



ARTICULO ORIGINAL

Comparación de la Eficiencia Fotónica entre *Polylepis racemosa* y *Eucalyptus sp.* en Huancayo (Perú)

Comparison of Photonic Efficiency Between *Polylepis racemosa* and *Eucalyptus sp.* in Huancayo (Peru)

Aroca-Cordova Jairo¹, Calderón-Palma Sandy¹, Reymundo-Luis Jhade¹, Rojas-Barboza Danes¹, Taco-Riveros Damaris¹

RESUMEN

Este estudio comparativo evaluó la capacidad de absorción fotónica de *Polylepis racemosa* y *Eucalyptus sp.* bajo las condiciones ambientales de la provincia de Huancayo, con el objetivo de analizar su adaptabilidad a estas condiciones. Utilizando un enfoque cuantitativo con muestreo no probabilístico, se midió la absorción de fotones mediante el dispositivo MultispeQ. Los datos fueron analizados estadísticamente, incluyendo pruebas de normalidad y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de absorción de fotones entre ambas especies. El promedio de absorción fue ligeramente mayor en *P. racemosa* (0.45 $\mu\text{mol/s}$) en comparación con *Eucalyptus sp.* (0.42 $\mu\text{mol/s}$), pero con una mayor variabilidad en la segunda. Esto sugiere que ambas especies presentan una eficiencia comparable en la captación de luz solar en las condiciones locales, a pesar de sus diferencias en estrategias de adaptación. Estos hallazgos resaltan la necesidad de explorar otros factores que influyen en la fotosíntesis y el crecimiento de estas especies, como las condiciones climáticas, disponibilidad de nutrientes y estrategias fisiológicas. Además, se evidencia la importancia de desarrollar enfoques metodológicos para comprender mejor las respuestas de las plantas a su entorno, especialmente en ecosistemas altoandinos.

Palabras clave: Absorción fotónica; fotosíntesis; adaptabilidad; ecosistemas altoandinos.

ABSTRACT

This comparative study evaluated the photon absorption capacity of *Polylepis racemosa* and *Eucalyptus sp.* under the environmental conditions of Huancayo province, aiming to analyze their adaptability to these conditions. Using a quantitative approach with non-probabilistic sampling, photon absorption was measured with the MultispeQ device. The data were statistically analyzed, including normality tests and the non-parametric Mann-Whitney test. The results showed no statistically significant differences in photon absorption capacity between the two species. The average absorption was slightly higher in *P. racemosa* (0.45 $\mu\text{mol/s}$) compared to *Eucalyptus sp.* (0.42 $\mu\text{mol/s}$), but with greater variability in the latter. This suggests that both species exhibit comparable efficiency in capturing solar energy under local conditions, despite differences in their adaptation strategies. These findings highlight the need to explore other factors influencing photosynthesis and growth in these species, such as climatic conditions, nutrient availability, and physiological strategies. Furthermore, the study underscores the importance of developing methodological approaches to better understand plant responses to their environment, particularly in high-Andean ecosystems.

Keywords: Photon absorption; photosynthesis; adaptability; high-Andean ecosystems.

¹ Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail: S01354F@upla.edu.pe

Recibido: 30 de noviembre de 2024
Aprobado: 20 de diciembre de 2024
Publicado: 30 de diciembre de 2024

Para citar este artículo:

Aroca-Cordova, J., Calderon-Palma, S., Reymundo-Luis, J., Rojas-Barboza, D., Taco-Riveros, D. (2024) Comparación de la eficiencia fotónica entre *Polylepis racemosa* y *Eucalyptus sp.* en Huancayo (Perú). *Yotantsipanko*, 4(2), 44-53.
<https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v4i2.49>



Introducción

La luz es la fuente primaria de energía para toda la vida sobre la tierra. La biosfera en la que vivimos es un sistema cerrado y en equilibrio dinámico constante desde el punto de vista termodinámico. Ser un sistema cerrado significa que no intercambia materia con el exterior, pero si recibe energía. Esta energía es esencial para la dinámica tanto geológica como biológica de este planeta, que alberga algo tan genuino como la vida (De La Rivas, 2000).

Las plantas son seres vivos autótrofos que actúan como auténticos captadores de fotones. Mediante la fotosíntesis transforman la energía radiante en energía química, que queda asociada a los compuestos orgánicos de la biomasa (Dolores, 1989).

La luz solar, por su naturaleza energética y su heterogeneidad espacial y temporal, es un factor clave en la fotosíntesis. Las plantas, *Polylepis racemosa* y *Eucalyptus*, mantienen pigmentos principales como las clorofilas para la absorción de energía, y han desarrollado pigmentos accesorios para disipar el exceso de energía absorbida de manera no dañina (Manrique, 2003).

La fotosíntesis comienza con la absorción de radiación activa fotosintéticamente (PAR) por los pigmentos de las plantas. Por lo tanto, una estimación precisa de la absorción de luz en las hojas es fundamental para estudiar las

variaciones espaciales y temporales de la fotosíntesis. Por lo tanto, una estimación precisa de la absorción de luz en las hojas es fundamental para estudiar las variaciones espaciales y temporales de la fotosíntesis (Sánchez, 2018).

La producción de electrones excitados en una hoja es proporcional a la cantidad de luz que recibe, siempre que la cantidad de clorofila se mantenga constante. Sin embargo, cuando se mide la fotosíntesis (incorporación de CO₂), se observa que aumenta linealmente con la radiación hasta cierto punto, después del cual la incorporación de CO₂ se estabiliza, independientemente del aumento de luz. Esto ocurre porque la fotosíntesis está limitada por diversos factores internos y externos, como la concentración de CO₂ y O₂, temperatura, humedad, nutrientes, morfología de la hoja, actividad enzimática y la resistencia del agua (Olascoaga, 2016).

La acción conjunta de diferentes factores ambientales y la luz solar pone a prueba la capacidad de resistencia y adaptación de estas plantas a su medio ambiente. A pesar de ocupar el mismo espacio, estas especies vegetales no responden de manera homogénea a los cambios ambientales, lo que subraya la complejidad y diversidad de sus mecanismos adaptativos (Manrique, 2003).

El desarrollo de nuevos enfoques para el fenotipado de plantas a gran escala, impulsado

para la comunidad de Huancayo, es esencial para enfrentar las crecientes demandas de alimentos y biocombustibles. Esto requiere aumentos significativos en la productividad y eficiencia de las plantas, así como una mayor robustez frente a las fluctuaciones climáticas. Aunque los avances en genética, genómica y bioquímica han proporcionado información valiosa, la capacidad para evaluar el rendimiento de las plantas tanto del *P. racemosa* y *Eucalyptus sp*, especialmente bajo condiciones ambientales dinámicas, sigue siendo un desafío clave que limita el progreso (Kuhlgert et al., 2016).

La ayuda indispensable del dispositivo MultispeQ está diseñado para ser robusto, fácil de usar, de código abierto y ampliable, permitiendo la incorporación rápida de nuevos sensores y técnicas. Utiliza componentes disponibles y es controlado por un microcontrolador con herramientas de código abierto. Además, aprovecha la potencia de dispositivos móviles, tabletas u ordenadores portátiles para ofrecer una interfaz accesible y conexión a Internet para compartir datos, protocolos y herramientas de análisis (Louis, 2011).

El objetivo de esta investigación es realizar un estudio comparativo sobre la absorción fotónica en dos especies vegetales, *P. racemosa* y *Eucalyptus sp*, bajo las mismas condiciones climáticas de acuerdo con todo eso cuál de ellas se adapta a los factores principalmente de la ciudad incontrastable.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en una plantación forestal *P. racemosa* y *Eucalyptus sp*, en la Comunidad Campesina de Alameda Universitaria de referencia a espaldas de la facultad de Ingeniería, de la Universidad Peruana los Andes, dicha plantación se encuentra a 3,95 Km al noroeste de la ciudad de Huancayo.

La Ubicación política, se encuentra ubicada en el Distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín- Perú como se muestra en la (figura 1) con coordenadas de 12°02'29"S 75°11'29"O.

La plantación forestal se localiza en el Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT), característico de zonas altoandinas. Esta área abarca 397,606.48 ha, equivalente al 8.9% de la superficie del departamento, y se extiende por las provincias de Tarma, Chanchamayo, Junín, Concepción, Jauja y Huancayo. Está situada entre los 3000 y 4000 msnm, con temperaturas medias anuales de 6° a 11° C y precipitaciones anuales entre 800 y 1200 mm (Baca, 2015)

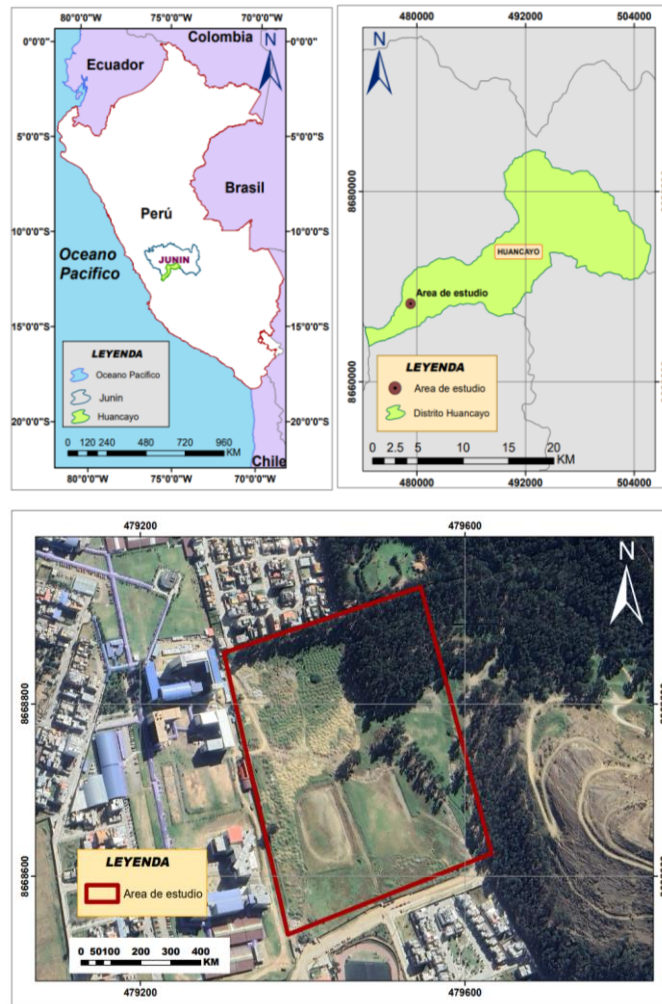


Figura 1. Ubicación satelital de la plantación forestal en la zona Palian, Huancayo (Perú)

Muestra

Para esta investigación nuestra población es de 300 plantas nativas y naturalizadas respecto a cada especie: *P. racemosa* y *Eucalyptus sp.*

Se realizaron mediciones en 100 individuos de cada planta

Protocolo de muestreo

Para el determinado muestreo se realizó a través de un total 2 tipos de muestras para las especies experimentadas que fueron *P. racemosa* y *Eucalyptus sp.*, como se muestra en la figura 2, siguiendo una metodología experimental basada en el método descriptivo, la investigación es cuantitativo y se realizó una muestra no probabilística basado en el juicio del investigador



Figura 2. Toma de muestras fotónicas en *Polylepis racemosa* y *Eucalyptus sp.* utilizando el dispositivo MultispeQ en condiciones ambientales de la provincia de Huancayo.

(de los cuales los criterios seleccionados fueron, planta más grande y vigorosa, sin plagas), lo que permitió seleccionar de manera intencionada los elementos más representativos de cada especie.

La variable de interés es el porcentaje de fotones absorbidos por las especies estudiadas. Esta variable es de tipo cuantitativa continua, ya que se mide en unidades específicas de absorción fotónica ($\mu\text{mol/s}$).

Para la recopilación de datos, se utilizó el equipo MultispeQ, una herramienta especializada que permite medir con precisión la captura de energía fotónica en las plantas. Este instrumento facilitó la obtención de un total de 100 datos de referencia para cada especie estudiada, bajo condiciones controladas y estandarizadas

Análisis de datos

Para garantizar la validez de los resultados, los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas estadísticas, incluyendo la prueba de normalidad Anderson-Darling y la prueba de comparación no paramétrica de Mann-Whitney con un nivel de confianza del 95%, lo que permitió evaluar la significancia de las diferencias en la absorción fotónica entre las dos especies (Umeh, 2016).

Para este trabajo se empleó el software estadístico PAST versión 4.03 en su versión libre.

Resultados

En el caso de los datos de absorción fotónica de ambas especies los resultados indicaron que los datos de *P. racemosa* no siguieron una distribución normal ($p < 0.05$).

De manera similar, los datos de *Eucalyptus sp* tampoco siguieron una distribución normal ($p < 0.05$). Esto refuerza la necesidad de utilizar métodos estadísticos no paramétricos para la comparación de medias entre las dos especies (Bandieri, 2018).

En la tabla 1 se da una visión detallada del comportamiento estadístico de la variable absorción de fotones entre las especies estudiadas. El valor de p obtenido de la prueba de Mann-Whitney indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en la absorción fotónica entre *P. racemosa* y *Eucalyptus sp*.

Tabla 1

*Absorción fotónica ($\mu\text{mol/s}$) de las *Polylepis racemosa* y *Eucalyptus sp* en Huancayo, Perú.*

Especie	Promedio $\pm$ Desviación Estándar	Rango
Polylepis racemosa	0.45 ± 0.12^a	[0.15,0.68]
Eucalyptus sp	0.42 ± 0.16^b	[0.05,0.83]

Las letras a y b significan diferencias significativas con nivel de confianza del 95%

En términos prácticos, este resultado sugiere que las dos especies tienen capacidades fisiológicas distintas en cuanto a su eficiencia para captar fotones, lo cual podría estar relacionado con sus adaptaciones a las condiciones ambientales locales. (Umeh, 2016)

La figura 3, muestra la variabilidad de comparación del porcentaje de Fotones del promedio en los dos tipos de especies de plantas. Según los datos extraídos, el índice de valor bajo y su alcance mayor de la especie de *P. racemosa* se registró $0.15 \pm 0.68 \mu\text{mol/s}$, mientras que el valor de menor y mayor alcance se encuentra en *Eucalyptus sp* $0.05 \pm 0.83 \mu\text{mol/s}$.

Esta variabilidad en el control de humedad de muestreo sugiere que existe una mínima diferencia tal cual es visualizada en el gráfico de la especie de *P. racemosa* muestra una absorción promedio de fotones similar a la del género *Eucalyptus sp*, aunque la dispersión de los datos (representada por el rango intercuartil) indica una variabilidad considerable en la absorción de fotones dentro de cada género. De lo cual se resalta que ambas especies presentan las mismas condiciones esenciales para poder adaptabilidad a las condiciones meteorológicas que ofrece la provincia de Huancayo.

del estudio lo que la hace potencialmente más vulnerable a cambios ambientales, ya que tiene

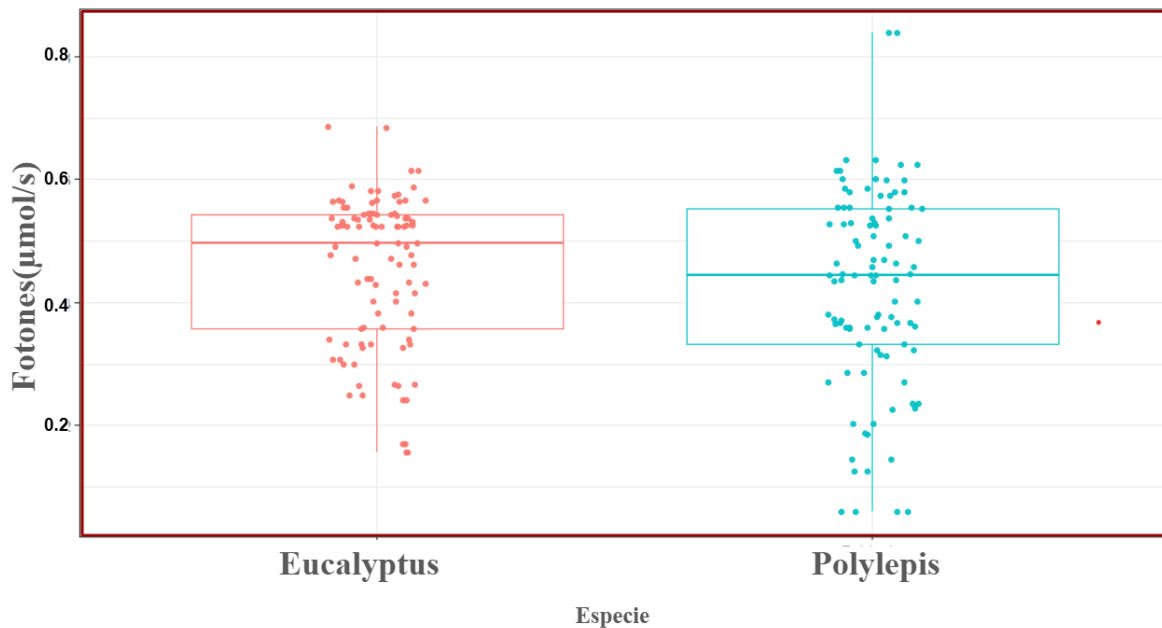


Figura 3. Boxplot de porcentaje de fotones absorbidos por especie en la provincia de Huancayo.

Discusión

Los resultados demuestran que *P. racemosa* y *Eucalyptus sp.* presentan distintas estrategias de adaptación y ocupación del espacio. La mayor desviación estándar y los valores extremos observados en *Eucalyptus sp.* indican una mayor variabilidad. Esto podría estar relacionado con su capacidad para colonizar y adaptarse a diversos entornos. Esta variabilidad intrínseca confiere a *Eucalyptus sp.* una ventaja adaptativa, especialmente en condiciones de luz fluctuante. Por otro lado, el promedio de la desviación estándar ligeramente superior en *Polylepis racemosa* podría indicar una mayor dominancia de esta especie en las condiciones ambientales

un margen de respuesta más reducido (Carlos, 2022).

Según los estudios de (Flores,2022) y (Alfaro,2021), se observa que las especies nativas en el altiplano peruano tienen una mayor capacidad de absorción de fotones en comparación con las especies introducidas o naturalizadas.

(Flores, 2022)muestran que las especies nativas de la región superan a las especies introducidas en cuanto a su capacidad para capturar luz, lo que respalda los hallazgos de (Alfaro, Agroecología en los sistemas andinos., 2021) , quienes también concluyen que las especies naturalizadas de *Eucalyptus sp.* presentan una menor capacidad de captación de luz solar, lo que podría deberse a su menor adaptación a las

condiciones locales en comparación con las especies nativas (Fortes et al., 2009).

Estos hallazgos son esenciales para comprender las estrategias de fotosíntesis y adaptación de estas especies, y subrayan la necesidad de investigar otros factores que pueden influir en su fotosíntesis y crecimiento en la región.

Conclusión

El estudio revela que no hay diferencias significativas en la capacidad de absorción de fotones entre *P. racemosa* y *Eucalyptus sp.*, lo que refuta la hipótesis inicial. Bajo las condiciones de Huancayo, ambas especies muestran una eficiencia similar en la captación de luz solar.

Agradecimiento

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Peruana Los Andes por su invaluable apoyo y orientación a lo largo de este trabajo.

Contribución de los autores

ACJD y CPSR, participó en el Análisis e Interpretación de datos, redacción del artículo y el diseño.
RLJM Y RBDB, participó en la recolección de resultados y redacción del artículo.
TRDB, participó en la revisión crítica.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

Alfaro, N. P. (2021). Agroecología en los sistemas andinos. *jstor* , 243-274.

<https://www.jstor.org/stable/j.ctv2v88cpz.10?seq=3>

Baca, M. T. (2015). Fortalecimiento de capacidades para la zonificación ecológica y económica de la región Junín . *Gerencia Regional de Recursos Naturales y gestión del Medio Ambiente* .

https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/estudio_de_la_propuesta_de_la_zee.pdf

- Bandieri, L. M., Fernández, R., Barrionuevo, C. G., & Bisigato, A. J. (2018). Variabilidad inter anual de la productividad primaria neta aérea en el Monte Austral. Libro de Resúmenes de la XXVIII Reunión Argentina de Ecología. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/209814>
- Flores, Z. M. (2022). Morfología y Viabilidad de cinco Especies de semillas nativas del Altiplano. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 15-25. https://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182022000200015
- Fortes, D., Herrera, R. S., González, S., García, M., Romero, A, Cruz, A. (2009). Comportamiento de los pigmentos fotosintéticos, según la edad de rebrote después del pastoreo de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la estación poco lluviosa. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015425015.pdf>
- Carlos Bravo, B.S. (2022). Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal de quinal (*Polylepis* sp), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de la Quinua, Yanacancha, Pasco-2020 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] Repositorio institucional de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2593>
- Louis, M. (2011). Phenomic: Genotype to Phenotype. NIFA-NSF Phenomics Workshop Report. https://www.nifa.usda.gov/sites/default/files/resources/Whitepaper_finalUSDA.PDF
- Olascoaga, B., Mac Arthur, A., Atherton, J., & Porcar-Castell, A. (2016). A comparison of methods to estimate photosynthetic light absorption in leaves with contrasting morphology. *Tree Physiology*, 36(3), 368-379. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv133>
- Manrique Reol, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis: *Ecosistemas*, 12(1). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/250>
- De Las Rivas, J. A. V. I. E. R. (2000). La luz y el aparato fotosintético. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. AZCÓN BIETO J, 131-153. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=556962>
- Dolores, M., Martín, I., & Manzanares, P. La producción vegetal en relación a la Radiación Solar. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_1_991_705_344_350.pdf

- Manrique Reol, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis: *Ecosistemas*, 12(1). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/250>
- Sánchez, M. M. E., Torres, S. M. D., González, J. M. G., Saldivar, V. M. G., & Cabrera, A. E. G. (2020). Radiación fotosintéticamente activa. *Memoria Universitaria*, 2(2). <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/MemUni/article/view/810>
- Kuhlgert, S., Austic, G., Zegarac, R., Osei-Bonsu, I., Hoh, D., Chilvers, M. I., ... y Kramer, D. M. (2016). MultispeQ Beta: una herramienta para el fenotipado de plantas a gran escala conectada a la red abierta PhotosynQ. *Ciencia abierta de la Royal Society*, 3(10), 160592. <https://doi.org/10.1098/rsos.160592>
- Umeh, E. U., & Eriobu, N. O. (2016). Comparación de dos pruebas de muestra utilizando tanto la eficiencia relativa como la potencia de la prueba. *Revista Abierta de Estadística*, 6(02), 331. <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=65933&#abstract>