UEA Forestal
PrePrint UEA

Sección Forestal
Vol. FOR2424. ep08–314

| Recibido: 04/09/2024 |
| Aceptado: 02/10/2024 |
| Publicado: 26/11/2026 |

Estimación de fotosíntesis en *Compsoneura trianae* en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA-UEA)

Estimation of Photosynthesis in *Compsoneura trianae* at the Amazon Research and Production Experimental Center (CEIPA-UEA)

Lissbeth Stefania Urquizo Moreta[1], Vivian Nicole Urrutia Illicachi[1] Ricardo Vinicio Abril Saltos[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vFOR2424ep08-314 Crossref

Resumen

Ecuador, un área clave por su biodiversidad y su papel en el equilibrio ecológico. La fotosíntesis es crucial en la producción de biomasa y en la regulación del ciclo del carbono, este estudio tuvo como objetivo analizar la actividad fotosintética de *Compsoneura trianae* en áreas del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA) y así contribuir a la comprensión de su adaptación fisiológica y su rol en los ecosistemas amazónicos. Se utilizaron hojas frescas de *C. trianae* y un sistema portátil integrado de medición de la fotosíntesis y la fluorescencia de la clorofila (iFL - LCpro-SD). Los datos recolectados fueron procesados con el programa Table curve para la obtención de las curvas. Los resultados de *Compsoneura trianae* indicaron que, según los modelos evaluados, los picos de los parámetros fisiológicos ocurrieron en diferentes momentos del día. A las 07:00 se registró la mayor concentración de CO_2 subestomático; a las 08:00, las tasas máximas de transpiración y conductancia estomática; a las 10:00, el máximo de temperatura foliar; y a las 13:00, la tasa de asimilación fotosintética alcanzó su valor máximo de 1,5 μmol m^2s^{-1}. Los modelos cúbicos ajustaron mejor los datos de transpiración, emisión de CO_2, conductancia estomática y temperatura de la hoja mientras que el modelo gaussiano fue más preciso para la asimilación fotosintética.

Palabras clave

asimilación; biomasa; bosque; carbono; ecosistemas amazónicos.

Abstract

Ecuador, a key area for its biodiversity and role in ecological balance. Photosynthesis is crucial for biomass production and the regulation of the carbon cycle. This study aimed to analyze the photosynthetic activity of *Compsoneura trianae* in areas of the Experimental Research and Production Center of the Amazon (CEIPA), contributing to the understanding of its physiological adaptation and role in Amazonian ecosystems. Fresh leaves of *C. trianae* were used, along with an integrated portable system for measuring photosynthesis and chlorophyll fluorescence (iFL - LCpro-SD). The collected data were processed with Table Curve software to generate the corresponding curves. The results for *Compsoneura trianae* indicated that, according to the evaluated models, the peaks of physiological parameters occurred at different times of the day. At 07:00, the highest concentration of sub-stomatal CO_2 was recorded; at 08:00, the maximum rates of transpiration and stomatal conductance; at 10:00, the maximum leaf temperature; and at 13:00, the photosynthetic assimilation rate reached its peak value of 1.5 μmol m^2s^{-1}. Cubic models better fit the data for transpiration, CO_2 emission, stomatal conductance, and leaf temperature, while the Gaussian model was more accurate for photosynthetic assimilation.

Keywords

assimilation; biomass; forest; carbon; amazonian ecosystems.

Direcciones [1]Universidad Estatal Amazónica.. Pastaza, Ecuador. Email: ls.urquizom@uea.edu.ec, vn.urrutiai@uea.edu.ec, rvabril@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia Lissbeth Stefania Urquizo Moreta. Universidad Estatal Amazónica.. Pastaza, Ecuador. Email: ls.urquizom@uea.edu.ec

Cómo citar URQUIZO MORETA, Lissbeth Stefania, URRUTIA ILLICACHI, Vivian Nicole and ABRIL SALTOS, Ricardo Vinicio 2026. **Estimación de fotosíntesis en *Compsoneura trianae* en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA-UEA)**. PrePrint UEA. Vol. FOR2424. p. ep08–314. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vFOR2424ep08-314

Editores Académicos Sucoshañay Villalba Darwin Javier

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

En el mundo, los bosques tropicales se caracterizan por albergar la mayor diversidad biológica, concentrando el 33% de las especies descritas, lo que equivale a 383.671 especies de plantas vasculares conocidas (Padilla 2019). Además, el bosque tropical es de gran importancia desde el punto de vista de la biodiversidad, con diferentes formaciones vegetales que sirven de refugio a diversas formas de vida que ocupan distintos hábitats disponibles en el ecosistema (Machado 2021).

Dentro de los bosques tropicales, los bosques húmedos tropicales o bosques siempreverdes amazónicos son altamente heterogéneos y diversos. Estos bosques se caracterizan por ser ecosistemas con gran diversidad y complejidad estructural y ambiental (Padilla 2019). En Ecuador, estos bosques cubren aproximadamente el 75% del territorio. La región amazónica ecuatoriana contiene una considerable extensión de bosques con respecto al territorio nacional, incluyendo el bosque montano oriental con 31.555 km^2, el bosque piemontano oriental con 13.133 km^2, y el bosque húmedo amazónico con 73.909 km^2 (BioWeb 2020). La Amazonía abarca alrededor de 6,9 millones de km^2, aproximadamente el 40% del territorio sudamericano, abarcando nueve países de América del Sur, y es el remanente continuo de bosque tropical hú-

medo más grande de la tierra, representando alrededor del 40% de los bosques tropicales del mundo (Machado 2021). La Amazonía ecuatoriana tiene una extensión aproximada de 120.000 km^2, que corresponde al 43% de la superficie terrestre continental e insular. Comprende las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona y Zamora (Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica 2021).

Entre las especies presentes en estos ecosistemas, los miembros de la familia Myristicaceae, son árboles o arbustos con características distintivas como su patrón de crecimiento, disposición de las hojas y látex rojo. Son dioicos, con flores pequeñas y unisexuales, y frutos característicos como bayas o cápsulas dehiscentes. Esta familia se encuentra en diversas regiones tropicales, especialmente en América, con géneros como *Bicuiba, Compsoneura, Iryanthera, Osteophloeum, Otoba y Virola.* Las especies de esta familia tienen un alto valor etnobotánico, utilizados por indígenas para diversos fines, y son importantes en la flora arbórea tropical. En Ecuador, se registran cinco géneros y aproximadamente 39 especies presentes, con distribuciones específicas en la cuenca amazónica y la región del Chocó, entre otros lugares (BioWeb 2020). Por lo tanto, *Compsoneura* es un género de plantas que se parecen a arbustos o árboles pequeños, alcanzando hasta 10 metros de altura. Sus hojas son alargadas y puntiagudas, con una forma parecida a la de un óvalo, y pueden medir entre 10 y 34 centímetros de largo y de 4 a 10 centímetros de ancho. Tienen un color verde brillante y son suaves al tacto. Las flores son blancas y se agrupan en racimos estrechos. Los frutos tienen forma de óvalo alargado y pueden medir entre 1,5 y 2,5 centímetros de largo. Dentro de cada fruto hay una semilla que está cubierta por una capa roja delgada y algo deshilachada en el extremo (Naturalist Ecuador 2023).

La especie *Compsoneura trianae*, conocida como cumbaya, es un árbol que crece en las selvas húmedas de tierras bajas. Posee follajes aromáticos, sus flores son pequeñas de color verde o blanco amarillento, y los frutos son carnosos con una sola semilla que es dispersada por animales (Taylor, Devia 2000). Es originaria de América tropical, registrada en Colombia y Ecuador, y predomina en los bosques húmedos entre los 0 a 1000 m. s. n. m. Se encuentra al interior de coberturas boscosas en buen estado de conservación, y es utilizada en la construcción de viviendas y en la fabricación de muebles. Los frutos son consumidos por aves y mamíferos (Abril et al., 2024). Asimismo, la fotosíntesis, proceso esencial en las plantas, se define como «síntesis que usa luz». Los organismos fotosintéticos usan la energía solar para sintetizar compuestos de carbono, más específicamente, la utilizan para la síntesis de hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono y agua, con la generación adicional de oxígeno (Gómez 2014).

Este proceso metabólico permite a las plantas verdes y algunos microorganismos sintetizar moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas utilizando la energía luminosa. Proviene del griego *photo*, luz; *sýn*, con unión; y *thésis*, disposición (Magos 2019). De esta manera, la fotosíntesis es un proceso fotoquímico por el cual las plantas, algas y bacterias fotosintéticas utilizan la radiación solar transformándola en energía química para utilizarla en la síntesis de compuestos orgánicos a través de sustancias inorgánicas como minerales, agua y CO2 (López Tolentino et al., 2016). En este proceso, la energía de la luz se convierte en energía química en forma de azúcares. En un proceso impulsado por la energía de la luz, se crean moléculas de glucosa (y otros azúcares) a partir de agua y dióxido de carbono, mientras que se libera oxígeno como subproducto. Las moléculas de glucosa proporcionan a los organismos dos recursos cruciales: energía y carbono fijo (orgánico) (Khan Academy 2024). El estudio tuvo como objetivo analizar la actividad fotosintética de Compsoneura trianae en áreas del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA) y así contribuir a la comprensión de su adaptación fisiológica y su rol en los ecosistemas amazónicos.

2. Metodología

2.1. Localización

Este trabajo se desarrolló en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), de la Universidad Estatal Amazónica, en el cantón Arosemena Tola, provincia de Napo, Ecuador, en el año 2024. Este centro tiene una extensión de 2.848,20 ha, el que presenta los siguientes usos de suelo: pastos (300 ha), infraestructura (aprox. 25 ha) y bosque primario (aprox. 2000 ha) (Abril et al., 2023) (**Figura 1**).



Figura 1 | Ubicación geográfica de la zona de estudio (CEIPA-UEA), situado en el cantón Arosemena Tola de la provincia del Napo, en el kilómetro 44 vía Puyo-Tena.

2.2. Condiciones climáticas de la región de estudio

De acuerdo con los datos (UEA 2024), la región de estudio se caracteriza por un clima cálido y húmedo. La temperatura media anual varía entre 24°C y 25°C. La precipitación media anual es de 4000 mm, indicando un ambiente con alta humedad. La altitud de la región oscila entre 580 y 990 metros sobre el nivel del mar. La humedad relativa se mantiene en un 80%.

2.3. Materiales y métodos

2.3.1. Equipo utilizado

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó un sistema portátil integrado de medición de la fotosíntesis y la fluorescencia

de la clorofila (iFL - LCpro-SD) con control del microclima totalmente programable, fabricado por las empresas Opti-Sciences Inc. y ADC BioScientific Ltd, Inglaterra. Se registró la Asimilación fotosintética (A), Tasa de transpiración (E), CO2 Subestomático (ci), Conductancia estomática de H2O (gs), Temperatura de la hoja (TLeaf). (Opti-Sciences [no date]).

2.3.2. Mediciones de la actividad fotosintética en condiciones ambientales

Para registro de la actividad fotosintética se siguió lo establecido por Weissert et al., (2017) con adecuaciones por los autores. Se midió la fotosíntesis en condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad y concentración de CO2). Se realizaron 5 réplicas en hojas sanas, sin malformaciones o daños por insectos y expuestas a la luz de la especie *Compsoneura trianae.* Los registros iniciaron a partir de las 07:00 hasta las 15:00 horas con intervalos de dos horas para cada registro (07:00, 09:00, 11:00, 13:00 y 15:00).

2.3.3. Análisis de datos y evaluación de modelos estadísticos

Se realizó utilizando Microsoft Excel para el procesamiento inicial, y el software Table Curve 2D (Systat Sotfware 2002) para el ajuste de las curvas. Se aplicaron modelos estadísticos cúbicos y gaussianos.

Kass, Raftery (1995) argumentan que es fundamental considerar, tanto la significancia de los parámetros individuales, como el ajuste global del modelo y su capacidad predictiva. Esto subraya la idea de que una buena evaluación de modelos no debe basarse solo en métricas individuales, sino también en cómo el modelo se comporta en su totalidad al predecir nuevos datos.

3. Resultados y Discusión

Se seleccionó el modelo con parámetros estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$), mayor valor de R2 y menor error estándar. El modelo gaussiano mostró el mejor ajuste para la tasa de asimilación fotosintética(A), mientras que para los demás parámetros: tasa de transpiración (E), CO2 Subestomático (Ci), conductancia estomática de H_2O (gs) y temperatura de la hoja (TLeaf), el modelo cúbico fue el que presentó un mejor ajuste **(Tabla 1).**

Tabla 1 | Modelos evaluados

Parámetro fotosintético	Modelo	P<0.05	R2	Error
Asimilación fotosintética (A)	Gaussiano	0,004	0,998	0,030
Tasa de transpiración (E)	Cúbico	0,041	0,972	0,057
C02 Subestomático (ci)	Cúbico	0,003	0,998	3,172
Conductancia estomática de H2O (gs)	Cúbico	0,03	0,98	0,023
Temperatura de la hoja (TLeaf)	Cúbico	0,023	0,985	0,236

El uso de modelos de dispersión es crucial para comprender la fotosíntesis en especies forestales, ya que permite predecir cómo factores como la luz, el agua y los nutrientes se distribuyen en los ecosistemas forestales. Estos modelos ayudan a entender la interacción entre especies y su respuesta a cambios ambientales, mejorando la gestión de los bosques (Zhang, Sun, Tao 2020).

3.1. Tasa de asimilación fotosintética

El modelo Gaussiano **(Tabla 1)** se ajustó por sus significancias en la tasa de asimilación fotosintética, con un valor p de 0,004, frente a otros modelos que no fueron significativos ($p < 0,05$). La tasa de asimilación fotosintética desde las 7:00 de la mañana se mantuvo estable hasta las 10:00, sin superar los 0,7 μmol m^2s^{-1}, alcanzando un máximo de 1,5 μmol m^2s^{-1} a las 13:00 horas. Este modelo presentó un buen ajuste, con un R^2 de 0,998 y un error de 0,030 **(Figura 2).** Estos hallazgos coinciden parcialmente con los reportes de otras investigaciones realizadas en especies de plantas tropicales bajo condiciones similares. Por ejemplo, estudios previos sobre la respuesta fotosintética en otras especies arbóreas tropicales han mostrado patrones diarios en los que la asimilación de CO_2 tiende a incrementarse a medida que avanza el día, alcanzando su punto máximo al mediodía o primeras horas de la tarde (Niinemets 2015; Slot, Winter 2017). Este comportamiento se atribuye principalmente a la relación entre la irradiancia solar y la actividad fotosintética, que aumenta conforme la luz disponible se intensifica a lo largo de la mañana.

Sin embargo, el máximo de 1,5 μmol m^2s^{-1} registrado en *C. trianae* es notablemente más bajo en comparación con los valores observados en otras especies del dosel en bosques tropicales, donde tasas superiores a 10 μmol m^2s^{-1} son comunes bajo condiciones de pleno sol (Zhang et al., 2016). Esta diferencia podría estar relacionada con la posición de *C. trianae* en el sotobosque, donde la cantidad de luz recibida es considerablemente menor, lo que afecta directamente su capacidad fotosintética (Chazdon, Pearcy 1991). De hecho, las plantas del sotobosque han desarrollado adaptaciones para optimizar el uso de la luz tenue, mostrando tasas de asimilación más bajas, pero manteniendo una eficiencia relativamente alta bajo condiciones de baja irradiancia (Valladares, Niinemets 2008).

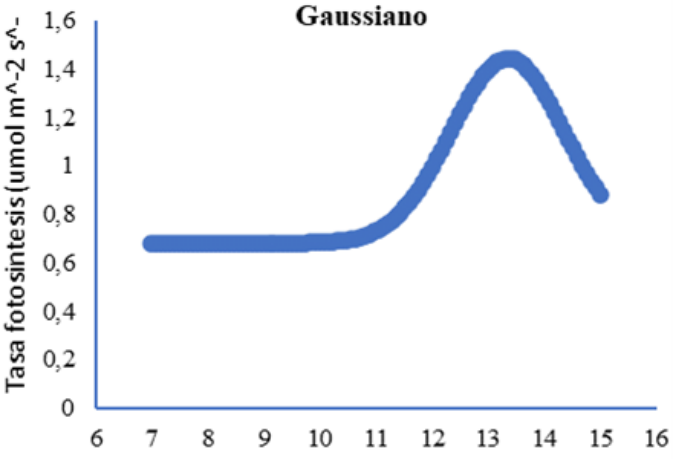

Figura 2 | Asimilación fotosintética

Según Zhu et al., (2010) La simulación fotosintética de las plantas permite modelar el proceso de fotosíntesis para predecir cómo las plantas absorben luz y CO_2, y cómo estos

factores influyen en su crecimiento. Estas simulaciones consideran variables ambientales como la luz solar, la temperatura y la disponibilidad de nutrientes, proporcionando una herramienta útil para entender la eficiencia de las plantas en diferentes condiciones. Los modelos computacionales ayudan a optimizar el rendimiento agrícola y a prever respuestas de las plantas ante el cambio climático.

3.2. Tasa de transpiración

El modelo cúbico (Tabla 1) se destacó por su significancia en la tasa de transpiración, con un valor p de 0,041, frente a otros modelos que no fueron significativos (p <0,05). La tasa de transpiración alcanzó un máximo de 1,5 mmol m^2s^{-1} a las 8:00 a.m. y disminuyó a 1 mmol m^2s^{-1} a las 15:00 (**Figura 3**). Este patrón diurno coincide con los resultados observados en otras investigaciones sobre la transpiración en especies arbóreas del sotobosque tropical, donde las tasas de transpiración suelen ser más altas durante las primeras horas del día, cuando la humedad relativa es mayor y la temperatura aún no alcanza su máximo diario (Lambers et al., 2008).

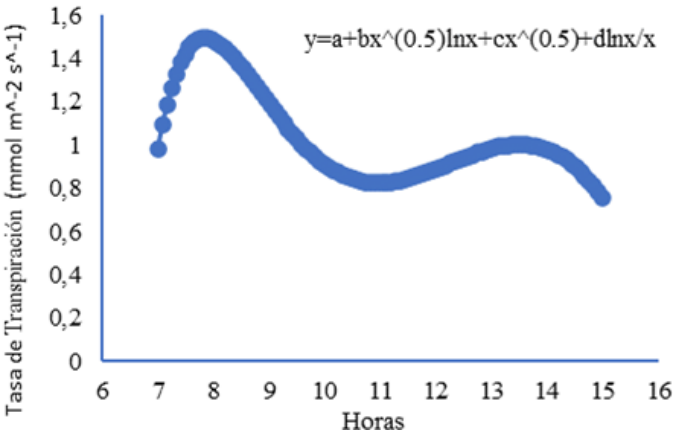

Figura 3 | Tasa de transpiración.

La disminución gradual en la tasa de transpiración hacia las horas de la tarde puede explicarse en parte por el incremento en la temperatura y la disminución de la humedad relativa, lo cual aumenta el déficit de presión de vapor (VPD) entre la hoja y el aire, un factor clave en la regulación estomática (Zhou et al., 2013). A medida que el VPD aumenta, las plantas tienden a cerrar parcialmente sus estomas para evitar la pérdida excesiva de agua, lo que se refleja en una reducción de la transpiración (Jones 2014). Este comportamiento es consistente con estudios previos en plantas tropicales que muestran un cierre estomático durante las horas más cálidas del día como estrategia para conservar agua (Martínez-Vilalta et al., 2014).

Sin embargo, el máximo de 1,5 mmol m^2s^{-1} de transpiración observado en *C. trianae* es relativamente bajo en comparación con otras especies arbóreas tropicales. En estudios de especies del dosel, como *Hevea brasiliensis*, se han reportado tasas de transpiración que superan los 4 mmol m^2s^{-1} durante las horas de mayor actividad fotosintética (Granier et al., 2016). Esta diferencia puede estar relacionada con la ubicación de *C. trianae* en el sotobosque, donde las condiciones de luz son limitadas, lo que reduce tanto la fotosíntesis como la transpiración (Santiago et al., 2004). Las plantas del sotobosque, adaptadas a ambientes de baja irradiancia, tienden a tener tasas de transpiración más moderadas, lo que les permite optimizar el uso del agua y evitar el estrés hídrico bajo condiciones de alta competencia por recursos hídricos (Bonal et al., 2000).

La transpiración es un proceso clave para la regulación hídrica, afectado principalmente por las condiciones climáticas, como la disponibilidad de agua y la demanda atmosférica. Las especies presentan variaciones en su capacidad de regular la transpiración, influenciadas por su adaptación a diferentes tipos de suelo y clima, lo que impacta el equilibrio hídrico del ecosistema forestal (Harrison et al., 2020).

3.3. CO2 Subestomático

El modelo cúbico (Tabla 1) resultó ser significativo para la generación de CO_2 subestomático, con un valor p de 0,003, en contraste con otros modelos que no mostraron significancia (p <0,05). La generación de CO_2 se mantuvo constante entre las 9:00 y las 12:00 horas, sin superar los 460 vpm, con un pico máximo de 500 vpm a las 7:00 (**Figura 4**). El comportamiento del CO_2 subestomático está relacionado con la regulación estomática, que ajusta la apertura de los poros para equilibrar la toma de CO_2 y la pérdida de agua. Bajo condiciones de alta concentración de CO_2, las estomas tienden a cerrarse, reduciendo la fotosíntesis y la transpiración. Este proceso es clave para la adaptación de las plantas a su entorno y para entender cómo enfrentarán el cambio climático (Flexas et al., 2008).

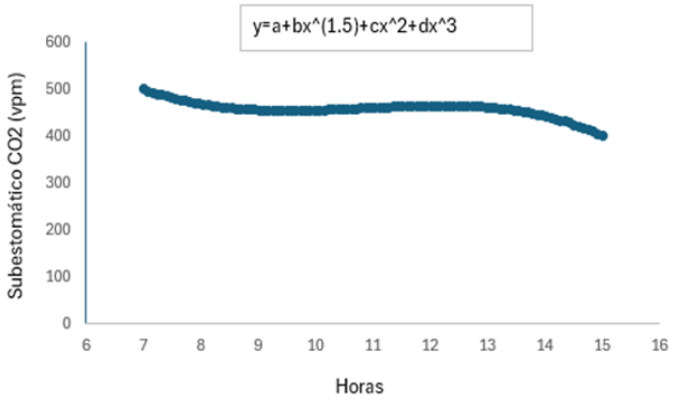

Figura 4 | CO2 Subestomático

3.4. Conductancia estomática de H2O

El modelo cúbico (**Tabla 1**) resultó significativo para la generación de conductancia estomática de H_2O, con un valor p de 0,030, mientras que otros modelos no mostraron significancia (p <0,05). La conductancia estomática alcanzó su punto máximo entre las 7:00 y las 8:00, con 0,5 mol m^2s^{-1}, y luego comenzó a disminuir hasta las 10:00. Después de mantenerse estable durante algunas horas, volvió a decrecer por la tarde (**Figura 5**). Este modelo presentó un ajuste robusto, con un R^2 de 0,98 y un error de 0,023. La conductancia estomática regula el intercambio de gases y agua entre la planta y la atmósfera, siendo fundamental para la fotosíntesis y la transpiración. Este proceso está influenciado por factores ambientales como la humedad, la radiación y el déficit de presión de vapor, afectando la eficiencia en el uso del agua y la adaptación a condiciones climáticas cambiantes (Matz et al., 2020).

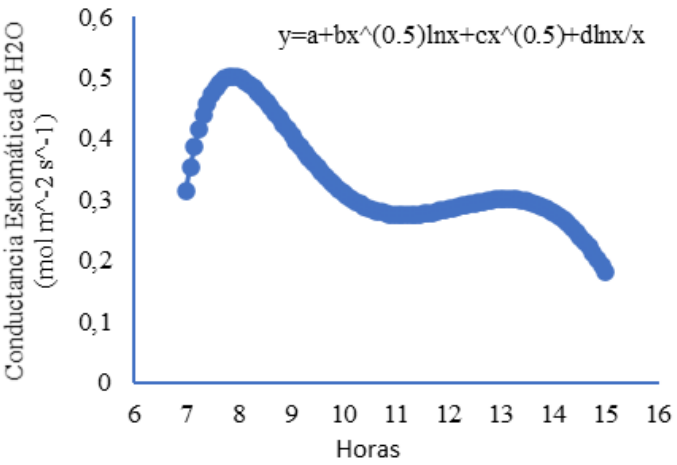

Figura 5 | Conductancia estomática de H2O

3.5. Temperatura en la superficie de la hoja

El modelo cúbico **(Tabla 1)** resultó significativo para la generación de temperatura en la superficie de la hoja, con un valor p de 0,023, mientras que otros modelos no fueron significativos (p <0,05). La temperatura de la superficie de la hoja aumentó significativamente desde las 7:00 hasta alcanzar un máximo de 29 ºC a las 11:00, y luego comenzó a disminuir hasta las 14:00. Este modelo presentó un buen ajuste, con un R^2 de 0,985 y un error de 0,236. Los parámetros del modelo también fueron significativos, con valores p cercanos a 0,05. La **(Figura 6)** asegura que el modelo cúbico ofrece una representación precisa de los datos observados.

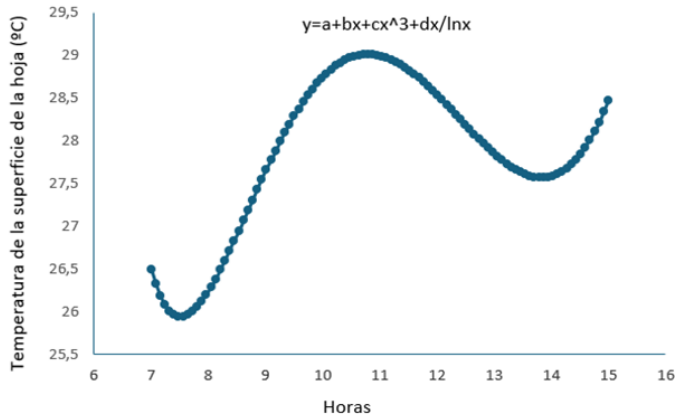

Figura 6 | Temperatura en la superficie de la hoja

Los resultados obtenidos para *Compsoneura trianae* muestran una respuesta fotosintética altamente dinámica a lo largo del día, reflejando una serie de adaptaciones al ambiente tropical. La tasa de asimilación fotosintética alcanzó su máximo a las 13:00 horas con un valor de 15 μmol m^2s^{-1}, lo que coincide con estudios que muestran que las especies tropicales tienden a maximizar la fotosíntesis durante las horas de mayor radiación solar, siempre que haya suficiente humedad disponible para evitar el estrés hídrico (Doughty, Metcalfe, Girardin 2019).

La generación de CO_2 subestomático alcanzó su máximo a las 7:00 a.m., lo que sugiere que la planta aprovecha estas condiciones para maximizar la fijación de carbono, una estrategia que ha sido documentada en varias especies tropicales que buscan optimizar la fotosíntesis en las horas más frescas del día (Kiran et al., 2021). En cuanto a la conductancia estomática de H_2O, los valores más altos se registraron entre las 7:00 y las 8:00 a.m., lo que permite un mayor intercambio de gases durante las horas más favorables en términos de temperatura y humedad, optimizando el uso de agua y la fijación de CO_2 (Hou et al., 2020). Estos resultados resaltan cómo *C. trianae* ajusta sus procesos fotosintéticos a lo largo del día.

4. Conclusiones

En conclusión, el estudio de la actividad fotosintética de C. *trianae* en áreas del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica – CEIPA. Reveló que la tasa de asimilación fotosintética permaneció estable en las primeras horas del día, alcanzando su máximo de 1,5 μmol m^2s^{-1} a las 13:00 horas, lo que refleja su adaptación a condiciones de baja irradiancia. De manera similar, la tasa de transpiración alcanzó un pico temprano de 1,5 mmol m^2s^{-1} a las 8:00 a.m., disminuyendo gradualmente hacia las horas de mayor temperatura, lo que sugiere una eficiente regulación estomática para minimizar la pérdida de agua en horas más calurosas. Estos resultados indican que *C. trianae* ha desarrollado estrategias de ajuste fisiológico que le permiten optimizar la captación de luz y conservar agua en su entorno natural. El estudio proporciona información valiosa sobre el comportamiento fotosintético de esta especie, aportando a la comprensión de su ecología en ecosistemas tropicales.

Contribuciones de los autores

Lissbeth Stefania Urquizo Moreta: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Vivian Nicole Urrutia Illicachi: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Ricardo Vinicio Abril Saltos: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

ABRIL, Ricardo, TAPIA, Andre, PILLCO, Briggitte, QUISHPE, Johnny, LÓPEZ, Katherine and SARABIA, Danilo, 2024. Germinación y crecimiento de Porcelia mediocris y Compsoneura trianae en Arosemena Tola, Napo, Ecuador. Agronomía Mesoamericana. 11 April 2024. DOI 10.15517/am.2024.56371.

ABRIL, Ricardo Vinicio, CHANGOLUISA, Daysi, MORELL, Leobel, TOSCANO, Mayerling Kirina and PÉREZ, Brigit-

te Tatyana, 2023. Cobertura del suelo sobre la concentración de nutrientes en un agroecosistema en Napo, Ecuador. Agronomía Mesoamericana. 25 August 2023. P. 54138. DOI 10.15517/am.2023.54138.

BIOWEB, 2020. Regiones Naturales del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador,. Online. 2020. Available from: https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales [Accessed 1 September 2024].

BONAL, D., SABATIER, D., MONTPIED, P., TREMEAUX, D. and GUEHL, J. M., 2000. Interspecific variability of δ13C among trees in rainforests of French Guiana: functional groups and canopy integration. Oecologia. 23 August 2000. Vol. 124, no. 3, p. 454–468. DOI 10.1007/PL00008871.

CHAZDON, Robin L. and PEARCY, Robert W., 1991. The Importance of Sunflecks for Forest Understory Plants. BioScience. December 1991. Vol. 41, no. 11, p. 760–766. DOI 10.2307/1311725.

DOUGHTY, C. E, METCALFE, D. B and GIRARDIN, C. A, 2019. Tropical forest carbon balance and its importance in a warming world. Global Change Biology. 2019. Vol. 25, no. 1, p. 121–133. DOI 10.1111/gcb.14423.

FLEXAS, Jaume, RIBAS-CARBO, Miquel, DIAZ-ESPEJO, Antonio, GALMES, Jeroni and MEDRANO, Hipolito, 2008. Mesophyll conductance to CO 2 : current knowledge and future prospects. Plant, Cell & Environment. 7 May 2008. Vol. 31, no. 5, p. 602–621. DOI 10.1111/j.1365-3040.2007.01757.x.

GÓMEZ, Germán, 2014. Propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis dirigida a estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D. Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar el título de: Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

GRANIER, A, PILEGAARD, K and LINACRE, ET, 2016. Transpiration and stomatal regulation in tropical forests. Journal of Hydrology. 2016. Vol. 556, p. 1018–1031.

HARRISON, Jamie L., REINMANN, Andrew B., MALONEY, Anne Socci, PHILLIPS, Nathan, JUICE, Stephanie M., WEBSTER, Alex J. and TEMPLER, Pamela H., 2020. Transpiration of Dominant Tree Species Varies in Response to Projected Changes in Climate: Implications for Composition and Water Balance of Temperate Forest Ecosystems. Ecosystems. 23 December 2020. Vol. 23, no. 8, p. 1598–1613. DOI 10.1007/s10021-020-00490-y.

HOU, Xuemin, ZHANG, Wendong, DU, Taisheng, KANG, Shaozhong and DAVIES, William J, 2020. Responses of water accumulation and solute metabolism in tomato fruit to water scarcity and implications for main fruit quality variables. Journal of Experimental Botany. 19 February 2020. Vol. 71, no. 4, p. 1249–1264. DOI 10.1093/jxb/erz526.

JONES, HG, 2014. Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Cambridge University Press. Online. 2014. Available from: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19920756061 [Accessed 24 September 2024].

KASS, Robert E. and RAFTERY, Adrian E., 1995. Bayes Factors. Journal of the American Statistical Association. June 1995. Vol. 90, no. 430, p. 773–795. DOI 10.1080/01621459.1995.10476572.

KHAN ACADEMY, 2024. Introducción a la fotosíntesis. Biología Avanzada. Online. 2024. Available from: https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis [Accessed 1 September 2024].

KIRAN, Asha, SHARMA, P.N., AWASTHI, Rashmi, NAYYAR, Harsh, SETH, Romit, CHANDEL, Surender Singh, SIDDIQUE, Kadambot H.M., ZINTA, Gaurav and SHARMA, Kamal Dev, 2021. Disruption of carbohydrate and proline metabolism in anthers under low temperature causes pollen sterility in chickpea. Environmental and Experimental Botany. August 2021. Vol. 188, p. 104500. DOI 10.1016/j.envexpbot.2021.104500.

LAMBERS, Hans, CHAPIN, F. Stuart and PONS, Thijs L., 2008. Plant Physiological Ecology. New York, NY: Springer New York. ISBN 978-0-387-78340-6.

LÓPEZ TOLENTINO, Gorgonio, LIRA SALDIVAR, Ricardo Hugo and MÉNDEZ ARGUELLO, Bulmaro, 2016. Medición de intercambio gaseoso, área foliar e índice de clorofila en plantas elicitadas con nanopartículas. In: Ciencias Agrarias. Online. Saltillo-México: Departamento Plásticos en la Agricultura. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). p. 112–128. Available from: http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/338 [Accessed 1 September 2024].

MACHADO, Helton Bastos, 2021. Caracterización del potencial maderero de un bosque intensivo explotado en el sureste de Paris, Universidad Federal Rural de la Amazonia. Online. Tesis presentada a la Universidad Federal Rural de la Amazonía, en el marco del requisitos del Programa de Posgrado en Ciencias Forestales, área de concentración Manejo de Ecosistemas Forestales, para obtener el título de Maestría. Belén-Brasil: Universidad Federal Rural de la Amazonía. Available from: http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1484 [Accessed 1 September 2024].

MAGOS, Fabiola, 2019. Fotosintesis. Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia, UNAM. 6 September 2019.

MARTÍNEZ-VILALTA, Jordi, POYATOS, Rafael, AGUADÉ, David, RETANA, Javier and MENCUCCINI, Maurizio, 2014. A new look at water transport regulation in plants. New Phytologist. 2 October 2014. Vol. 204, no. 1, p. 105–115. DOI 10.1111/nph.12912.

MATZ, Mikhail V., TREML, Eric A. and HALLER, Benjamin C., 2020. Estimating the potential for coral adaptation to global warming across the Indo-West Pacific. Global Change Biology. 14 June 2020. Vol. 26, no. 6, p. 3473–3481. DOI 10.1111/gcb.15060.

NATURALIST ECUADOR, 2023. Género Compsoneura.. Online. 29 December 2023. Available from: https://ecuador.inaturalist.org/taxa/273176-Compsoneura [Accessed 1 September 2024].

NIINEMETS, Ülo, 2015. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs. Ecology. 2015. Vol. 96, no. 12, p. 3537–3547.

OPTI-SCIENCES, Inc.& ADC BioScientific, [no date]. El estándar en sistemas de medición del estrés vegetal.. On-

line. Available from: https://optisci.com/index.html [Accessed 18 September 2024].

PADILLA, Denise Paola, 2019. Efecto de borde sobre la diversidad florística en la vía de acceso Villano A – Villano B, Pastaza-Ecuador.. Online. Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Biológicas. Quito-Ecuador. Available from: https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/20728 [Accessed 1 September 2024].

SANTIAGO, Louis S., KITAJIMA, Kaoru, WRIGHT, S. Joseph and MULKEY, Stephen S., 2004. Coordinated changes in photosynthesis, water relations and leaf nutritional traits of canopy trees along a precipitation gradient in lowland tropical forest. Oecologia. 1 May 2004. Vol. 139, no. 4, p. 495–502. DOI 10.1007/s00442-004-1542-2.

SECRETARÍA TÉCNICA DE LA CIRCUNSCRIPCIÓN TERRITORIAL ESPECIAL AMAZÓNICA, 2021. Plan Integral para la Amazonía 2021 - 2025. Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica. Online. 2021. Available from: https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/09/PIA_final-Digital-.pdf [Accessed 1 September 2024].

SLOT, Martijn and WINTER, Klaus, 2017. In situ temperature response of photosynthesis in tropical trees: comparisons across species, forest strata, and seasons. New Phytologist. 17 May 2017. Vol. 214, no. 3, p. 1103–1117. DOI 10.1111/nph.14469.

SYSTAT SOTFWARE, 2002. Table Curve 2D.. Online. 2002. Available from: https://www.addlink.es/productos/tablecurve-2d#descripcion [Accessed 18 September 2024].

TAYLOR, Charlotte and DEVIA, Wilson, 2000. La familia de árboles tropicales Myristicaceae en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Biota Colombiana. Online. 1 May 2000. Vol. 1, no. 1, p. 106–108. Available from: http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/58 [Accessed 1 September 2024].

UEA, 2024. Universidad Estatal Amazónica. Copyright. 2024.

VALLADARES, Fernando and NIINEMETS, Ülo, 2008. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 1 December 2008. Vol. 39, no. 1, p. 237–257. DOI 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506.

WEISSERT, L. F., SALMOND, J. A. and SCHWENDENMANN, L., 2017. Photosynthetic CO2 uptake and carbon sequestration potential of deciduous and evergreen tree species in an urban environment. Urban Ecosystems. 15 June 2017. Vol. 20, no. 3, p. 663–674. DOI 10.1007/s11252-016-0627-0.

ZHANG, Keliang, SUN, Lanping and TAO, Jun, 2020. Impact of Climate Change on the Distribution of Euscaphis japonica (Staphyleaceae) Trees. Forests. 8 May 2020. Vol. 11, no. 5, p. 525. DOI 10.3390/f11050525.

ZHANG, Y, GOULAS, Y and MERONI, M., 2016. Leaf Chlorophyll Content Estimation with Sentinel-2 Data Using a Machine Learning Approach. Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 183, p. 79–88.

ZHOU, Shuangxi, DUURSMA, Remko A., MEDLYN, Belinda E., KELLY, Jeff W.G. and PRENTICE, I. Colin, 2013. How should we model plant responses to drought? An analysis of stomatal and non-stomatal responses to water stress. Agricultural and Forest Meteorology. December 2013. Vol. 182–183, p. 204–214. DOI 10.1016/j.agrformet.2013.05.009.

ZHU, Xin-Guang, LONG, Stephen P. and ORT, Donald R., 2010. Improving Photosynthetic Efficiency for Greater Yield. Annual Review of Plant Biology. 2 June 2010. Vol. 61, no. 1, p. 235–261. DOI 10.1146/annurev-arplant-042809-112206.