadas, un paradigma común es que se debe acelerar el proceso de sucesión de la vegetación para restaurar sus cualidades funcionales y estructurales y, al mismo tiempo, minimizar los recursos económicos y humanos (Guariguata, 1999).

La minería, superficial o subterránea, es una de las industrias más dañinas para el ambiente, ya que implica una serie de acciones o intervenciones antrópicas (Ferreira et al., 2020). Cuando se extrae un recurso mineral de su hábitat natural y se transforma en una forma comercializable, la industria minera ha completado la primera etapa de la cadena de suministro. La extracción es el primer paso para convertir un recurso mineral en un producto comercializable. La industria minera consta de varias etapas en el proceso de conversión de un recurso mineral desde su fuente natural (Ibarra, 1999; Vergara-Buitrago & Rodríguez-Aparicio, 2021). Debido a estas actividades mineras, la cobertura vegetal suele ser removida y los horizontes del suelo son alterados de forma permanente en algunos lugares, creando un impacto perjudicial irreversible. Además, el contraste entre las formas del relieve y las generadas por actividad minera tienen un impacto visual perjudicial (Montiel & Villarreal, 2004).

En Regiones amazónicas, y en Madre de Dios, la minería aurífera es la primera actividad económica formal y representa una importante fuente de ingresos a las poblaciones locales. Aunque, esta actividad tiene impactos negativos en los ecosistemas, afectando a la flora, fauna, el paisaje y de esta manera a las actividades turísticas (IIAP & MINAM, 2011). Estudios recientes demuestran que la actividad minera en los últimos 30 años a deforestado más de 100 000 ha de bosques (Caballero et al., 2018), además de contaminar severamente con mercurio y otros contaminantes los ecosistemas terrestres y acuáticos de Madre de Dios (Gerson et al., 2022). Esto generado por un incremento en la cantidad de mineros (<30 000) operando con equipos cada vez más diversos y sofisticados, entre dragas, retroexcavadoras, cargadores frontales entre otros (IIAP & MINAM, 2011). Esto debido a que el 99% de operaciones mineras en Madre de Dios son informales (> 1500), un incremento en la conflictividad social y ambiental (Cortés-McPherson, 2019), ya que la mayoría de estos se superponen con áreas de comunidades indígenas, áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento (Sanchez et al., 2017).

Bajo este panorama, el objetivo del presente estudio fue evaluar el desarrollo por siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) para la recuperación de las áreas degradadas por la minería aurífera. Esto debido a la escasa información acerca de la utilización de nutrientes en las plantaciones forestales, por lo que los resultados del estudio encaminan al beneficio del conocimiento técnico forestal, y determina hasta qué punto se logra el desarrollo de las especies forestales en los suelos degradados por actividad minera.

2. Materiales y métodos

Llevamos a cabo un estudio aplicado de nivel experimental para la planeación y prospectiva, bajo el método de investigación comparativo y explicativo, en el sector Virgen de la Candelaria, distrito Inambari, provincia Manu y departamento Madre de Dios.

Para el proceso de siembra directa, instalamos seis parcelas de 10 m × 10 m protegidos con rafia de colores para diferenciar los bloques del diseño; marcamos con zapapico los lugares donde se colocaron las semillas, las mismas que fueron realizados de manera manual. Hicimos agujeros de

acuerdo al distanciamiento 1 m × 2 m y 2 m × 4 m de densidad de siembra para cada tratamiento. Colocamos dos semillas por agujero, de modo que, garantizamos la germinación de por lo menos una planta por postura. Posteriormente, aplicamos macronutrientes a una dosis de 40 g por planta, con la finalidad de que las plantas aprovechasen los fertilizantes.

El diseño experimental instalado fue de 3 × 2. Realizamos un Análisis de Varianza (ANOVA) con una prueba de Fisher a un nivel de significancia α 0,05, utilizamos la prueba de medias utilizando la prueba de Tukey para determinar cuál de las especies y distanciamiento resultan mejor en el crecimiento en suelos degradados.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se observa que existe diferencia matemática, así como diferencia estadísticamente significativa (debido a que $F_c > F_t$) para el crecimiento en altura entre los tratamientos y los bloques, al 5% de probabilidad de error, por lo que fue necesario hacer la prueba de comparación de promedios de Tukey tanto para bloques y tratamientos.

Tabla 1. Análisis de varianza del crecimiento en altura a los 45 días de siembra

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc calculado	Ft (0,05) tabulado
Bloque	201,55	2	100,78	95,88	19,00
Tratamiento	67,40	1	67,40	64,13	18,51
Error	2,10	2	1,05		
Total	271,06	5			

La post prueba de comparación de promedios por Tukey (Tabla 2) ratifica la diferencia estadística del crecimiento en altura entre los dos tratamientos de densidad de siembra, diferencia que también encontraron en otras especies forestales Martínez & Dibut (1986) y el efecto de los nutrientes proporcionados tal como indica Hurtado (2002).

Tabla 2. Crecimiento en altura a los 45 días de siembra

Bloques	Tratamiento (mm)		Media
	T1	T2	
I	13,57	19,15	16,36
II	22,84	31,18	27,01
III	10,46	16,65	13,56
Media	15,62 a	22,33 b	18,98

Letras diferentes indican diferencias (5%) entre tratamiento.

En la Tabla 3, se observa que existe diferencia matemática, así como diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de germinación según tratamientos a los 45 días de siembra (debido a que $F_c > F_t$), al 5% de probabilidad de error. Por lo que fue necesario hacer la prueba de comparación de promedios de Tukey, mientras que para los bloques no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($F_c > F_t$).

Tabla 3. Análisis de varianza de porcentaje a los 45 días de siembra

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado	F (0,05) tabulado
Bloques	21,90	2	10,95	4,55	19,00 N:S
Tratamientos	124,12	1	124,12	51,57	18,51 *
Error	4,81	2	2,41		
Total	150,84	5			

La post prueba de comparación de promedios por Tukey (Tabla 4) ratifica la diferencia estadística de la germinación entre los dos tratamientos de densidad de siembra. Estas diferencias se

deberían a las condiciones iniciales de las semillas como el almácigo de vivero, manifestado por Hernández & Salas (2009) y a los macronutrientes proporcionados tal como indica Hurtado (2002).

Tabla 4. Crecimiento en altura a los 45 días de siembra

Bloques	Tratamiento		Media
	T1	T2	
I	50,06	42,25	46,16
II	48,21	40,36	44,29
III	47,32	35,69	41,51
Media	48,53 a	39,43 b	43,98

Letras diferentes indican diferencias (5%) entre tratamiento.

Finalmente, las Tablas 5 y 6 manifiestan que existe diferencia matemática, pero no hay diferencia estadística significativa al 5% de probabilidad de error, debido a que $F_c < F_t$. por lo que fue innecesario realizar la post prueba de comparación de promedios tanto para bloques y tratamientos.

Tabla 5. Análisis de varianza de mortalidad a los 45 días de siembra

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc calculado	Ft (0,05) tabulado
Bloques	73,45	2	36,73	0,91	19,00 N.S.
Tratamientos	45,32	1	45,32	1,12	18,51 N.S.
Error	80,98	2	40,49		
Total	199,75	5			

N.S. = No significativo

Tabla 6. Mortalidad en porcentaje a los 45 días de siembra

Bloques	Tratamiento (%)		Media
	T1	T2	
I	49,05	45,23	47,14
II	51,96	58,13	55,05
III	46,89	61,03	53,96
Media	49,30	54,80	52,05

Se deduce que el porcentaje de mortalidad de las plántulas de *O. Pyramidale* en promedio fue 52,02% lo que indica que hubo mayor mortalidad en el tratamiento T2 (2 m × 4 m) en comparación que el T1 (1 m × 2 m), debido al tiempo de siembra que fue en la época de sequía. La elevada tasa de mortalidad de semillas que se debería probablemente a la muy baja fertilidad de los suelos por ser degradado tal como lo estipula Hurtado (2002). Aunque los valores de mortalidad en *O. pyramidale* son similares a los reportados por estudios, en similares condiciones, en Madre de Dios, 50% en (Román-Dañobeytia et al., 2015) y 48% en (Román-Dañobeytia et al., 2020).

4. Conclusiones

El crecimiento en altura del *Ochroma pyramidale* a los 45 días de siembra promedio fue 18,28 mm, es decir aproximadamente 2 cm, el mayor crecimiento se tuvo en la densidad de siembra de 2 m × 4 m que en la densidad de siembra de 1 m × 2 m, por lo que se infiere que existió efecto para recuperar áreas degradadas. La germinación promedio de las semillas fue 43,98%, siendo la densidad de siembra de 1 m × 2 m en la que se encontró el mayor porcentaje de germinación. Además, la mortalidad promedio fue 52,05%, siendo la densidad de 1 m × 2 m menor que la densidad de 2 m × 4 m, lo que sugiere que tiene una mortalidad ligeramente alta.

Financiamiento

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no incurren en conflicto de intereses.

Contribución de autores

R-S, E: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final).

H-H, P. y H-H, R.: metodología, investigación, curación de datos, redacción (revisión y edición).

Referencias bibliográficas

- Caballero, J., Messinger, M., Román-Dañobeytia, F., Ascorra, C., Fernandez, L., & Silman, M. (2018). Deforestation and Forest Degradation Due to Gold Mining in the Peruvian Amazon: A 34-Year Perspective. *Remote Sensing*, 10(12), 1903. <https://doi.org/10.3390/rs10121903>
- Cortés-McPherson, D. (2019). Expansion of small-scale gold mining in Madre de Dios: capital interests and the emergence of a new elite of entrepreneurs in the Peruvian Amazon. *Extractive Industries and Society*, 6(2), 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.01.002>
- Ferreira, H., Neto, D., Valter, W., Nunes, Y., Santos, E., Souza, D., Alves, R., Willians, M., Lima, D., Junio, S., Bastos, C., & Rodrigues, A. (2020). Environmental and human health risks of arsenic in gold mining areas in the eastern Amazon. *Environmental Pollution*, 265, 114969. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114969>
- Fiedler, P., White, P., & Leidy, R. (1997). The Paradigm Shift in Ecology and Its Implications for Conservation. En *The Ecological Basis of Conservation* (pp. 83-92). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6003-6_9
- Gerson, J., Szponar, N., Zambrano, A., Bergquist, B., Broadbent, E., Driscoll, C., Erkenwick, G., Evers, D., Fernandez, L., Hsu-kim, H., Inga, G., Lansdale, K., Marchese, M., Martinez, A., Moore, C., Pan, W., Purizaca, R., Sánchez, V., & Silman, M. (2022). Amazon forests capture high levels of atmospheric mercury pollution from artisanal gold mining. *Nature Communications*, 13, 559. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-27997-3>
- Guariguata, M. (1999). *Bases ecológicas generales para el seguimiento de proyectos de restauración de bosques*. Memorias del Seminario de Restauración Ecológica y Reforestación. Bogotá (Colombia): Prisma Editores.
- Hernández, W., & Salas, E. (2009). La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 93-110. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6732>
- Hurtado, L. (2002). *Manejo y conservación del suelo. Fundamentos y prácticas*. PRONAMACHS, Lima Perú.
- Ibarra, E. (1999). *Guía para la aplicación de evaluaciones de impacto ambiental en la industria minera*. I Jornadas de Impacto Ambiental.
- Instituto de la Amazonía Peruana [IIAP], & Ministerio del Ambiente. (2011). *Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio*. Súper Gráfica E.I.R.L.
- Martínez, R., & Dibut, B. (1986). *La experiencia cubana en el uso de los biofertilizantes*. Seminario

- Taller Regional "La Agricultura Urbana y el desarrollo rural sostenible". FIDA- MINAG Fundación CIARA. La Habana, Cuba, p. 106-120.
- Montiel, K., & Villarreal, L. (2004). Análisis multitemporal del impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de la Isla de Toas, Estado Zulia. *Terra. Nueva Etapa*, XX(29), 55-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72102904>
- Pickett, S. T. A., & Cadenasso, M. L. (2006). *Vegetation dynamics*. Ecological understanding. The nature of theory and the theory of nature.
- Pickett, S. T. A., & Ostfeld, R. S. (1995). *The shifting paradigm in Ecology*. A new century for natural resources management.
- Román-Dañobeytia, F., Cabanillas, F., Lefebvre, D., Farfan, J., Alferez, J., Polo-Villanueva, F., Llacsahuanga, J., Vega, C. M., Velasquez, M., Corvera, R., Condori, E., Ascorra, C., Fernandez, L. E., & Silman, M. R. (2020). Survival and early growth of 51 tropical tree species in areas degraded by artisanal gold mining in the Peruvian Amazon. *Ecological Engineering*, 159, 106097. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106097>
- Román-Dañobeytia, F., Huayllani, M., Michi, A., Ibarra, F., Loayza-Muro, R., Vázquez, T., Rodríguez, L., & García, M. (2015). Reforestation with four native tree species after abandoned gold mining in the Peruvian Amazon. *Ecological Engineering*, 85, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.075>
- Sanchez, J., Carnero, A., Rivera, E., Rosales, L., Baldeviano, G., Asencios, J., Edgel, K., Vinetz, J., & Lescano, A. (2017). Unstable Malaria Transmission in the Southern Peruvian Amazon and Its Association with Gold Mining, Madre de Dios, 2001 - 2012. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 96(2), 304-311. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0030>
- Simpson, T. B. (2002). An Open Approach to Ecosystem Change: Adopting a New Paradigm for Ecological Restoration and Land Management. *Ecological Restoration*, 20(3), 190-194. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/43442575>
- Vergara-Buitrago, P. A., & Rodríguez-Aparicio, J. A. (2021). Análisis ambiental de la minería de carbón en el ecosistema estratégico de páramo (Boyacá, Colombia). *Scientia et Technica*, 26(3), 398-405. <https://201.131.90.33/index.php/revistaciencia/article/view/24519>
- Wu, J., & Loucks, O. L. (1995). From Balance of Nature to Hierarchical Patch Dynamics: A Paradigm Shift in Ecology. *The Quarterly Review of Biology*, 70(4), 439-466. <https://doi.org/10.1086/419172>