



ALLIANCE™

[.https://www.globalseafood.org](https://www.globalseafood.org)**Responsible
Seafood**
ADVOCATE

Responsibility

Evaluación de bosques de manglares restaurados en estanques acuícolas abandonados en Perancak, Indonesia

1 August 2022

By Dr. Mohammad Basyuni , Dr. Novia Arinda Pradisty , Dr. Frida Sidik , Dr. Yuntha Bimantara and Dr. Ipanna Enggar Susetya

La hojarasca y el macro-zoobentos asociado mostraron una producción anual significativa de 13,96 y 10,18 toneladas por hectárea



Los resultados de este estudio mostraron que la producción anual de hojarasca de manglares restaurados e intactos en el estuario de Perancak fue de 13,96 y 10,18 toneladas por hectárea por año, equivalentes a aproximadamente 6282 y 4581 kg de carbono por hectárea por año de sumidero de carbono anual de hojarasca, respectivamente. Los manglares restaurados tuvieron una producción significativamente mayor de hojarasca que los manglares intactos, pero no se detectaron diferencias significativas en la descomposición de la hojarasca y la biodiversidad macro-zoobentónica entre estos tipos de bosques. Foto del bosque de manglares rojos por Hillebrand Steve, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU. (Dominio público, a través de Wikimedia Commons).

La importancia de los bosques de manglares para reducir el impacto del cambio climático ha sido destacada en muchos estudios. Aunque cubren solo el 0,5 por ciento del área costera mundial, la capacidad de los manglares para almacenar carbono es una de las más altas entre otros ecosistemas con vegetación, que se denominan “carbono azul.” La mayor reserva de carbono en los manglares se encuentra en sus reservas de suelo, lo que representa hasta el 75 por ciento de la reserva total de carbono de los manglares en el sistema.

La reconversión de estanques acuícolas abandonados en manglares puede ser una herramienta potencial para reconstruir las reservas de carbono de los manglares degradados. En los países del sudeste asiático (SEA), incluida Indonesia, los actores gubernamentales y no gubernamentales han realizado grandes esfuerzos durante las últimas dos décadas para conservar y restaurar los manglares, y la mayoría de las actividades se centran principalmente en la plantación de plántulas monocultivo de mangle rojo (*Rhizophora* spp.).

Se pueden obtener tasas relativamente altas de crecimiento de manglares y ganancias en la acumulación de sedimentos cuando se lleva a cabo un proyecto de restauración en sitios adecuados y con métodos apropiados, que son favorables para la provisión de servicios ecosistémicos y la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, el estudio de la dinámica de la formación de materia orgánica en manglares entre manglares intactos y restaurados es relevante para comprender los cambios en la productividad forestal y evaluar el proceso de restauración.

Este artículo— adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.3390/su14138082>). (Pradisty, N.A. et al. 2022. Litterfall and Associated Macrozoobenthic of Restored Mangrove Forests in Abandoned Aquaculture Ponds. *Sustainability* 2022, 14(13), 8082— investigó la basura de manglar como fuente de carbono en los bosques de manglares restaurados en el estuario de Perancak, Bali, Indonesia, que anteriormente experimentó una pérdida sustancial de manglares debido al desarrollo de la acuicultura del camarón.



(<https://register.globalseafood.org>).

Para obtener información detallada sobre el sitio de estudio y el diseño del estudio; evaluación de la producción de hojarasca, deterioro y descomposición de la hojarasca; muestreo de macro-zoobentos [invertebrados de más de 1 mm que viven en el sedimento o adheridos al lecho marino] evaluación de índices de biodiversidad y análisis de datos, consulte la publicación original.

Caída de hojarasca en manglares y factores que la afectan

Nuestro análisis mostró que la cantidad y composición de la hojarasca variaba entre los tipos de bosque, lo que puede corresponder a las diferencias en las etapas de madurez de los manglares, la estructura del bosque (es decir, la disposición del dosel y el sotobosque), las propiedades del suelo y la elevación de las mareas. La estructura forestal de los manglares restaurados en el estuario de Perancak ha cambiado gradualmente a lo largo de los años, observado visualmente por el aumento del diámetro y la altura de los árboles a una densidad fluctuante (es decir, el aumento de la densidad durante el crecimiento de los rodales jóvenes seguido de un raleo natural después de la maduración del rodal). En el desarrollo temprano de la masa forestal, la producción primaria neta aérea (ANPP) de las masas de manglares aumenta gradualmente y luego disminuye a medida que envejecen las masas. También se sabe que una alta proporción de ANPP de manglar se desprende como basura.

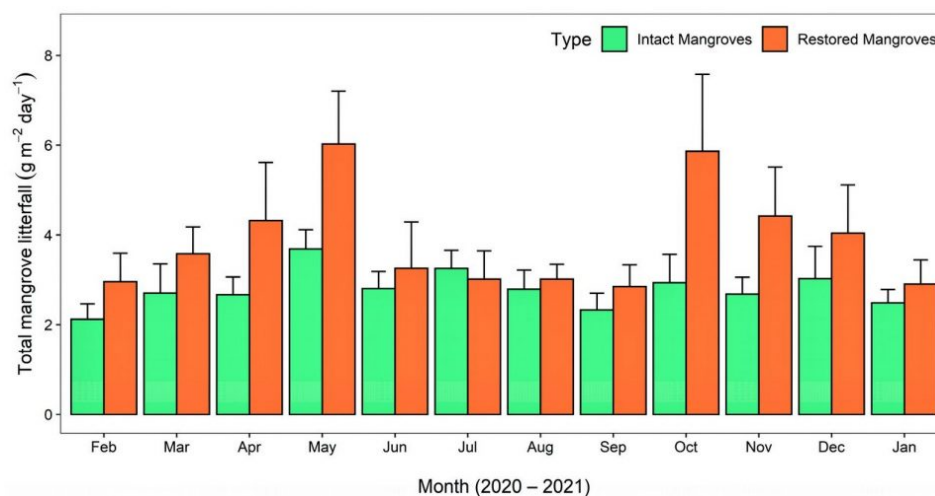


Fig. 1: Caída total de hojarasca de manglares en el estuario de Perancak desde febrero de 2020 hasta enero de 2021. Las barras de error representan el intervalo de confianza del 95 por ciento de la media (n = 678). Adaptado del original.

El aporte de hojarasca de nuestra ubicación de estudio [13,96 TM por ha por año (restaurada) y 10,18 TM/ha/año (intactas)] se encuentra dentro del rango de producción de hojarasca de manglares tropicales (3–18 TM/ha/año a nivel mundial, 5–18 TM/ha/año para SEA). Además de las etapas de sucesión forestal (es decir, plantas pioneras-bosques jóvenes-bosques maduros), el manejo forestal (p. ej., poda o cosecha selectiva) y la perturbación antropogénica (p. ej., desarrollo costero) pueden influir en la producción de hojarasca.

El aporte moderado de hojarasca en los manglares de Perancak puede corresponder a actividades mínimas de poda y cosecha por parte de las comunidades locales. La producción de hojarasca de bosques de manglares intactos sin perturbaciones antropogénicas significativas de estudios previos en la región tropical tanto del Indo-Pacífico Occidental (IWP) como del Atlántico-Pacífico Oriental (AEP) varía de 16 a más de 20 TM por hectárea por año (es decir, Reserva Natural Apar-Adang, Indonesia; Reserva Forestal de Manglares Sibuti, Malasia; y Delta del Río Atrato, Colombia).

El efecto de las variables ambientales y climáticas (salinidad intersticial, lluvia, velocidad del viento, horas de luz y temperatura del aire) sobre la producción de hojarasca varió entre manglares intactos y restaurados (Fig. 2). Nuestros datos mostraron que la producción total de hojarasca en manglares intactos no se correlacionó con las variables ambientales, pero se detectaron correlaciones significativas en los componentes individuales de la hojarasca— por ejemplo, una correlación positiva de la lluvia con la hojarasca de partes reproductivas y la hojarasca, o una asociación negativa entre la hojarasca de partes reproductivas con una media mensual de velocidad máxima del viento y salinidad intersticial.

Fig. 2: Mapas de calor de los coeficientes de correlación entre las variables ambientales y la caída de hojarasca en (A) manglares intactos y (B) manglares restaurados. Correlación negativa significativa visualizada en color rojo y correlación positiva significativa en color verde. WindSpeed: velocidad máxima del viento (m/seg), DayH: horas de luz diurna (h), PWSal: salinidad del agua intersticial, LeafLitter: hojarasca caída, ReprodLitter: partes reproductivas caída de hojarasca, WoodLitter: hojarasca de madera, TotalLitter: hojarasca total. Producción de hojarasca mensual en gramos de peso seco (PS) por metro cuadrado por día. La temperatura media del aire fue excluida de las matrices de correlación debido a su alta correlación con la variable velocidad máxima del viento. Adaptado del original.

En los manglares restaurados, la lluvia mostró una correlación positiva con la producción total de hojarasca y una correlación negativa con la salinidad del agua intersticial. La hojarasca total se correlacionó negativamente con la salinidad del agua intersticial, en la que la hojarasca de madera tuvo la asociación más alta en comparación con otros componentes de la hojarasca. Junto con el aumento de la producción de hojarasca, estudios anteriores indicaron que las salinidades más altas también provocan una disminución en la respiración microbiana, lo que suprime las tasas de descomposición y da como resultado un aumento de las reservas de carbono en el suelo. La asociación de la velocidad del viento con la caída de hojarasca fue generalmente más baja que en los bosques intactos, pero todos los tipos de hojarasca junto con la hojarasca total tuvieron una correlación negativa débil. En comparación con otras variables climáticas, las horas de luz mensuales tuvieron la asociación más débil con la producción de hojarasca en los bosques restaurados.

De acuerdo con nuestros hallazgos, se sugiere que la lluvia es el mejor predictor climático de las reservas de carbono del ecosistema de manglares. Otras variables abióticas que afectan la regulación de la diagénesis de la materia orgánica son la disponibilidad de nutrientes y la salinidad del agua intersticial. La salinidad del agua intersticial es un importante impulsor de la productividad y la distribución espacial de los manglares debido a la tolerancia a la salinidad específica de las especies de manglares. La variabilidad estacional de la salinidad del agua intersticial está influenciada por la infiltración del agua dulce inundada, el tiempo de residencia del agua y la dinámica de reemplazo del agua, con niveles de salinidad del agua intersticial similares a los del agua de mar durante la estación seca y los del agua dulce durante la estación lluviosa.

De nuestro estudio, la siembra de *Rhizophora* spp. en estanques abandonados puede contribuir al asentamiento de plántulas de manglares nativos mediante los mecanismos anteriores, en los que los rodales jóvenes de *Rhizophora* actúan como la vegetación de sucesión temprana en estanques abandonados plantados y dan como resultado una coexistencia heterogénea de manglares después de más de 10 años de programa de restauración, como lo muestra su composición de especies de hojarasca en la Figura 3. Por otro lado, la estructura de las paredes dañadas de los estanques en los manglares restaurados, que tiene una función similar a los rompeolas permeables, puede ayudar a la acumulación de sedimentos y al establecimiento de plántulas de manglares en los sitios de restauración.

Fig. 3: Dinámica detallada de la caída de hojarasca de diferentes tipos y géneros de hojarasca entre octubre y diciembre de 2020 (n = 358).

Posibles especies para cada género según [29,47]: Avicennia: A. alba, A. marina y A. officinalis; Bruguiera: B. gymnorhiza; Rhizophora: R. apiculata, R. stylosa y R. mucronata; Sonneratia: S. alba; Xylocarpus: X. granatum y X. moluccensis. Adaptado del original.

Descomposición de hojas y macro-zoobentos asociado

En contraste con la observación de hojarasca, no hubo diferencias significativas en la descomposición de la hojarasca entre los dos tipos de bosque; por lo tanto, se sugiere que estos procesos se vuelvan más similares entre manglares restaurados e intactos en años recientes. Los factores abióticos como el viento, la temperatura, la humedad, las precipitaciones, la salinidad, el pH y la dinámica de las mareas y las corrientes desempeñan un papel importante en la descomposición de la hojarasca al estimular los procesos de degradación. Se predice que el flujo de marea frecuente en los sitios de estudio seleccionados contribuirá a las condiciones fisicoquímicas óptimas para la descomposición, lo que resultará en una mayor tasa de descomposición.

También se observó la similitud en los índices de biodiversidad macro-zoobentónica entre los dos tipos de bosque, lo que rechaza nuestra hipótesis. La epifauna de macro-zoobentos y la composición de especies en nuestra ubicación de estudio posiblemente estaban conectadas con parámetros de condiciones ambientales, similar a otros hallazgos de Filipinas y la isla de Sumatra, Indonesia. La

diversidad del macrobentos está influenciada por el nivel de contaminación en el sustrato, la abundancia de fuentes de alimento, la competencia entre taxones, el nivel de perturbación y la condición del medio ambiente circundante.

Implicaciones para la conservación y restauración de manglares

Nuestro estudio tiene implicaciones importantes para la acción de restauración de manglares, mostrando evidencia de la recuperación de la productividad del bosque de manglares después de la restauración en estanques acuícolas abandonados. Los manglares restaurados con densas plantaciones de plántulas de manglares actualmente parecen tener una estructura de bosque joven distinta con una alta cubierta de dosel y una menor diversidad de especies de manglares en comparación con los manglares intactos, lo que puede explicar la mayor tasa de producción de hojarasca.

A lo largo de los años, el sitio de plantación de manglares de monocultivo se asemejaba a un bosque mixto de manglares, que puede identificarse con una cubierta de dosel de moderada a alta. Pero, curiosamente, las tasas de descomposición y los índices de biodiversidad macro-zoobentónica entre los bosques de manglares restaurados e intactos son similares. La producción y descomposición de la hojarasca de los manglares tiene un papel importante en el secuestro de carbono, por lo que comprender sus cambios y diferencias es esencial para predecir los servicios ecosistémicos de los manglares de la regulación climática global a partir de los programas de restauración.

La restauración hidrológica en estanques abandonados mediante la eliminación parcial de las paredes del estanque en el estuario de Perancak contribuyó al establecimiento de bosques de manglares de especies mixtas después de ≥ 14 años de plantación de *Rhizophora*, al permitir el transporte de plántulas desde manglares existentes como fuente de plántulas a los estanques. El reclutamiento natural de otras especies pioneras de manglares como *Avicennia* y *Sonneratia* ocurrió en los sitios de plantación, lo que sugiere que ya se cumple una condición biofísica adecuada para que los manglares colonicen. Cuando la plantación de manglares en estanques acuícolas abandonados se realiza en un área sin vegetación de manglares circundante, sugerimos que se considere la diversidad de especies para mejorar la sucesión de ecosistemas de manglares en el área objetivo.

Authors



DR. MOHAMMAD BASYUNI

Corresponding author

Department of Forestry, Faculty of Forestry, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia;
and Center of Excellence for Mangrove, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia

m.basyuni@usu.ac.id (<mailto:m.basyuni@usu.ac.id>).

**DR. NOVIA ARINDA PRADISTY**

Institute for Marine Research and Observation, Indonesian Ministry of Marine Affairs and Fisheries
Bali 82251, Indonesia; and
Research Center for Oceanography, National Research and Innovation Agency, Jakarta 14430,
Indonesia

**DR. FRIDA SIDIK**

Institute for Marine Research and Observation, Indonesian Ministry of Marine Affairs and Fisheries,
Bali 82251, Indonesia; and
Research Center for Oceanography, National Research and Innovation Agency, Jakarta 14430,
Indonesia

**DR. YUNTHA BIMANTARA**

Department of Forestry, Faculty of Forestry, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia

**DR. IPANNA ENGGAR SUSETYA**

Center of Excellence for Mangrove, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia

