



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



Mixomicetes asociados con *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en el manglar del Amatal, El Salvador

Myxomycetes associated with *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* in the Amatal mangrove, El Salvador

Ricardo Morales Hernández¹
Carlos Rojas Alvarado²

Correspondencia:
carlos.rojasalvarado@ucr.ac.cr

Presentado: 20 de enero de 2022
Aceptado: 4 de abril de 2022

- 1 Escuela de Biología, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador.
- 2 Escuela de Ingeniería de Biosistemas e Instituto de Investigaciones en Ingeniería, Universidad de Costa Rica.

RESUMEN

Los estudios de mixomicetes en ecosistemas de manglar no son comunes; principalmente se han llevado a cabo en Brasil. En esta investigación, se realizó el primer muestreo de mixomicetes asociados a dos especies de plantas de manglar en El Salvador, y por extensión, en Centroamérica. Para ello, se recolectó material vegetal en descomposición en el campo y se aislaron los microorganismos con la técnica de cámara húmeda. Con un esfuerzo de 60 muestras de campo, se registraron 17 especies de mixomicetes, de las cuales 11 no habían sido previamente comunicadas para los ecosistemas de manglar a nivel mundial según la literatura revisada. Estos resultados mostraron que, si bien la presencia de mixomicetes en manglares era previamente conocida, la diversidad de especies asociadas a estos ecosistemas todavía es poco estudiada. Además, el estudio mostró que los manglares centroamericanos albergan especies diferentes a las presentes en los manglares de Sudamérica. Se requieren más estudios en la región centroamericana para evaluar las razones.

Palabras clave: Amoebozoa, Centroamérica, ecología microbiana, microbiología

ABSTRACT

Studies of myxomycetes in mangroves are not common and have mainly been carried out in Brazil. This study represents the first evaluation of myxomycetes associated with two mangrove plants in El Salvador, and by extension, in Central America. For this, dead plant material was collected, and the microorganisms were isolated using the moist chamber technique. The total effort of 60 samples yielded 17 species of myxomycetes, from which 11 had not previously been communicated for such ecosystems, worldwide, based on the literature. These results were relevant and showed that even though the presence of myxomycetes in mangroves

was previously known, their diversity is still poorly documented. Results also demonstrated that Central American mangroves host a different assemblage than South American ones. More studies in Central America are required to test the underlying reasons.

Key words: Amoebozoa, Central America, microbial ecology, microbiology

INTRODUCCIÓN

Los mixomicetes son amebas de vida libre con distribución mundial y con un ciclo de vida que presenta un estado reproductivo con formación de esporas que los asemeja a los microhongos (Keller et al., 2017). La diversidad de estos organismos ha sido estudiada desde el siglo XVII (Gray y Alexopoulos, 1968), pero su biogeografía, ecología y evolución son objetos de estudio reciente (Novozhilov et al., 2017). En general se sabe muy poco de las especies de mixomicetes que están asociadas a zonas costeras o manglares (Lado y Rojas, 2020) y para Centroamérica no se conoce ningún estudio puntual en estos ecosistemas.

Dentro de la zona neotropical, es Brasil el país donde se han llevado a cabo la mayoría de los estudios relacionados con la biodiversidad de mixomicetes en manglares (e.g., Agra et al., 2016; Cavalcanti et al., 2019). Para los géneros de plantas *Avicennia* y *Laguncularia* se han registrado mixomicetes tanto en el sur (Trierveiler-Pereira et al., 2008) como en el noreste de ese país (Cavalcanti et al., 2016). Lo anterior sugiere que la presencia de estos organismos en manglares, de amplia distribución geográfica, es estable y robusta en el Neotrópico y se esperaría que, en Centroamérica, se encontraran mixomicetes en estos ecosistemas. De hecho, un estudio reciente en Filipinas (Lim et al. 2021) ha demostrado que tal relación tiene un rango geográfico más amplio de lo conocido

actualmente.

Para El Salvador se conocen 63 especies de mixomicetes (Rojas et al. 2017) y es posible que el número de especies conocidas aumente según se incremente el esfuerzo de muestreo. Sin embargo, debido a tal base de conocimiento y a que la costa salvadoreña cuenta con manglares distribuidos en aproximadamente 37 320 ha (Chicas-Batres et al., 2016), este país centroamericano es excelente candidato para estudios de diversidad de mixomicetes en manglares. De esta forma, el objetivo de la investigación ha sido llevar a cabo un muestreo piloto en un manglar salvadoreño para documentar la mixobiota presente en dos zonas con dominancia de diferentes plantas dentro de tal ecosistema. Este es el primer trabajo de mixomicetes en manglares en la región centroamericana y representa un paso importante para el monitoreo de microorganismos en humedales regionales.

MATERIALES Y MÉTODO

Sitio

El manglar de la playa El Amatal está localizado en el cantón San Diego (La Libertad) a escasos 4 km al sureste del Parque Nacional «Walter Thilo Deininger». Este sitio limita hacia el oriente con la Hacienda San Juan Buena Vista y hacia el occidente con el Río Aquisquillo (Fig. 1), hacia el norte con dos propiedades agrícolas y hacia el sur con la lotificación «La playa» y el Océano Pacífico. La zona tiene dos secciones, una de las cuales está dominada por *Avicennia germinans* L. (madresal o mangle prieto) y otra por *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. (mangle blanco, sicahuite). Ambas especies tienen amplia distribución tanto en el pacífico como en el caribe tropical americano y en el manglar estudiado la primera está localizada a la margen del río y en la zona más cercana a los

cuerpos de agua y la segunda se encuentra en las secciones más terrestres del manglar, cerca de los ecotonos.

Muestreo y técnica de aislamiento

Fue realizado en agosto de 2014, se recolectaron 60 muestras de material vegetal mixto (hojas y ramitas) en descomposición directamente localizado sobre el suelo del manglar. De esas muestras, 30 fueron recolectadas en la sección dominada por *A. germinans* y las otras 30 en la sección dominada por *L. racemosa*. El material se guardó en sobres de papel, se secó al aire y posteriormente fue usado para crear 60 cámaras húmedas, una por muestra, según el protocolo de Stephenson y Stempen (1994).

Las cámaras húmedas consistieron en platos de Petri de tamaño estándar a los cuales se les colocó papel de filtro en la base interna. Sobre el papel de filtro se colocaron las muestras y se añadió agua destilada en cantidad de saturación para estimular el proceso de actividad de mixomicetes en las muestras. Tras 24 horas de mantener el material saturado, el exceso de agua fue decantado y el pH fue medido debido a su influencia sobre los potenciales resultados. Las cámaras se mantuvieron con humedad por 12 semanas, añadiendo esporádicamente agua destilada para tal efecto. Cuando se observaron esporocarpos de mixomicetes, estos fueron extraídos de cada cámara húmeda con pinzas y fueron fijados con goma a cajas de fósforos vacías para su posterior identificación y almacenamiento.

Identificación

Los especímenes extraídos en el proceso anterior fueron identificados con el uso de un estereoscopio y un microscopio de luz transmitida y según las claves de identificación de Martin y Alexopoulos (1969). El material identificado fue depositado en la sección de

mixomicetes centroamericanos del herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ). La nomenclatura usada para las especies se ajusta a Lado (2021).

Análisis de datos

Para el análisis, se hicieron cálculos de los Índices de Diversidad de Shannon y Simpson (1-D) usando los datos de riqueza de especies y abundancia de registros asociados con cada tipo de planta dominante de manglar. De forma similar, se calculó el Índice de Igualdad (Evenness) y el número máximo de especies esperadas según el estimador de Chao 1. Asimismo, para evaluar la similitud entre los ensamblajes de especies registradas para cada planta, se calculó el Índice de Similitud de Bray-Curtis como un “proxy” de diversidad beta. Los valores de pH medidos fueron contrastados usando una prueba de U de Mann Whitney con un valor de corte de la hipótesis nula de 0.05. Todos los cálculos y estimaciones fueron realizados en el software PAST v4.06b (Hammer et al., 2001)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron un total de 61 mixomicetes que fueron identificados en 17 especies (Tabla 1). Estos resultados son comparables a los encontrados en otros ecosistemas estudiados en zonas tropicales (Rojas y Stephenson, 2008) pero son mucho más altos que los observados en manglares de Sudamérica (Agra et al., 2015; Cavalcanti et al., 2016). En el último de estos estudios los investigadores registraron apenas 24 especímenes en 200 cámaras húmedas, para un total de 11 especies.

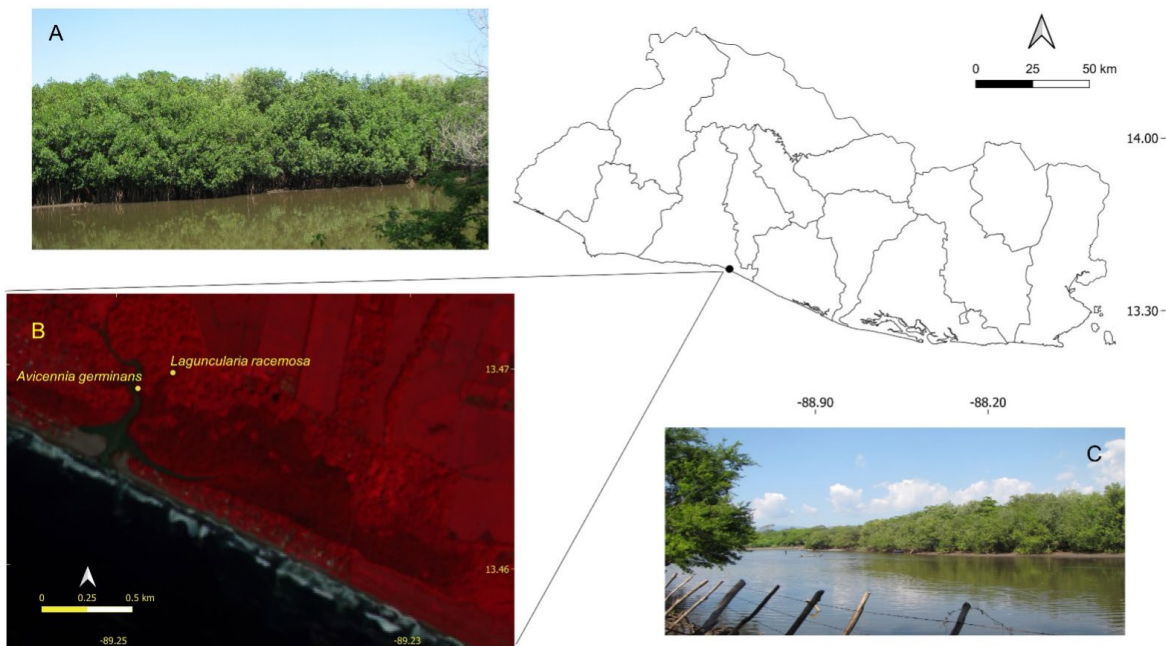
Lo anterior sugiere que el manglar estudiado en El Salvador provee condiciones favorables para el establecimiento de mixomicetes, y que los manglares brasileños evaluados hasta el momento presentan una diversidad menor

de especies. Las razones puntuales de tal resultado no tiene sentido especularlas en el presente trabajo ya que no fue diseñado con tal propósito. Sin embargo, es importante recordar que El Salvador se encuentra dentro de la zona de alta diversidad de Mesoamérica y además, está representado por manglares en la costa pacífica y no atlántica del continente americano. Así, la productividad de las muestras de este estudio (1.01 registros y 0.28 especies por cámara húmeda) es mucho mayor que los resultados de Cavalcanti et al. (2016) de 0.12 registros y 0.055 especies por cámara húmeda. Todos los registros fueron encontrados en 40 de las muestras recolectadas para un porcentaje de actividad positiva general del 67 %. Las otras 20 muestras no reflejaron efectos positivos. Este resultado es casi cuatro veces más alto que lo previamente observado para sustratos de manglar. Agra et al. (2015) encontraron actividad positiva en apenas un 17% de las

muestras estudiadas. De las muestras positivas en este trabajo, se observó un porcentaje ligeramente mayor de actividad en el material recolectado en la sección de manglar dominada por *L. racemosa* (73% de actividad positiva en ese set de datos) que en el material correspondiente a la sección de *A. germinans* (60%), lo cual concuerda con los resultados de Cavalcanti et al. (2016) para los mismos géneros de plantas de manglar. El pH general de todas las muestras de material de manglar fue de 7.0, con diferencias significativas ($U=0$, $p<0.0001$) entre los valores asociados al material de *L. racemosa* (7.6 ± 0.4) y el de *A. germinans* (6.2 ± 0.3). Estas diferencias en el pH de los sustratos generalmente están asociadas con diferencias en la estructura de los ensamblajes de especies registradas (Everhart et al., 2008) y en el presente estudio, tal observación fue registrada también.

Figura 1.

Localización geográfica de la zona de estudio en El Salvador.



Nota. Elaboración propia. Aspecto general de la sección de manglar dominada por *A. germinans* (A y C) así como imagen compuesta en infrarojo falso (B) de la desembocadura del Río Aquisquillo mostrando la extensión del manglar estudiado (tonalidades más oscuras) y las dos secciones dominadas por diferentes plantas.

El Índice de Similitud de Bray-Curtis entre los ensamblajes de especies registrados fue de apenas 0.43 (en un rango de 0 a 1, donde 1 representa una autocomparación), lo cual indica que hubo más diferencias que semejanzas en la comparación realizada. El resultado anterior contrasta con los cálculos de diversidad e igualdad asociados con las dos plantas de manglar acá estudiadas. En este nivel de análisis ecológico, no se observaron diferencias y los ensamblajes de especies registrados fueron equivalentes. De esta forma, los resultados sugieren que los grupos de especies de mixomicetes son diferentes en su composición entre secciones de manglar con diferente dominancia vegetal, pero no son diferentes con base en la estructura observada (diversidad) entre estos hábitats.

Tabla 1.

Número de registros de mixomicetes asociados con las dos especies de plantas de manglar estudiadas y cálculos ecológicos comparativos entre ambos grupos de datos.

Especie de mixomicete	Especie de planta dominante	
	A.	L.
	<i>germinans</i>	<i>racemosa</i>
<i>Arcyria cinerea</i>	1	4
* <i>Didymium bahiense</i>	1	
<i>Didymium clavus</i>	1	
<i>Didymium difforme</i>	5	1
* <i>Didymium dubium</i>	6	1
* <i>Didymium iridis</i>	2	3
* <i>Didymium squamulosum</i>	1	7
<i>Diachea leucopodia</i>	1	
* <i>Diderma hemisphaericum</i>	2	6
* <i>Lamproderma scintillans</i>		3
<i>Perichaena chrysosperma</i>	1	1
<i>Perichaena depressa</i>		2

Resultados similares han sido observados en otros estudios previos en la zona Neotropical (Rojas et al., 2021) y han sido atribuidos a la influencia de variables macro y microclimáticas asociadas con los ecosistemas de estudio y las cámaras húmedas en sí. Es claro, por ejemplo, que grupos diferentes de cámaras húmedas con material de diferentes plantas pueden generar microclimas diferentes ya que las características propias de las hojas de cada especie vegetal (porosidad, permeabilidad y química foliar) son distintas. Es muy conocido que las hojas del género *Avicennia* normalmente tienen cristales de sal en el envés (Cordero y Boshier, 2003), lo cual claramente modifica el microambiente interno en la cámara húmeda y puede favorecer o desfavorecer la formación de esporocarpos de mixomicetes.

Especie de mixomicete	Especie de planta dominante	
	A.	L.
	<i>germinans</i>	<i>racemosa</i>
* <i>Perichaena pedata</i>		2
* <i>Perichaena vermicularis</i>		1
* <i>Physarum bivalve</i>	1	
* <i>Physarum compressum</i>	1	6
* <i>Physarum pusillum</i>		1
Índice de diversidad de Shannon	0.89	0.9
Índice de diversidad de Simpson (1-D)	2.43	2.47
Índice de igualdad (evenness)	0.95	0.91
Número máximo de especies (Chao 1)	21	16

Nota. Las especies marcadas con un asterisco representan mixomicetes no comunicados previamente para ecosistemas de manglar según la revisión de Cavalcanti et al. (2019).

El 64 % (11 de 17) de las especies documentadas representa nuevos registros de mixomicetes para los ecosistemas de manglar. Así, las 47 especies previamente comunicadas por Cavalcanti et al. (2016) a nivel mundial se han incrementado en un 23 % para un total de 58 especies de mixomicetes asociadas con estos ecosistemas. Si bien estudios previos indican que la calidad de los sistemas, más que aspectos relacionados con la escala de los mismos (Rollins y Stephenson, 2012), es la responsable por tales indicadores de diversidad, es muy importante documentar que los humedales centroamericanos son sistemas ricos en especies de mixomicetes, y potencialmente de otros grupos de microorganismos.

A nivel florístico, los resultados de este estudio mostraron una alta riqueza de especies asociada con los géneros *Didymium*, *Perichaena* y *Physarum*, que de forma interesante también representaron los nuevos registros mencionados anteriormente. Así, de las 6 especies de *Didymium* registradas, 3 fueron nuevas para manglares, así como también todas las especies de *Physarum*. En manglares sudamericanos, tal riqueza de especies en el género *Didymium* no ha sido nunca registrada (Agra et al., 2015; Cavalcanti et al., 2016) pero si se ha observado un alto número de especies de la Familia Stemonitidaceae, que contrasta con apenas una especie registrada (*Lamproderma scintillans*) en el presente estudio. Así, los resultados muestran que la composición de especies entre manglares de Centroamérica y Sudamérica es diferente. Lo anterior puede ser un excelente punto de partida para el diseño de estudios comparativos con un esfuerzo de muestro constante, pero evidencia la falta de documentación de la microbiota de los manglares neotropicales.

CONCLUSIONES

Los mixomicetes están presentes en el manglar del Amatal y es muy probable que los otros manglares regionales, tanto en El Salvador como en Centroamérica, presenten especies similares. La composición de especies observada en el presente estudio es diferente que lo comunicado en investigaciones previas en Sudamérica, particularmente en relación con los géneros *Didymium* y *Physarum*. De forma similar, la productividad de las muestras del material analizado acá ha sido más alta que lo observado previamente en otros estudios. Los resultados de este, al igual que otras investigaciones previas, concuerdan en que el material de *L. racemosa* es más productivo que el de *A. germinans* para el aislamiento de mixomicetes en cámaras húmedas y las diferencias observadas de pH entre ambos materiales pueden determinar tal patrón. El alto porcentaje de especies nuevas comunicadas en el presente trabajo para manglares sugieren que tales ecosistemas están actualmente subestudiados.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Miguel Zúniga por su aporte en el campo y a la Administración del Manglar de El Amatal por habernos permitido llevar a cabo el presente proyecto. Este estudio fue financiado por la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador por medio de apoyo al primer autor para llevar a cabo la fase de campo del proyecto y por la Universidad de Costa Rica (Vicerrectoría de Investigación 731-B4-072) con apoyo financiero al segundo autor para la ejecución de la fase de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agra, L.A.N.N., Bezerra, A.C.C. y Cavalcanti, L.H. (2016). Myxomycetes from mangroves:

- species occurring in the state of Maranhão, northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 75(4), 1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.11714>
- Cavalcanti, L.H., Damasceno, G., Costa, A.A.A. y Bezerra, A.C.C. (2016). Myxomycetes in Brazilian mangroves: species associated with *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle*. *Marine Biodiversity Records* 9, 31. <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0035-4>
- Cavalcanti, L.H. y Agra, L.A.N.N. (2019). A mixobiota de manguezais e a ocupação de microhabitats. En: Oliveira, L.A., Jesus, M.A., Jackisch Matsuura, A.B., Gasparotto, L., Oliveira, J.G.S., Lima-Neto, R.G. y Rocha, L.C. (Eds.). *Conhecimento, conservação e uso de fungos* (116-124). Editora INPA.
- Chicas-Batres, F.A., González-Leiva, J.A. y Sayes, J.A. (2016). Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. *Revista Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* 2(1), 52-64.
- Cordero, J. y Boshier, D.H. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. CATIE.
- Everhart, S.E., Keller, H.W. y Ely, J.S. (2008). Influence of bark pH on the occurrence and distribution of tree canopy myxomycete species. *Mycologia* 100(2), 191-204. <https://doi.org/10.1080/15572536.2008.11832476>
- Gray, W.D. y Alexopoulos, C.J. (1968). *Biology of the Myxomycetes*. The Ronald Press Company.
- Hammer, Ø., Haper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica* 4(1), 9.
- Keller, H.W., Everhart, S.E. y Kilgore, C.M. (2017). The Myxomycetes: introduction, basic biology, life cycles, genetics and reproduction. En: Stephenson, S.L. y Rojas, C. (Eds.). *Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology* (1-40). Academic Press.
- Lado, C. (21 julio 2021). *An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa*. Real Jardín Botánico, CSIC. <https://eumycetozoa.com>
- Lado, C. y Rojas, C. (2020). *Guía para el estudio de la taxonomía y ecología de mixomicetes*. Carlos Lado y Carlos Rojas.
- Lim, A.R.U., Silva, R.M.N., Lesaca, G.R.E., Mapalo, V.J.C., Pecundo, M.H. y dela Cruz, T.E.E. (2021). First survey of myxomycetes in successional and mangrove forests of Negros Oriental, Philippines. *Slime Molds* 1, VIA7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5098397>
- Martin, G.W. y Alexopoulos, C.J. (1969). *The Myxomycetes*. The University of Iowa Press.
- Novozhilov, Y.K., Rollins, A.W. y Schnittler, M. (2017). Ecology and distribution of myxomycetes. En: Stephenson, S.L. y Rojas, C. (Eds.). *Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology* (253-297). Academic Press.
- Rojas, C. y Stephenson, S.L. (2008). Myxomycete ecology along an elevation gradient on Cocos Island, Costa Rica. *Fungal Diversity* 29, 117-127.
- Rojas, C., Morales, R., Walker, L.M. y Valverde, R. (2017). New records of myxomycetes for Central America and comments on their regional distribution. *Journal on New Biological Reports* 6(2), 63-70.
- Rojas, C., Matarrita-Gutiérrez, K., Rojas, P.A. y Rollins, A.W. (2021). Can the location of the isolation laboratory affect the generation of myxomycete data using moist chambers? An experiment in the Neotropics. *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology)* 11(1),

67-75. <https://doi.org/10.5943/cream/11/1/6>

Rollins, A.W. y Stephenson, S.L. (2012).
Myxogastrid distribution within the leaf
litter microhabitat. *Mycosphere* 3, 543-549.
<https://doi.org/10.5943/mycosphere/3/5/2>

Stephenson, S.L. y Stempen, H. (1994).
Myxomycetes: a handbook of slime molds.
Timber Press.

Trierveiler-Pereira, L., Baltazar, J.M. y Loguercio-
Leite, C. (2008). Santa Catarina Island
mangroves 1- First report of Myxomycetes
on *Avicennia schaueriana*. *Mycotaxon* 103,
145-152.