



Diversidad del género *Tachigali* (Leguminosae) y su uso potencial en la recuperación de áreas degradadas en la Amazonía del sur peruano

Diversity of the genus *Tachigali* (Leguminosae) and its potential use in the recovery of degraded areas in the southern Peruvian Amazon

Isau Huamantupa-Chuquimaco ^{1,2*}

¹ Herbario Alwyn Gentry (HAG), Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Av. Jorge Chávez 1160. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú.

² Centro Ecológico INKAMAZONIA, Valle de Kosñipata, vía Cusco-Reserva de Biósfera del Manú. Cusco, Perú.

*Autor de correspondencia: andeanwayna@gmail.com

Recibido: 03/10/2021 Aceptado: 28/12/2021 Publicado: 25/01/2022

Resumen: El conocimiento de la biodiversidad y su aplicación para resolver problemas que afectan tanto al ser humano como a los ecosistemas son hoy en día muy importantes y necesarios, por ejemplo, para aplicarlos en la restauración ecológica. En el presente estudio, evaluamos la riqueza de especies del género arbóreo *Tachigali* (Leguminosae), en la región de Madre de Dios, y experimentamos la potencialidad de dos especies (*Tachigali chrysaloides* y *T. aff. setifera*) para recuperar ambientes degradados, considerando que el género posee nódulos bacterianos. Para estimar la riqueza de especies de *Tachigali* en Madre de Dios, se realizaron tratamientos taxonómicos de colecciones realizadas en la región. Para conocer el potencial de restauración, se monitorearon a 4 individuos de *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera* tanto en bosque primario como en bosque secundario ("purma"), por 10 años. Se reporta la presencia de 10 especies de *Tachigali* en Madre de Dios. El crecimiento de las dos especies revela que existe una marcada diferencia, siendo la especie *T. aff. setifera* quien presentó mayor desarrollo en alturas y diámetros. Al evaluar a los individuos del bosque y la purma, en la segunda muestran mayor desarrollo significativo. Concluimos que la riqueza de *Tachigali* en Madre de Dios es relativamente baja y necesita de mayores estudios. Por otro lado, especies nativas del género *Tachigali* ofrecen un potencial para ser usadas en restaurar suelos degradados y por consiguiente hábitats, como los que existen en los ámbitos de Cusco y Madre de Dios.

Palabras clave: biodiversidad; purma; riqueza; tratamiento taxonómico

Abstract: Knowledge of biodiversity and its application to solve problems that affect both humans and ecosystems are very important and necessary today, for example, to apply them in ecological restoration. In the present study, we evaluated the species richness of the tree genus *Tachigali* (Leguminosae) in the Madre de Dios region, and we tested the potential of two species (*Tachigali chrysaloides* and *T. aff. setifera*) to recover degraded environments, considering that the genus has bacterial nodules. To estimate the richness of *Tachigali* species in Madre de Dios, taxonomic treatments of collections made in the region were carried out. To know the restoration potential, 4 individuals of *T. chrysaloides* and *T. aff. setifera* were monitored in both primary forest and secondary forest ("purma"), for 10 years. The presence of 10 species of *Tachigali* in Madre de Dios is reported. The growth of the two species reveals that there is a marked difference, the species being *T. aff. setifera* who presented greater development in heights and diameters. When evaluating the individuals of the forest and the purma, in the second they show more significant development. We conclude that the *Tachigali* richness in Madre de Dios is relatively low and needs further study. On the other hand, native species of the genus *Tachigali* offer potential to be used to restore degraded soils and consequently habitats, such as those that exist in the areas of Cusco and Madre de Dios.

Keywords: biodiversity; purma; richness; taxonomic treatment



1. Introducción

El género arbóreo *Tachigali* Aubl., actualmente es considerada como uno de los más diversos dentro de las Leguminosae arbóreas, con cerca de 80 especies reconocidas formalmente (van der Werff, 2008; Huamantupa-Chuquimaco et al., 2019, 2020). Tiene una distribución amplia en el neotrópico, desde el sur de México hasta el sur-oeste de Bolivia y sur de Brasil. De estas, aproximadamente el 70% habitan principalmente los bosques Amazónicos, un 20% los bosques de la Mata Atlántica, y el restante en el Cerrado brasileiro y los bosques Andino-Amazónicos de las estribaciones andinas (Dwyer, 1954, 1957; van der Werff, 2008; Silva et al., 2016; Huamantupa Chuquimaco et al., 2021). Para el Perú se reconocen 30 especies, de las cuales más del 50% habitan el bosque húmedo Amazónico y los otros en los bosques estacionalmente secos y bosques Amazónicos de la base de los Andes (Huamantupa-Chuquimaco et al., 2020). Sin embargo, estudios más regionales y locales aún son escasos y son de prioridad.

Tachigali tiene entre sus atributos ecológicos el poseer nódulos radiculares asociados a bacterias fijadoras de nitrógeno, teniendo a gran parte de las especies de este género representados por esta asociación (Roggy & Prévost, 1999; Parker, 2000). Algunos estudios han venido demostrando resultados favorables en la recuperación de suelos alterados, producto de esta simbiosis, uno de estos casos es el de *T. vulgaris*, que gracias a este proceso ha demostrado un desarrollo y acumulación de biomasa, recuperando suelos degradados y en forma más favorable en comparación a otras especies introducidas tradicionalmente utilizadas como el eucalipto (de Farias et al., 2016). Este atributo ecológico podría brindar ventajas y beneficios en la recuperación de los suelos en ecosistemas degradados.

En el valle Amazónico de Kosñipata (Cusco) actualmente se calcula que más del 50% de su cobertura vegetal original ha sido transformada y que estas necesitan de medidas de restauración (Blanco Navea, 2015). Estas áreas actualmente corresponden a zonas de cultivos de frutales, donde gran parte de los bosques primarios adyacentes a la reserva de Biosfera del Manú, han sido intervenidos por la actividad maderera, haciendo que a la fecha no se tengan permisos de extracción en todo el valle. En el mismo contexto, en la región de Madre de Dios, la cobertura vegetal en gran parte de las provincias de Tambopata y Manu, han sido deforestadas principalmente por la minería extractiva de oro, la cual, a diferencia de la agricultura, deja los suelos completamente transformados en grava y arena, estas áreas desde 1999 al 2012 han incrementado hasta en 400% de área deforestada, con ciertas zonas contaminadas por mercurio (Asner & Tupayachi, 2016).

Por tanto, siendo una necesidad conocer que especies de *Tachigali* están presentes en Madre de Dios, así como su potencial para recuperar suelos degradados, en el presente estudio nos hemos planteado como objetivos: a) conocer la riqueza y diversidad de especies del género *Tachigali* presentes en la región Madre de Dios, y b) estudiar el crecimiento y supervivencia de dos especies *Tachigali chrysaloides* y *T. aff. setifera* con el fin conocer su potencial en la restauración de ambientes degradados.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Nuestro estudio fue desarrollado en el ámbito del sur peruano, que incluyen a las regiones de Cusco y Madre de Dios. Los muestreos de diversidad y riqueza de especies se desarrollaron en todos los bosques del departamento de Madre de Dios que incluyen las provincias de Manú, Tambopata y Tahuamanu. La mayor parte del territorio de la región está representado por el bosque Amazónico de tierra firme (70%), con una temperatura promedio de 24,6°C con variación hasta 7°C (frijales) y hasta 68,3% de humedad relativa, con precipitación promedio anual de 1647.1 mm, concentrada mayormente entre los meses de octubre y abril; y con una estación seca entre mayo hasta setiembre (INADE, 2007).

Para nuestro segundo objetivo, la parte experimental la desarrollamos en el centro ecológico INKAMAZONIA, en la localidad de Pongo de Qoñec, en el valle de Kosñipata (región Cusco). En este lugar se instaló una parcela experimental de 0,5 ha, a una altitud de 650 msnm, la cual corresponde a un área degradada abandonada donde antes se realizó una agricultura extensiva por varios años (Figura 1). La parcela experimental está ubicada en las coordenadas 12°53' S, 71°22' O. El tipo de bosque que se reconoce es el bosque Amazónico de pie de monte, con una temperatura media anual de 24,0 °C y una precipitación media anual de 3915 mm, con una marcada estacionalidad entre junio hasta agosto (Plan Maestro Parque Nacional del Manú, 2014).

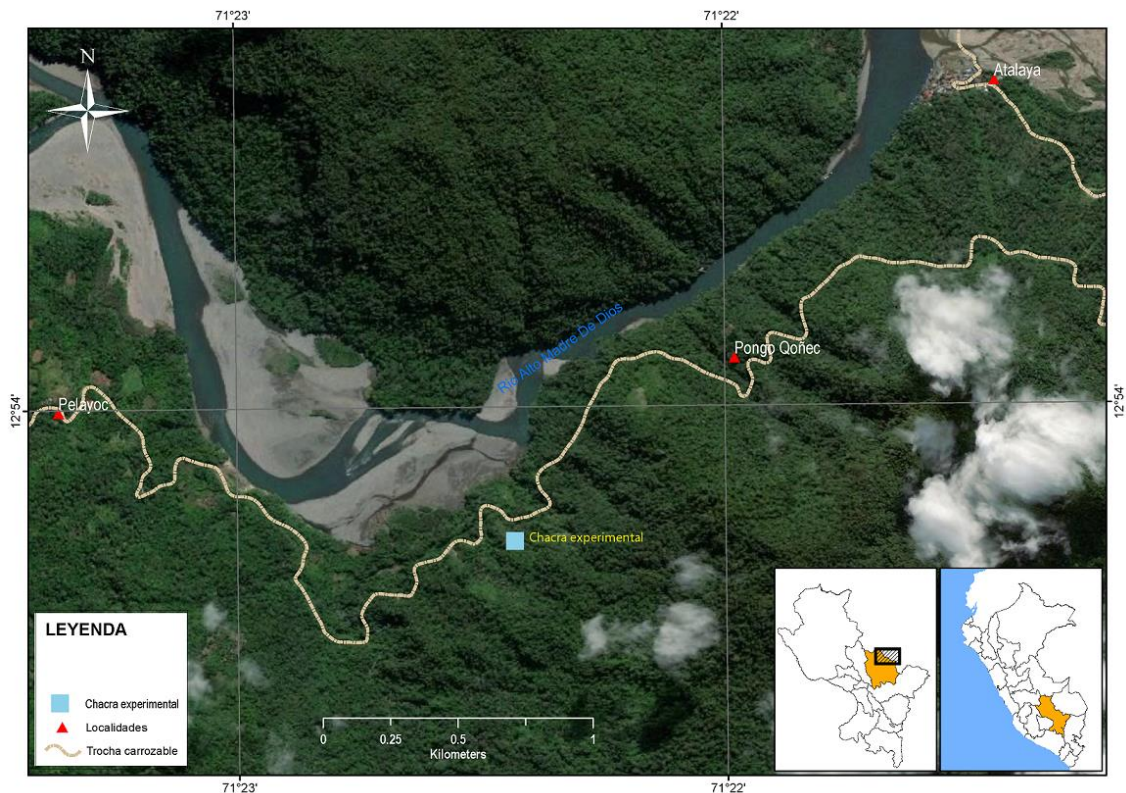


Figura 1. Mapa del área de estudio, localidad de Pongo de Qoñec, área experimental de 0,5 ha.

2.2. Metodología

Riqueza y diversidad de especies en la región Madre de Dios

Para conocer la diversidad y riqueza de especies de *Tachigali*, se procedió a realizar tratamientos taxonómicos y ecológicos, las cuales fueron generados como resultados de muestreos en campo y colecciones realizadas desde el año 2002, en el ámbito del sur peruano, con énfasis en las regiones de Cusco y Madre de Dios. Para el presente trabajo se realizó la revisión detallada de colecciones realizadas en el campo por el autor y otros colaboradores en el departamento de Madre de Dios, muestras que están depositadas en los herbarios peruanos: CUZ, HAG, MOL y USM (acrónimos de acuerdo a Thiers, 2022). El trabajo de herbario se complementó con la consulta en línea de los herbarios MO y el NY. También, se incluyeron como referencia los trabajos en *Tachigali* realizados por Dwyer (1954, 1957); van der Werff (2008) y Huamantupa-Chuquimaco et al. (2020). La revisión de las especies para Madre de Dios formó parte de una revisión taxonómica del género para el neotrópico (Huamantupa et al., en prensa).

Especies potenciales de *Tachigali* para la restauración de ambientes degradados

Desde el año 2005, se identificaron y colectaron individuos de *Tachigali* en las localidades del Pongo de Qoñec en el valle de Kosñipata (Cusco) y las localidades de Salvación hasta Shintuya en la provincia de Manú (Madre de Dios). De éstas se seleccionaron dos especies para el tratamiento experimental en áreas degradadas provenientes de la actividad agrícola. Las especies *Tachigali chrysaloides* y *T. aff. setifera*, fueron seleccionadas por poseer algunos atributos interesantes para la recuperación de suelos, dado que presentan nódulos bacterianos y reportes de rápido crecimiento como sugiere de Farias et al. (2016) para *T. vulgaris*.

2.3. Diseño experimental

Se seleccionaron cuatro individuos de ambas especies (*T. chrysaloides* y *T. aff. setifera*) en el bosque primario, los cuales fueron utilizados como testigos y otras cuatro plántulas de cada especie en similares condiciones de tamaño y salud. Estas últimas se plantaron en un terreno de 0,5 ha de bosque secundario con suelo degradado (purma) proveniente de actividad agrícola intensa, con suelos compactados, de textura arcillosa en la localidad de Pongo de Qoñec, en el centro ecológico INKAMAZONIA.

Para conocer las variaciones de crecimiento en altura y diámetro en el tiempo, se aplicó la ecuación de tasa relativa de crecimiento (TRC), sugerida como una medida efectiva para el desarrollo de plantaciones (Hunt, 1990). Este nos revela una medida del crecimiento e incremento en tamaño y grosor en la planta producto de

la unidad de tamaño inicial y final, se generaron dos valores la tasa relativa de crecimiento en diámetro y altura (TRCD y TRCA), siendo la fórmula de la ecuación $TRCH = \ln H_f - \ln H_i / t_f - t_i$ y $TRCD = \ln D_f - \ln D_i / t_f - t_i$, donde (H_f y H_i) es la altura y diámetro (D_f y D_i) en diferentes tiempos ($t_f - t_i$) al final y al inicio del experimento. El monitoreo se realizó desde el año 2006 al 2016, en la cual se asistió de forma tradicional para la limpieza y mantenimiento de la parcela experimental.

2.4. Análisis de datos

Para analizar las variaciones o similitudes de crecimiento y desarrollo de los diámetros y alturas, como pruebas estadísticas se aplicaron las pruebas de Kruskal Wallis cuando evidenciaron una distribución no paramétrica de los individuos tanto de bosque primario y purma, a su vez para comparar a todos incluyendo de ambos hábitats. Para probar la variación en TRCD y TRCA entre el bosque primario y la purma, se aplicó la prueba U no paramétrica de Mann Whitney. Con el fin de evaluar las diferencias de desarrollo según los diámetros y alturas en cada hábitat, se construyó una distribución gráfica diagramas de caja e histogramas. Todos los análisis se realizaron con el software estadístico R.

3. Resultados

3.1. Riqueza y diversidad de *Tachigali* en Madre de Dios

Para el departamento de Madre de Dios se registraron un total de 10 especies del género *Tachigali*, encontrándose distribuidas en gran parte en las provincias de Tahuamanu (TH) y Tambopata (TB), algunas de ellas sólo se encontraron en la provincia de Manu como *Tachigali inconspicua*, y solamente en Tambopata *T. peruviana* y *T. tinctoria* (Tabla 1). La recientemente descrita *T. amarumayu* tiene una distribución regularmente amplia a lo largo de la cuenca del Madre de Dios y el Tambopata. En cuanto a los usos cinco especies son referidas como especies maderables, las otras no se conocen algún uso formal, son conocidas localmente con los nombres de Cheyrapacay, Inca pacay o Paca pacay. La mayoría de las colecciones están registradas en el herbario CUZ de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y HAG de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Tabla 1. Listado de especies del género *Tachigali* presentes en el departamento de Madre de Dios

N#	Especie	Provincias MD	Nombre vernacular	Usos	Voucher
1	<i>Tachigali alba</i> Ducke	TB, TH	Inca pacay, Paca pacay	Maderable	I. Huamantupa & Z. Baez 20202 (CUZ, HAG), Huamantupa, I. et al. 20061 (CUZ, HAG).
2	<i>Tachigali amarumayu</i> Huamantupa, H.C. Lima & D.B.O.S. Cardoso	MN, TB, TH	Inca pacay, Paca pacay	Maderable	I. Huamantupa et al. 20128 (Holotipo: CUZ; Isotipo: HAG).
3	<i>Tachigali chrysaloides</i> van der Werff	MN, TB, TH	Inca pacay	Maderable	I. Huamantupa et al. 20200 (CUZ); Tambopata, Huamantupa, C. I. 20064 (CUZ).
4	<i>Tachigali chrysophylla</i> (Poepp.) Zarucchi & Herend.	TH	Cheyrapacay		S. Baez 3450 (HAG).
5	<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi & Herend.	TB			A. Gentry 69730 (CUZ).
6	<i>Tachigali inconspicua</i> van der Werff	MN	Inca pacay	Maderable	I. Huamantupa, & Luza, M. 19436 (CUZ), Huamantupa et al. 19416 (CUZ).
7	<i>Tachigali macbridei</i> Zarucchi & Herend.	MN, TB	Inca pacay		R. B. Foster 11885 (MO).
8	<i>Tachigali peruviana</i> (Dwyer) Zarucchi & Herend.	TB	Tachi		J. Albán C. & R. B. Foster 7030 (USM)
9	<i>Tachigali setifera</i> aff. (Ducke) Zarucchi & Herend.	MN, TB, TH	Cheyrapacay, Paca pacay	Maderable	I. Huamantupa et al. 19417 (CUZ).
10	<i>Tachigali tinctoria</i> (Benth.) Zarucchi & Herend.	TB			J. Albán C. & R. B. Foster 7039 (USM)



Figura 2. Especies de *Tachigali* registradas para Madre de Dios. **A.** *Tachigali alba*, **B.** *T. amarumayu*, **C.** *T. chrysaloides*, **D.** *T. inconspicua*, **E.** *T. macbridei* y **F.** *T. aff. setifera*.

3.2. Desarrollo de algunas especies potenciales de *Tachigali*

De acuerdo a las evaluaciones de los ocho individuos (cuatro de cada especie) de *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera*, su pudo evidenciar que ambas presentan nódulos bacterianos, registrados a una profundidad del suelo en promedio en zonas superficiales de 10 a 30 cm, en raíces secundarias principalmente; las formas más frecuentes fueron circular y circular-discoidal, con tamaños que van desde los 0,5 hasta los 0,7 cm principalmente (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los nódulos presentes en *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera*

Especie	Nódulos			
	Profundidad suelo (cm)	Ubicación raíz	Forma	Tamaño (cm)
<i>T. chrysaloides</i> van der Werff	10 a 30	Secundarias, Terciarias	Circular-Discoidal	0,6-0,9
<i>T. aff. setifera</i> (Ducke) Zarucchi & Herend.	10 a 30	Secundarias, Terciarias	Circular	0,4-0,8

En los 10 años de monitoreo, los individuos de las dos especies de *Tachigali chrysaloides* y *T. aff. setifera* presentaron diferencias en su desarrollo, tanto en el bosque primario de forma natural (testigo) y el del bosque secundario o "purma" (Figura 3). El crecimiento en diámetro, de los individuos de *T. chrysaloides* en el bosque primario fueron un tanto menores al de los individuos de *T. aff. setifera*. El individuo T_ch2 (individuo 2 de *T. chrysaloides*) fue el que evidencio una muerte al quinto año de monitoreo y T_ch1 tuvo un lento crecimiento,

siendo el menor (9 cm) al de los otros dos de mayor crecimiento (T_ch3 y T_ch4) (Figura 3). Para el caso de *T. aff. setifera*, se pudo notar que los 4 individuos estudiados tuvieron mayor crecimiento en diámetro comparado a los individuos de *T. chrysaloides*. De estas, T_se2 y T_se1 llegaron a medir entre 15,5 a 16 cm de diámetro (Figura 3). Al realizar una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis entre los 8 individuos de purma, nos muestra que si existe una diferencia significativa ($p < 0.05$).

Para el caso de los individuos de ambas especies presentes en el bosque de purma, se evidencia que estas tienen un engrosamiento similar, destacando T_se1, el cual llegó a medir hasta cerca de los 18 cm de diámetro (Figura 2). Al aplicar la prueba de Kruskal Wallis, entre todos los individuos de las 2 especies en la purma, muestra que no existe una diferencia significativa en los engrosamientos ($p > 0.05$).

Al aplicar la prueba de Kruskal Wallis entre todos los individuos se evidencia que existe diferencia significativa en los engrosamientos de los individuos presentes en el bosque primario y las de purma ($p < 0.05$).

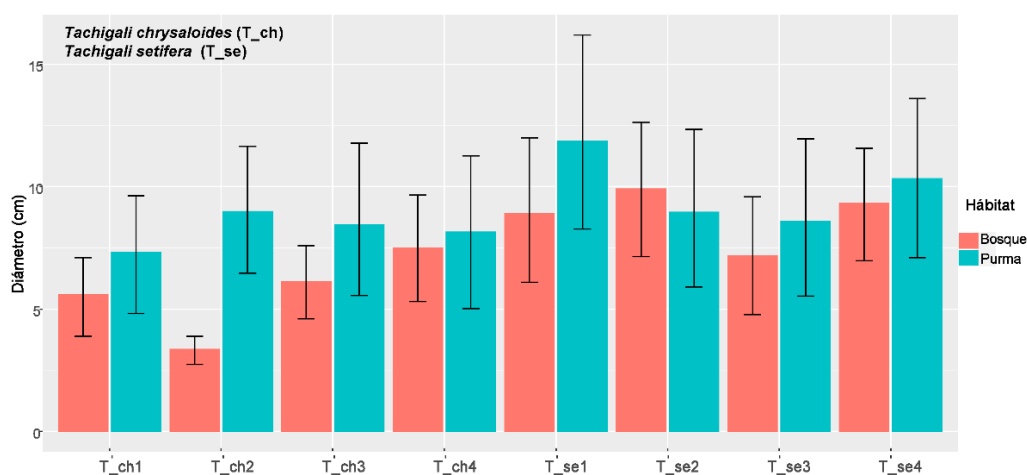


Figura 3. Desarrollo de los diámetros (cm) de *Tachigali chrysaloides* y *T. aff. setifera* en el bosque primario como testigo y el bosque de purma (deteriorado).

En cuanto al desarrollo de las alturas se muestra un patrón similar al de los diámetros, sin embargo, los individuos monitoreados en el bosque primario evidenciaron diferencias entre ambas especies. En *T. chrysaloides* con el individuo T_ch2 apenas alcanzó los 2,5 m y murió, en cambio las otras crecieron y llegaron a alcanzar entre los 5 y 6 m de alto. T_se1 mostró un crecimiento similar a los individuos que se sembraron en la purma, llegando hasta los 12 m de alto (Figura 4). Al aplicar la prueba de Kruskal Wallis para los ocho individuos, se aprecia que existe diferencia significativa ($p < 0.05$). En la purma experimental, los individuos de *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera* mostraron un crecimiento similar con variaciones entre 11 y 14 metros. Para estos individuos en su crecimiento en altura la prueba de Kruskal Wallis evidencia que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$).

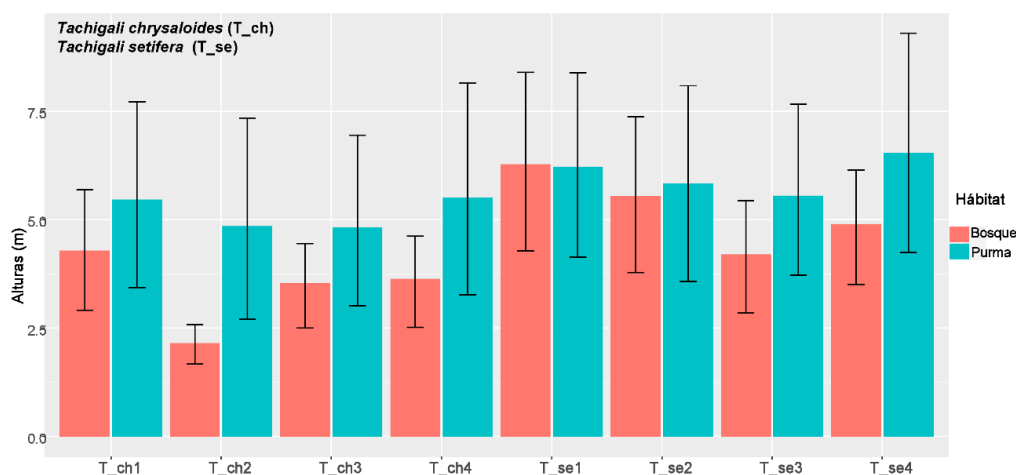


Figura 4. Desarrollo de las alturas (m) de *Tachigali chrysaloides* y *T. aff. setifera*, en el bosque primario como testigo y el bosque secundario ("purma").

Al aplicar la prueba de Kruskal Wallis entre todos los individuos encontramos que si existe una diferencia significativa entre los crecimientos de altura de individuos que crecieron en el bosque primario y en la "purma" ($p < 0.05$).

Las tasas relativas de cambio (TRC) de los individuos tanto a nivel de diámetro y altura, evidenciaron diferencias entre las de bosque primario y las de purma. Al comparar la tasa relativa de cambio de diámetros (TRCD) mediante la prueba de Mann Whitney se encontró que existen diferencias significativas ($p < 0.001$) (Figura 5a). Por otro lado, para la tasa relativa de cambio de las alturas (TRCA) la prueba de Mann Whitney mostró que existen diferencias significativas entre las especies de bosque primario y "purma" ($p < 0.001$) (Figura 5b).

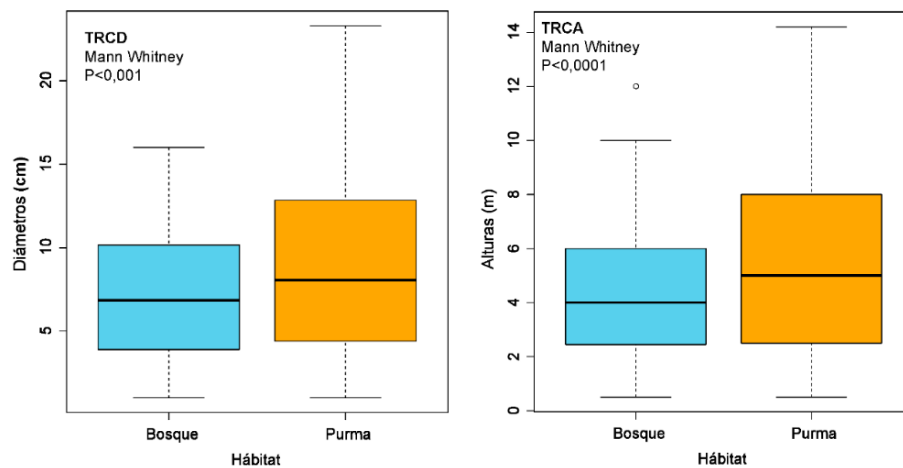


Figura 5. Crecimiento de alturas y diámetros de *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera*. **A.** Comparación de la tasa relativa de cambio de los diámetros (TRCD) y **B.** Comparación de la tasa relativa de cambio de las alturas (TRCA).

4. Discusión

4.1. Riqueza y diversidad de *Tachigali* en Madre de Dios

Las 10 especies de *Tachigali* registradas para Madre de Dios, corresponden al 30% de las especies reconocidas para el Perú, ya que actualmente se reporta 30 formalmente reconocidas (Huamantupa Chuquimaco et al., 2021). Tomando en cuenta el registro de árboles para Madre de Dios en Monteagudo-Mendoza et al. (2020), se debe aclarar que en dicha obra se consideran 10 especies, pero las especies *T. bracteosa*, *T. cenepensis*, *T. paniculata*, *T. poeppigiana*, *T. rusbyi* y *T. vasquezii*, no están reconocidas para Madre de Dios y Perú, esto evidentemente porque hasta ese entonces no se realizaba una revisión detallada del género, que fue tratada más luego en Huamantupa-Chuquimaco et al. (2020). El presente estudio, por lo tanto, actualiza notablemente, el número especies reconocidas para el departamento de Madre de Dios.

Especies de amplia distribución como *Tachigali paniculata*, no cuenta con registro formal para los bosques de Madre de Dios, esto llama la atención debido a que frecuentemente en el departamento de Ucayali y el Bajo Urubamba de Cusco fue registrada en ambientes asociados a las cochas o lagunas (van der Werff, 2008; Huamantupa-Chuquimaco et al., 2021). También no descartamos la presencia de *Tachigali inca* dado que esta especie tiene una relativa amplia distribución en el centro y sur peruano (Huamantupa Chuquimaco et al., 2021). A nivel de especies potencialmente nuevas se reconoce a *Tachigali aff. setifera*, que forma parte de un complejo donde pueden estar incluidas varias especies que tienen distribución en los bosques amazónicos de la base Andina (Huamantupa-Chuquimaco et al., 2021).

Creemos que el departamento de Madre de Dios cuenta con lugares donde es posible descubrir especies nuevas de *Tachigali*, principalmente en las áreas de la cordillera del Pantiacolla, el Amarakaeri, ambas fronteras con el departamento de Cusco.

4.2. Desarrollo de especies potenciales de *Tachigali* para restauración de áreas degradadas

Los registros de desarrollo y crecimiento sin duda evidencian algunos resultados primarios importantes que se dan tanto en el bosque primario y el bosque secundario o "purma", donde dos especies silvestres mostraron patrones interesantes desde el punto vista ecológico y de manejo. En el caso de los individuos de *T. chrysaloides*

y *T. aff. setifera* en el bosque primario, factores importantes de la dinámica de estos bosques como la luz, suelo, clima y otros procesos estocásticos determinan el crecimiento y desarrollo de las especies, hasta el punto que pueden llegar a ser factores de mortalidad, quizá también debido a la competencia entre las plántulas de la misma especie y con otras especies.

A pesar que las dos especies estuvieron en similares condiciones de evaluación en el bosque natural y la purma, en cuanto al crecimiento y desarrollo de los grosos y alturas de los individuos, existe una tendencia a que *T. aff. setifera* tuvo un mayor desarrollo ($p < 0.05$). Esta tendencia aún no podemos dilucidar, pero hipotetizamos que *T. aff. setifera* tiene una mayor preferencia a la luz (especie heliófila), y su densidad de madera es menor al de *T. chrysaloides*, algo que poder resultar beneficioso en áreas abiertas. Por otro lado, la densidad de las poblaciones en estas áreas del Pongo de Qoñec, parecen indicar que *T. aff. setifera* tiene mayor éxito de germinación de las semillas, dado que la cantidad de plántulas en el bosque es mucho mayor que *T. chrysaloides* (observación en campo).

Para individuos que crecieron en el bosque de “purma”, donde aparentemente sería más difícil el crecimiento de plántulas, se tuvo un éxito notable frente a las del bosque, inclusive sin hacer enmiendas y asistencias a los suelos regularmente compactados y arcillosos, los cuales en general poseen pocos nutrientes y son de pH ácidos. Esto corrobora algunos resultados previos desarrollados con *Tachigali*, como el de Farias et al. (2016), quienes manifiestan que inclusive comparando el desarrollo de *T. vulgaris* frente al eucalipto (*Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus grandis*) de rápido crecimiento en volumen y altura, la primera fue notablemente exitosa, inclusive con el suplemento de enmienda con biochar (biocarbono). La diferencia entre tratamientos no mostró diferencias significativas (de Farias et al., 2016). Estos resultados sugieren que al menos algunas especies de *Tachigali* poseen este potencial poco estudiado para la reforestación y restauración de áreas degradadas.

Franco & De Faria (1997), señalan que *T. vulgaris* (ex *Sclerolobium paniculatum*), dentro de las leguminosas que realizan nódulos y fijación de nitrógeno, es una de las especies que soporta y muestra buen desarrollo de los nódulos (conformado por *Rhizobium* principalmente) en suelos arcillosos y ácidos. Los mismos autores en su estudio con varias especies noduladoras concluyen que el proceso de nodulación con la fijación de nitrógeno es muy importante para la recuperación de áreas degradadas. Para nuestro caso, a pesar que se desconocen los géneros de bacterias presentes en los nódulos de *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera*, hipotetizamos que probablemente sean de los géneros *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*, dado que estos son los más referidos en las diferentes especies hasta ahora estudiadas (Roggy & Prévost, 1999; Parker, 2000).

Sin duda nuestro estudio evidencia que la simbiosis de las especies de *Tachigali* con los nódulos bacterianos, tanto *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera*, ofrecen una gran ventaja frente a otras especies que no las poseen y más aún en ambientes donde el nitrógeno es un elemento limitante en el suelo y y el proceso de fijación y transformación del Nitrógeno es clave como uno de los macroelementos necesarios para la vida de las plantas. Las diferencias evidentes en el desarrollo de las dos especies en el bosque natural y el ambiente degradado, sugiere además que a nivel de especie se debe hacer estudios, considerando tratamientos que incluyan, algunas enmiendas y el estudio de los suelos al principio y final de los monitoreos. Los resultados obtenidos con las dos especies de *Tachigali*, evidencian que en el valle de Kosñipata, áreas degradadas similares al experimental pueden ser consideradas para los procesos de rehabilitación y continuar con el proceso de restauración. Estas alternativas sin duda podrían ayudar a recuperar los más de 50% de áreas deforestadas en el valle de Kosñipata (Blanco Navea, 2015). Tanto *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera* están presentes en la región Madre de Dios lo que da pie a que sean consideradas en experimentos de restauración en las extensas áreas degradadas en la provincia de Tambopata-Madre de Dios. El potencial para la restauración de suelos degradados por la minería de oro usando estas especies aún se desconoce, como se evidencia por la ausencia de estas especies en el trabajo de Román-Dañobeytia et al. (2021).

5. Conclusiones

El presente estudio revela la presencia de 10 especies de *Tachigali* (leguminosae) en la región Madre de Dios, lo cual representa una relativa baja diversidad, considerando que posee un territorio extenso (tercero en el Perú), sin embargo esto mismo indica que aún se necesita hacer estudios en áreas con vacíos de información, como son la reserva comunal Amarakaeri, áreas limítrofes con el bajo Urubamba y las regiones de bosque amazónico montañoso que se comparte con las regiones de Cusco y Puno.

Se demuestra que especies nativas poseen atributos ecológicos interesantes como la presencia de nódulos bacterianos y con poca asistencia de enmiendas, como sucede en *T. chrysaloides* y *T. aff. setifera* los cuales pueden ser aprovechados en programas de restauración de suelos y por consiguiente en la recuperación de hábitats y ecosistemas. Esta potencialidad debe ser aprovechada para afrontar diferentes problemáticas como las que se dan en Madre de Dios, como la minería, agricultura extensiva y la tala de bosques en la actividad maderera-forestal.

Agradecimientos

A don Isaac Huamantupa y doña Claudia Chuquimaco, por facilitarnos las áreas de experimentación en el Centro Ecológico INAKAMAZONIA. A los directores de los herbarios HAG, Hugo Dueñas y Sofer Báez, herbario CUZ, Fructuosa de la Torre, por habernos permitidos desarrollar las revisiones de especímenes de *Tachigali*. A Miguel Luza por su apoyo durante las colecciones de *Tachigali* en las provincias de Paucartambo y Manu, también por su apoyo con la elaboración del Mapa para el presente manuscrito. A Roosevelt García-Villacorta por su apoyo en la revisión y sus valiosas sugerencias para el manuscrito.

Financiamiento

El presente trabajo no tuvo financiamiento alguno.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflictos de ninguna índole durante el desarrollo del estudio y su publicación.

Contribución de autores

Huamantupa-Chuquimaco: conceptualización, análisis formal, metodología, investigación, curación de datos, escritura (preparación del borrador final), redacción (revisión y edición).

Referencias bibliográficas

- Asner, G. P., & Tupayachi, R. (2016). Accelerated losses of protected forests from gold mining in the Peruvian Amazon. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7dab>
- Blanco Navea, Y. N. (2015). *Identificación y priorización de áreas para restauración ecológica en el distrito de Kosñipata, provincia de Paucartambo - Cusco* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/129>
- de Farias, J., Marimon, B. S., de Carvalho Ramos Silva, L., Petter, F. A., Andrade, F. R., Morandi, P. S., & Marimon-Junior, B. H. (2016). Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 368, 173-182. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.022>
- Dwyer, J. D. (1954). The Tropical American Genus *Tachigalia* Aubl. (Caesalpiniaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 41(2), 223-260. <https://doi.org/10.2307/2394605>
- Dwyer, J. D. (1957). The Tropical American Genus *Sclerolobium* Vogel (Caesalpiniaceae). *Lloydia*, 20(2), 67-118.
- Franco, A. A., & De Faria, S. M. (1997). The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5-6), 897-903. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00229-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00229-5)
- Huamantupa-Chuquimaco, I., C. De Lima, H., Cardoso, D. B. O. S., Yuca-Rivas, R., Ochoa, J. A., & Huamán De La Vega, D. (2019). *Tachigali amarumayu* (Leguminosae), a new species from terra firme forests of Southwestern Amazonia. *Brittonia*, 71(1), 39-48. <https://doi.org/10.1007/s12228-018-9547-z>
- Huamantupa-Chuquimaco, I., De Lima, H. C., & Cardoso, D. B. O. S. (2020). *Tachigali inca* (Caesalpinioideae - Leguminosae), a new species of giant tree from Amazonian forests. *Webbia. Journal of Plant Taxonomy and Geography*, 75(2), 243-250. <https://doi.org/10.36253/jopt-9604>
- Huamantupa-Chuquimaco, I., Lima, H. C., Cardoso, D., Huamán de la Vega, D., & Luza-Victorio, M. A.

- (2021). Sinopsis taxonómica, ecológica y etnobotánica del género *Tachigali* Aubl. (Leguminosae) en la región del Cusco, Perú. *Q'EUÑA*, 7(1), 7-30. <https://doi.org/10.51343/rq.v7i1.458>
- Huamantupa Chuquimaco, I., C. de Lima, H., & B. O. S. Cardoso, D. (2021). *Tachigali rodolfo-rocioii*, una nueva especie arbórea de Leguminosae de los bosques Andino Amazónicos de Perú. *Q'EUÑA*, 12(1), 13-20. <https://doi.org/10.51343/rq.v12i1.765>
- Hunt, R. (1990). *Basic growth analysis*. Unwin-Hyman Ltd, London, United Kingdom.
- INADE. (2007). *Mesozonificación Ecológica - Económica del Corredor Interoceánico Sur, tramo Iñapari – Inambari*. Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), proyecto especial de Madre de Dios y proyecto de Estudios Automatizados Especializados – PEASE. Puerto Maldonado – Perú.
- Monteagudo-Mendoza, A., Vásquez Martínez, R., Rojas Gonzales, R., Phillips, O. L., Baker, T. R., & et al. (2020). *Primer Catálogo de Árboles de la Amazonía de Madre de Dios, Perú*. Universidad Andina del Cusco.
- Parker, M. A. (2000). Divergent Bradyrhizobium symbionts on *Tachigali versicolor* from Barro Colorado Island, Panama. *Systematic and Applied Microbiology*, 23(4), 585-590. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(00\)80034-X](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(00)80034-X)
- Plan Maestro Parque Nacional del Manú. (2014). *Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP*. (p. 110).
- Roggy, J. C., & Prévost, M. F. (1999). Nitrogen-fixing legumes and silvigenesis in a rain forest in French Guiana: a taxonomic and ecological approach. *New Phytologist*, 144(2), 283-294. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00523.x>
- 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. (2021). 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>
- Silva, L. F. G. da, Cardoso, L. J. T., Cardoso, D. B. O. S., & Lima, H. C. de. (2016). *Tachigali spathulipetala*, a New Threatened Caesalpinoid Tree Species (Leguminosae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Systematic Botany*, 41(4), 971-976. <https://doi.org/10.1600/036364416X694080>
- Thiers, B. M. (2022). (continuously updated). *Index Herbariorum: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- van der Werff, H. (2008). A Synopsis of the Genus *Tachigali* (Leguminosae: Caesalpinioideae) in Northern South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 95(4), 618-661. <https://doi.org/10.3417/2007159>