



## Diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema de manglar

Adriana Ortíz Reyes  
Universidad Nacional de Colombia

Karen Robles López  
Universidad Nacional de Colombia

Ligia Estela Urrego Giraldo  
Universidad Nacional de Colombia

Magally Romero Tabarez  
Universidad Nacional de Colombia

Recibido: 22 de agosto de 2018

Aceptado: 24 de septiembre de 2018

Pag. 111-127

### Resumen

Los mangles son árboles que poseen características morfológicas y fisiológicas especiales para sobrevivir en el ambiente extremo que se forma en el límite entre la tierra y el mar, cumpliendo una importante función como primera línea de barrera contra las mareas. En Colombia, se encuentra una gran concentración de bosques de mangle en donde conviven distintas especies de estos árboles, representando el 2,09% del total presente en el planeta. Las zonas de manglar han sufrido cambios drásticos debido al aumento de las presiones antrópicas como la deforestación, la polución, el alto contenido de metales pesados en el agua, entre otros, generando presiones sobre el ecosistema y los árboles. En varios estudios se ha detectado que, en algunas zonas de manglar en Colombia, los árboles están presentando una enfermedad manifestada en forma de agallas y de la cual no se sabe su causa exacta. Conociendo la importancia de esta problemática, se busca establecer que información existe sobre la diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema con el fin de determinar los componentes más importantes que pudiesen estar siendo afectados por los cambios que están teniendo lugar en el ecosistema y que podrían llevar a desequilibrios internos y enfermedades.

**Palabras clave:** biodiversidad, insectos escama, microbiota asociada, mangle.

**doi:** 10.25100/rc.v22i2.7925

## Diversity and Biological Interactions in Mangrove Forests Ecosystem

### Abstract

Mangroves are trees with special morphological and physiological characteristics to survive the extreme environment between the land and sea boundaries, fulfilling an important function as first line tide barriers. Colombia has great concentration of mangrove forests, 2.09% of the planet's mangroves, where different species of these trees coexist. Mangrove areas have undergone drastic changes due to an increment in anthropic pressure such as deforestation, pollution, high heavy metal contents in water, among others, creating pressures on the ecosystem and the trees. Several studies have found that in some mangrove areas in Colombia, trees are presenting a disease in the form of galls the exact cause of which is unknown. Being aware of the importance this problem, we need to

establish the existing information about biodiversity and biological ecosystem interactions in order to determine the most important components that could be affected by the changes that are taking place in the ecosystem and that could lead to internal imbalances and diseases.

**Keywords:** biodiversity, scales, microbiota, mangrove.

## 1 Introducción

El término “manglar” hace referencia a un conjunto de especies vegetales pertenecientes a familias como Aviceniaceae, Combretaceae y Rhizophoraceae, que dominan las zonas costeras tropicales y subtropicales del planeta <sup>(1)</sup>. Existen alrededor de 13’776,000 ha de manglar alrededor del mundo, siendo Indonesia el país que posee las mayores extensiones de este tipo de bosque con el 22.6% seguido de Australia con el 7.1%. Para el caso de Colombia, estos bosques ocupan una extensión aproximada de 289,122.25 ha <sup>(2)</sup> lo que representa un 2.09% de los manglares del planeta y debido a su ubicación sobre la línea costera, están sujetos a la influencia de diferentes factores de perturbación tanto de origen natural como antrópico <sup>(3,4)</sup>.

Estos árboles representan el límite entre la tierra y el mar, protegiendo la zona continental de mareas, huracanes, partículas de sal que afecten las plantas en tierra, entre otros <sup>(5)</sup>. Además, sobreviven, recibiendo aportes tanto de agua salada como de agua dulce, en sustratos húmedos, inestables, con altas cargas de salinidad y sedimentos <sup>(6)</sup>. Los manglares son importantes debido al papel que juegan como estabilizadores del suelo para así, generar un gran ecosistema en donde muchos otros organismos se desarrollan, como por ejemplo las especies tanto de agua dulce como salada que pasan sus primeras etapas de vida allí. Gran cantidad de organismos como insectos, crustáceos, moluscos, peces, reptiles, aves y mamíferos también desarrollan sus ciclos de vida en estos ecosistemas <sup>(7)</sup>, ocupando una variedad de hábitats como el lodo, el dosel, las raíces y en donde los insectos son los que ejercen las mayores presiones debido a su abundancia. Respecto a estos artrópodos, pueden encontrarse barrenadores, defoliadores, detritívoros e inclusive depredadores <sup>(1)</sup>, siendo las hormigas, el grupo que genera mayor impacto ecológico dentro de estos ecosistemas <sup>(7)</sup>.

A pesar de su importancia, factores antrópicos como la deforestación de las cuencas altas, la modificación hidráulica de los cursos de planicie costera, la ampliación de la frontera urbana, la producción de carbón, la contaminación, la deforestación y conversión de estas zonas para lugares de cultivo y vivienda han generado que actividades como, la producción de camarones, la exposición a metales pesados, los pesticidas y demás particulados y el aumento de la temperatura del agua debido al cambio climático, puedan causar alteraciones en el metabolismo y crecimiento de algunos adultos y de casi el 100% de los propágulos (semillas), entre otros, generando grandes presiones sobre los manglares y afectando el equilibrio de estos ecosistemas <sup>(1,8)</sup>.

Sumado a ello, algunas investigaciones demuestran que como consecuencia de las presiones antes mencionadas, los árboles son más susceptibles a descompensarse y a verse afectados por las especies que viven dentro del manglar y que ejercen algún tipo de presión sobre ellos, como la defoliación debido al consumo de las hojas por parte de insectos, cangrejos y algunos vertebrados, el debilitamiento de las raíces por parte de

moluscos como *Neoteredo reynei* (Bartsch, 1920) que las perfora para poder ascender al fuste del árbol, lo que genera raíces huecas, y un posterior volcamiento de los árboles o el daño de la madera debido a perforaciones realizadas por insectos como termitas y coleópteros de la subfamilia Scolytinae<sup>(7,9)</sup>.

Otra afectación reportada en diversos trabajos son las agallas y cánceres. Las primeras se definen como malformaciones de la madera que pueden deberse a intentos por parte del árbol de encapsular un organismo extraño o como consecuencia de un microorganismo oportunista que entra en contacto con una lesión previa. Los cánceres, por el contrario, se asemejan más a un agujero causado por la necrosis del tejido vegetal, generalmente en ramas y raíces y sus efectos a veces son más drásticos que los de cualquier herbívoro<sup>(10)</sup>. Este tipo de estructuras, especialmente las agallas han sido observadas en estudios realizados en India, Nueva Guinea, Nueva Zelanda y Sudáfrica<sup>(7,10-12)</sup>.

En Colombia, los bosques de mangle no son ajenos a las presiones antes mencionadas, especialmente la zona de manglar ubicada en el golfo de Urabá. La principal afectación que se ha detectado es la presencia de agallas en los árboles de *Rhizophora mangle* L., como lo describen<sup>(13,14)</sup>. Llama la atención que dichas estructuras solo se presentan en esta especie y de acuerdo con los trabajos realizados en parcelas permanentes que son monitoreadas, la enfermedad se ha ido expandiendo, al punto de encontrar que en la totalidad de dichas parcelas los árboles de *R. mangle* están afectados.

Se han desarrollado algunas investigaciones intentando detectar el agente patógeno y forma de dispersión. Por ejemplo<sup>(13)</sup>, proponen un escenario para explicar las posibles causas que generan las agallas y describe cómo las lesiones generadas por *N. reynei* en las raíces de los árboles podrían permitir a las bacterias del género *Agrobacterium* ser el agente causal de la enfermedad, sin embargo, en su trabajo no aporta evidencias que corroboren la presencia de la bacteria en las zonas afectadas. Igualmente, en trabajos como el de Osorio, Wing y Roux<sup>(12)</sup>, mencionan el aislamiento de *Cylindrocarpon* mas específicamente *C. didymum* en agallas en mangle rojo en el estado de Florida, EEUU. Especies de este género de hongos han sido ampliamente reportadas como agentes de pudrición de raíces de distintas especies de mangle alrededor del mundo, sin embargo, en el caso de la Florida, no se ha logrado establecer que sea *Cylindrocarpon* el causante de la enfermedad, ni mucho menos el origen del patógeno, considerando que, en el ecosistema de mangle habitan de forma natural un sin número de hongos, que presentan alta especificidad, como es el caso de *Mycosphaerella pneumatophorae* y *Leptosphaeria avicennia*, asociados a *A. germinans*. La afectación por cánceres también ha sido estudiada, en reportes como el de Tattar y Wier<sup>(15)</sup> en bosques de mangle de Puerto Rico, encontrando como principal agente patógeno el hongo *Cytospora rhizophorae* que es diseminado por termitas (Isoptera: Termitidae), habitantes regulares de dicho ecosistema.

El papel de otros insectos, por ejemplo, las diferentes especies de hormigas que habitan los manglares no ha sido estudiada, no obstante, la literatura reporta que, en otros escenarios, estos insectos pueden ser portadores de cepas de bacterias patógenas en el área agrícola como lo reporta De Jesús *et al.*<sup>(16)</sup>. Los autores encontraron que *Cryptococcus neoformans*, agente causal de la criptococosis en el mundo, es transmitido de un árbol enfermo a uno sano por estos insectos, quienes al transitar por las heridas que deja esta

enfermedad a los árboles, lo adquieren involuntariamente en su cutícula. Igualmente, se ha detectado que las hormigas pueden transmitir involuntariamente cepas patógenas en centros hospitalarios. Diferentes estudios en Colombia y Brasil, demuestran que cuando las hormigas transitan entre zonas del hospital, cargan involuntariamente en su cutícula patógenos nosocomiales como *Pseudomona aeruginosa*, *Klebsiella* spp., *Staphylococcus aureus*, entre otros, llegando a áreas donde los pacientes son más susceptibles a las infecciones, como las salas de pediatría <sup>(17-20)</sup>.

En Colombia no se tiene conocimiento de los agentes causales del deterioro de los manglares del golfo de Urabá, como tampoco de los mecanismos de dispersión en *R. mangle*, por lo que es difícil orientar la búsqueda hacia un punto específico.

## 2 Ecosistema de manglar

El manglar es un ecosistema ubicado en los trópicos y subtrópicos del planeta, el cual está compuesto por aproximadamente 70 especies agrupadas en 16 familias alrededor del mundo <sup>(2, 21, 22)</sup>. En Colombia se encuentran especies como el mangle rojo *Rhizophora mangle*, mangle negro *Avicennia germinans* (L.) L., mangle piñuelo *Pelliciera rhizophoreae* Triana y Planch., mangle bobo o blanco *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, F. y el mangle zaragocilla *Conocarpus erectus* L. <sup>(23, 24)</sup>. De acuerdo con Gómez-Cubillos, *et al.* <sup>(25)</sup>, los manglares en Colombia ocupan una extensión aproximada de 289,122.25 ha, distribuidos en los litorales Caribe con 79,719.41 ha en zonas como el golfo de Urabá, la bahía de Cispatá, canal del Dique, Tierrabomba y Cartagena y en el Pacífico con 209,402.84 ha en las bahías de Buenaventura, Málaga, la ensenada de Utría, Nuquí, en las desembocaduras de los ríos Dagua, Anchicayá, Timbiquí, Guapi, Iscuandé y el río Mataje en la frontera con el Ecuador <sup>(23)</sup>.

Las especies de mangle cuentan con adaptaciones tanto morfológicas, como fisiológicas y reproductivas que les permiten sobrevivir en el ambiente costero que reúne condiciones extremas como, sustratos inestables, alto contenido de materia orgánica, diferentes temperaturas y humedades; salinidad variable y bajas concentraciones de oxígeno <sup>(26)</sup>. Son considerados la “guardería” de la naturaleza, pues dos tercios de las especies de peces pasan sus estados juveniles o nacen entre el laberinto protegido de sus raíces <sup>(27-29)</sup>.

Este ecosistema es de vital importancia por ser el límite entre las comunidades terrestres y las praderas de pastos marinos y los arrecifes coralinos <sup>(5)</sup>. Entre sus funciones se encuentra reducir el impacto de las mareas, evitar la erosión de la línea costera y ser una barrera natural contra eventos naturales extremos como huracanes. También previene las inundaciones y detiene las partículas salinas que puedan alcanzar cultivos tierra adentro <sup>(27-29)</sup>, además de ser “los principales reservorios de biomasa aérea y carbono aéreo en las zonas marino-costeras tropicales y subtropicales” <sup>(30)</sup>.

El manglar, a pesar de sus condiciones adversas, aloja una gran diversidad y abundancia de organismos <sup>(31)</sup>, desde aves y mamíferos hasta insectos, arácnidos, nematodos, moluscos, crustáceos e incluso hongos, bacterias y virus, que hacen de él su hogar o lo ocupan temporalmente <sup>(21)</sup>. Especies de cangrejos como *Aratus pisonii* H. Milne Edwards, 1837 y *Goniopsis cruentata* Latreille, 1803 quienes consumen cerca del

30% de las hojas de un árbol adulto <sup>(7,9)</sup> y el molusco *N. reynei*, que en ocasiones se encuentra en las raíces <sup>(13)</sup> y gasterópodos como *Terebralia palustris* (Linnaeus, 1767) <sup>(7)</sup> pueden encontrarse en estos bosques.

Los insectos son en casi todos los ecosistemas los organismos más abundantes y diversos y el manglar no es la excepción, pues se pueden encontrar lepidópteros, coleópteros, dípteros e himenópteros, que han logrado adaptarse muy bien, haciendo de estas áreas su hogar y fuente de alimento <sup>(7)</sup>. Los insectos que habitan el manglar y que en cierto modo, ejercen una presión de depredación sobre él, se pueden incluir en dos grupos, los consumidores de hojas y aquellos que son barrenadores de la madera. En el primer grupo se encuentran mariposas como *Cleora injectaria* Walker, 1860 y *Aucha velans* Walker, 1857. En el segundo se pueden encontrar termitas como *Microcerotermes* sp. y coleópteros como *Coccotrypes* ssp. quienes son los principales escarabajos encontrados en este ecosistema <sup>(10)</sup>.

Las hormigas ejercen dominancia dentro de este ecosistema <sup>(32)</sup>. Allí pueden encontrarse géneros como *Crematogaster*, *Odontomachus*, *Dolichoderus* y *Azteca*, <sup>(10,29,33)</sup>. En Colombia, se han elaborado algunos estudios con el fin de conocer que especies habitan el manglar, como el realizado en la bahía de Nenguanje, en donde se encontró que individuos de géneros como *Camponotus* y *Pseudomyrmex* pueden estar asociadas a *R. mangle*, *A. germinans* y a *L. racemosa* <sup>(34)</sup>.

Las extensas zonas de manglar ubicadas en el golfo de Urabá tienen características únicas en comparación con el resto del Caribe colombiano, debido a que por su dinámica costera se generan llanuras cenagosas compuestas, esencialmente por lodo que facilita el crecimiento y establecimiento de los manglares. Además, esta zona tiene una relación más estrecha con el Pacífico biogeográfico que con el Caribe, pues el clima predominante en el golfo está influenciado por las dinámicas de la selva húmeda y el río Atrato, presentando precipitaciones típicas del Pacífico, con temperaturas y humedades altas que favorecen el crecimiento de los mangles, siendo *R. mangle* la especie dominante <sup>(2,34,36)</sup>. A pesar de sus condiciones particulares, este ecosistema no ha estado exento de sufrir cambios drásticos en las últimas décadas a causa de presiones antrópicas como la deforestación, el exceso de partículas contaminantes en el agua y la ampliación de la frontera agrícola y urbana, que ha afectado a los manglares de manera significativa <sup>(37)</sup>.

## 2.1 Enfermedades del manglar

Alrededor del mundo, los bosques de manglar están bajo la confluencia de diversos factores que están afectando su desarrollo normal. Elementos ambientales típicos del ecosistema pueden tornarse desequilibrantes cuando, por ejemplo, el bosque se ve afectado por el aumento de partículas contaminantes, pues los árboles comienzan un deterioro que va encadenado a la disminución de las especies presentes en el ecosistema. Una menor retención de carbono inorgánico por parte de los árboles, genera que el suelo se torne más arenoso, y por tanto, haya menor producción de hojas, lo que a su vez causa un aumento en la luminosidad que penetra al manglar, ocasionando mayor evaporación de agua y aumento de la salinidad, lo cual si se torna excesivo, puede llegar a ser mortal para los árboles <sup>(38)</sup>.

Junto a los factores ambientales y fisicoquímicos, están los de tipo biológico que se presentan de forma oportunista, cuando el ecosistema ya se ha desequilibrado. La presencia de hongos (se conocen alrededor de 4000 especies asociadas al manglar) es normal en este ambiente, sin embargo, cuando hay un desequilibrio, algunas de estas especies pueden llegar a ser nocivas para los árboles. En la literatura se reportan enfermedades como canceres, pérdida de hojas, manchas en las hojas, pudrición del tallo <sup>(12)</sup> y agallas, estas últimas descritas recientemente como un afloramiento de la madera de consistencia fuerte y sin ningún tipo de secreción <sup>(35)</sup>. Las agallas son atribuidas a diversos organismos como hongos del género *Cytospora*, hipótesis que soportan mediante la “sintomatología observada” y a *Agrobacterium tumefaciens*, basados en “reportes previos del ataque de este patógeno a otras especies forestales” <sup>(13)</sup>. De igual forma, se menciona a *N. reynei* como un posible dispersor de *Agrobacterium* <sup>(39)</sup>, e incluso Aviz, Ferreira De Mello y Fernandes da Silva <sup>(40)</sup> plantean que las agallas pueden ser una respuesta a la presencia del teredo dentro del árbol o ser producto de la macrofauna asociada a las galerías de este molusco.

Sin embargo, en comparación con el número de estudios realizados sobre otros ecosistemas, llama la atención la falta de información acerca de la temática de las enfermedades en el manglar, especialmente aquellas causadas por hongos y bacterias, en donde la cantidad de investigaciones encontrada es mínima, o no existe, como en el caso de las investigaciones orientadas hacia la afectación que pueden causar los hongos a la fase de reclutamiento de las plántulas <sup>(41)</sup>.

Algunas investigaciones sobre enfermedades en ramas y raíces reportan las agallas como parte de la sintomatología. El hongo *Cylindrocarpon didymum* ha sido aislado de agallas en mangle rojo en el estado de la Florida, EEUU, en donde estas agallas han sido asociadas como una posible causa de mortalidad en especies de *Rhizophora* en África <sup>(12)</sup>. Para Colombia, las investigaciones que vinculan las agallas con síntomas de enfermedad en manglares son escasas y por tanto no se conocen sus causas, cómo se desarrollan e incluso si pueden llegar a ser mortales para los árboles.

Los insectos también pueden afectar este ecosistema y, a diferencia de los hongos, existen innumerables estudios sobre la relación de estos artrópodos y los árboles, en donde se demuestra que barrenadores y folívoros pertenecientes a los órdenes coleóptera y lepidóptera pueden causar daños sobre los manglares. Especies como *Coccotrypes rhizophorae* Wood y Bright, 1992 y *Cleora injectaria* Walker, 1860 se han encontrado ejerciendo presiones de herbivoría en propágulos (para el caso de coleópteros) y en hojas (para el caso de lepidópteros) <sup>(7)</sup>.

## 2.2 Entomofauna del manglar

Gran parte de los organismos que habitan el ecosistema de manglar son artrópodos, siendo los insectos el grupo preponderante <sup>(7)</sup>. Las hormigas sobresalen como los organismos dominantes en el manglar por su abundancia <sup>(31, 42)</sup>. Estos insectos están presentes en todos los estratos del bosque y a pesar de que su diversidad ha sido relativamente poco estudiada, se conoce que las comunidades de hormigas de dosel pueden llegar a ser completamente diferentes de aquellas que habitan en las bromelias o en las raíces de los árboles <sup>(31)</sup>. En Colombia se han realizado algunos estudios para conocer

su diversidad en los manglares, por ejemplo, en la bahía de Nenguanje se encontraron hormigas asociadas a *R. mangle*, *L. racemosa* y a *A. germinans*. Las hormigas colectadas pertenecen a ocho géneros y nueve especies: *Cephalotes basalis*, *Camponotus planatus*, *Camponotus* sp2, *Dorimyrmex bicolor*, *Paratrechina longicornis*, *Pseudomyrmex boopis*, *Solenopsis* sp., *Dolichoderinae* sp., y *Crematogaster* sp. (siendo las tres primeras las especies consideradas como dominantes debido al número de individuos colectados). Cabe resaltar que ocho especies están asociadas a *R. mangle*, evidenciando así su afinidad con estos árboles, seguido por *A. germinans* con siete especies asociadas. Igualmente, es importante agregar que la abundancia de *Crematogaster* sp., superó la de especies como *Camponotus planatus* y *Cephalotes basalis* a pesar de no haber sido encontrada asociada a *R. mangle* <sup>(34)</sup> lo que puede indicar su capacidad para sobrevivir en este ecosistema <sup>(35)</sup>.

Algunas especies de hormigas como *Camponotus anderseni* (McArthur y Shattuck, 2001) pueden establecer sus nidos en las raíces de los árboles como lo describen Nielsen, *et al.* <sup>(43)</sup>, pues son habitantes regulares de los manglares en Australia. Esta especie puede sobrevivir a los períodos de ascenso de la marea en el manglar mediante varias estrategias: a) bloqueo de la entrada del nido con la cabeza de un soldado para prevenir la inundación, b) regulación de sus tasas respiratorias para no acabar con el oxígeno disponible para ellas y sus insectos escama asociados cuando la inundación ya ha sucedido y c) el establecimiento de nidos polídomos por encima del nivel de inundación para garantizar la sobrevivencia de huevos y larvas en caso de que las demás medidas fallen, lo cual les ha permitido sobrevivir y desarrollarse de manera exitosa en este ecosistema.

En las zonas de manglar, las hormigas pueden formar distintos tipos de nidos. En orificios dejados por otros organismos, en las raíces, en las epífitas, construyendo sus propios nidos con cartón, barro y restos de individuos e incluso tejiendo las hojas para formar el nido como las especies del género *Oecophylla* <sup>(44, 45)</sup>. Se ha observado que especies de hormigas que típicamente anidan en el suelo, dentro del manglar, se ubican habitando las ramas, generando nidos polídomos e inclusive, compitiendo con las especies arbóreas por espacio <sup>(44)</sup>, ya que los procesos de inundación dentro del manglar son complejos y deben buscar alternativas a la imposibilidad de crear sus nidos en tierra, en donde estarían vulnerables durante las horas de inundación <sup>(43)</sup>.

Las interacciones con otros organismos son una de las estrategias mejor utilizadas por la familia Formicidae. Existen numerosas publicaciones que evidencian como establecen relaciones mutualísticas con otros insectos de órdenes como Lepidóptera, Blattaria, Collembola y, en especial, con aquellos pertenecientes al orden Heteróptera <sup>(33, 46, 47)</sup>. Algunas de estas interacciones son ampliamente conocidas, sin embargo, la relación con los homópteros es la que ha alcanzado mayores grados de especialización. Hormigas de las subfamilias Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae e inclusive Pseudomyrmicinae, establecen asociaciones con homópteros de la superfamilia Coccoidea, sobre todo con aquellos pertenecientes a las familias Coccidae y Pseudococcidae <sup>(45, 48, 49)</sup>.

En el caso de las hormigas que habitan manglares, la relación con los cocoideos es muy estrecha, pues las hormigas encuentran en estos insectos una fuente complementaria a su dieta en un ecosistema con condiciones adversas. Géneros como *Crematogaster* se especializan en cuidar y proteger a los insectos escama, ubicándolos en los nidos y los

túneles que construyen <sup>(32)</sup>. Las hormigas obtienen de los insectos escama sus exudados azucarados a cambio de protección contra depredadores. Esta relación es conocida como “trofobiosis” <sup>(48)</sup> y, en algunos casos, hace parte de una asociación más amplia en la que la planta también juega un papel fundamental dentro de la simbiosis, proporcionando refugio a las hormigas a cambio de protección contra otros herbívoros <sup>(33, 49)</sup>. La trofobiosis hace parte de una estrategia evolutiva en la que los insectos escama son simbioses obligados, ya que debido a su fisiología y forma de alimentación, son presa fácil de los depredadores y parasitoides <sup>(33)</sup> y algunos géneros como *Myzolecanium* han llegado a depender tanto de las hormigas que su área anal está modificada y han perdido la capacidad de eyectar la miel de rocío, de tal manera que necesitan a las hormigas para que estas la remuevan completamente <sup>(48)</sup>, mientras que las hormigas desarrollan un papel facultativo dentro de esta relación, estableciendo o no dichas asociaciones <sup>(50)</sup>.

Debido a las relaciones mutualísticas en sí, los insectos escama que son trofobiontes obligados poseen comportamientos “más complejos y sésiles” que aquellas especies cuidadas en algún o en ningún grado por las hormigas <sup>(50)</sup> y en muchos casos, la relación con éstas genera desequilibrio en las poblaciones, afectando las plantas, pues los insectos escama son portadores de numerosos virus y toxinas que pueden afectar los vegetales, como sucede en muchos cultivos de importancia económica alrededor del mundo <sup>(51)</sup>. Su control se dificulta con la presencia de las hormigas que en ocasiones se convierten en una defensa, al no permitir que depredadores y parasitoides lleguen a los insectos escama ya sea mediante el cuidado directo por parte de las obreras o porque ubican a los individuos en zonas protegidas del nido. Se ha documentado que las hormigas pueden depredar los insectos escama para equilibrar las poblaciones o para obtener nutrientes extra en momentos cuando así lo requiera el nido, sin embargo, la mayor parte del tiempo, estas cuidan a los coccoideos y por ello es necesario evaluar detalladamente las estrategias a la hora de intentar controlar insectos escama, pues si no se tiene en cuenta la presencia de las hormigas, los esfuerzos pueden ser infructuosos <sup>(52)</sup>.

### 2.3 Microbiota asociada al manglar y sus beneficios

El ecosistema de manglar reúne características únicas de humedad, temperatura, salinidad y nivel de inundación variable, que propician el crecimiento de microorganismos, especialmente bacterias diversas y muy particulares <sup>(53)</sup>.

Debido a su importancia ecológica, económica y social se han realizado estudios sobre aspectos del manglar para conocer a profundidad su funcionamiento y, a medida que se ha avanzado en las investigaciones, las bacterias se han posicionado como algunos de los habitantes más importantes del ecosistema, debido no solo, a las relaciones mutualísticas que entablan con los árboles y demás organismos sino también debido a su potencial biotecnológico <sup>(53)</sup>. Estos microorganismos juegan un papel fundamental en el funcionamiento y desarrollo de los mangles, ya que muchos de ellos influyen en el ambiente químico del medio, generando beneficios en su productividad, sobrevivencia y resistencia a las condiciones adversas del ecosistema. Es así que algunos estudios se han orientado hacia conocer el tipo de bacterias que habitan el manglar, como funcionan en asociación con los árboles y otros organismos, así como los beneficios que puedan obtenerse de ellos <sup>(53, 54)</sup>.



En el ecosistema de manglar, la oferta de nitrógeno y fósforo es limitada y a la vez, esencial para el crecimiento de los árboles. Generos de bacterias como *Marinobacterium*, *Microcoleus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Clostridium* y *Klebsiella* que están involucradas en reacciones de transformación que ocurren en los ciclos de estos elementos, teniendo capacidad para fijar este tipo de minerales, se han aislado de distintos sustratos dentro del ecosistema, como los sedimentos, raíces y corteza<sup>(55)</sup>. No son muchos los estudios existentes, relacionados con la diversidad en el manglar, sin embargo, existen reportes de búsqueda de sustancias activas a partir de microorganismos asociados a este ambiente y que han mostrado gran potencial por el hallazgo de nuevos componentes activos para medicamentos. Bacterias del filo Actinomycetes encabezan la lista y cuentan con numerosos reportes como productoras de metabolitos secundarios que han funcionado en pruebas antimicrobiales, antineoplásicas, así, como también en la producción de celulasas, amilasas, entre otras. Así mismo, el género *Streptomyces* aparte de conocida capacidad para producir compuestos antibióticos<sup>(56)</sup>, también ha sido reportado como generador secundario de alcaloides, fenoles y flavonas<sup>(57)</sup>.

Estudios encaminados a determinar la biodiversidad microbiológica en varios ambientes están siendo conducidos a gran escala, la percepción antigua de que las bacterias eran nocivas para las plantas y demás organismos, ha cambiado, ahora es claro que los microorganismos juegan un papel importante en el desarrollo de los seres vivos<sup>(56)</sup> y el ecosistema del manglar, no es la excepción. Además de del rol fundamental y el beneficio proporcionado a plantas y otros organismos para mantener el equilibrio, pueden ser la solución para los nuevos retos que se presentan en la era moderna, en campos como la medicina, la agricultura y la industria.

#### 2.4 Hormigas e insectos escama como agentes mecánicos de patógenos

Las relaciones que pueden establecer las hormigas con los microorganismos ha sido un tema altamente estudiado desde hace unas décadas<sup>(59,60)</sup>, especialmente con aquellos que les generan algún tipo de beneficio, ya que por su hábito social requieren de mayores medidas de protección ante patógenos para no permitir un colapso de la colonia<sup>(61,63)</sup>. Sin embargo, no siempre la presencia de microorganismos en la cutícula de las hormigas hace referencia a una asociación benéfica para las especies que interactúan. Investigaciones realizadas por diferentes autores han detectado que en muchas ocasiones las hormigas se pueden comportar como agentes transportadores de patógenos de humanos y plantas<sup>(64)</sup>.

La mayoría de los estudios se han enfocado en encontrar cuales bacterias patógenas son transportadas por estos insectos en ambientes como los hospitales, donde representan un riesgo para la salud humana. Las investigaciones se han llevado a cabo en países como Brasil, Chile y Colombia. En estudios conducidos en hospitales de Brasil, se encontró que especies como *Solenopsis* sp., *Monomorium* sp., y *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793), pueden albergar en su integumento bacterias como *Bacillus* spp., *Streptococcus* spp., *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, estas últimas reportadas como patógenos nosocomiales<sup>(18,65)</sup>. De igual forma, estudios realizados en Colombia, en centros hospitalarios del Valle del Cauca, reportan que especies como *T. melanocephalum* y *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) son vectores de bacterias patógenas como *Streptococcus* sp., *Micrococcus* sp., *S. aureus*, y *E. coli*<sup>(20)</sup>.

Así mismo, entre los microorganismos patógenos que pueden ser transportados por las hormigas se cuentan algunos que afectan las plantas, como *Cryptococcus neoformans*, principal causante de la criptococosis en el mundo, el cual es transportado por hormigas del género *Odontomachus* al transitar desde las lesiones que este hongo genera en el árbol hacia árboles sanos <sup>(16)</sup>.

En manglares no existen estudios que refieran el papel de las hormigas como agentes mecánicos de bacterias fitopatógenas, sin embargo, Tattar y Wier <sup>(15)</sup>, relacionan la presencia de las termitas dentro de lesiones en mangle rojo y su posible papel como agentes mecánicos de *Cytospora rhizophorae*. Estos insectos habitan las lesiones causadas por el hongo y luego entran en contacto con partes sanas del árbol. La investigación sugiere que la relación termita-hongo puede ser de tipo mutualista, pues el hongo podría estar ayudando a las termitas a descomponer la corteza del mangle para facilitar su colonización por parte de los insectos a cambio de un medio seguro de propagación <sup>(15)</sup>.

La microbiota que está implicada en estos procesos de mutualismo usualmente se encuentra en la cutícula para ayudar a la protección contra patógenos y también puede estar ligada a su aparato digestivo y reproductivo, en donde desempeña funciones complementarias a la nutrición, reproducción, sistema inmune del insecto <sup>(61, 66, 68)</sup> o simplemente encontrarse en la cutícula para ser transportada en los casos en que las hormigas lo hacen involuntariamente. La exploración de las interacciones insecto-microorganismo ha dilucidado muchos aspectos importantes de la ecología y evolución de las relaciones simbióticas y este conocimiento se ha usado para entender el papel que pudiera estar ejerciendo el microbiota asociado a los insectos <sup>(60)</sup>.

En el caso de otros insectos especialmente con los de la superfamilia Coccoidea, los estudios se han concentrado en especies como *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1983) y *Cataenococcus ingranti* (Balachowsky), sobresalientes por su importancia como plagas de cultivos que pueden debilitar o matar a la planta, debido a que les quitan la savia, inyectando sustancias tóxicas o virus e inclusive, mediante la secreción de la miel de rocío que se convierte en un medio de cultivo para hongos fitopatógenos <sup>(51, 69, 71)</sup>. Algunos reportes en otros países, muestran que en mangle se pueden encontrar Pseudococcidos como *Aspidiotus destructor* Cockerell in Fernald, 1903, el cual afecta las hojas de árboles de *Rhizophora mucronata* Poir., causando decoloración y su posterior necrosis e inclusive pueden llegar a afectar los propágulos <sup>(72)</sup>. De igual forma, en una investigación realizada en Indonesia se encontró que *Aulacaspis marina* Takagi y Williams, puede afectar a los árboles de *R. mucronata* hasta causarles la muerte especialmente por la pérdida de hojas y de semillas <sup>(73)</sup>. En Colombia el panorama respecto a los cocoideos en mangle es limitado, pues se conoce muy poco acerca de los insectos escama en especies forestales que no representen mayor importancia económica como mangle, ya que la mayor parte de los estudios se enfocan a estudiar las especies que afectan cultivos de importancia agrícola <sup>(70)</sup>.

### 3 Recomendaciones

Los manglares se caracterizan por ser parte de los ecosistemas más variados, integrados y productivos del planeta, de gran función ecológica, además de servir como protectores de costas y constituir recursos para la alimentación, energía y turismo, constituyéndose en ecosistemas irremplazables y únicos. Su composición y equilibrio dependen de un juego de variables ambientales y físicas que permiten el establecimiento o no de las especies vegetales según sus adaptaciones<sup>(36)</sup>. Actualmente, estos ecosistemas están desapareciendo aceleradamente por diversas causas como la tala indiscriminada de árboles, contaminación del agua, incremento de enfermedades y cambio climático. Este escenario pone en evidencia la urgente necesidad de generar estudios orientados a abordar estos problemas que mitiguen el daño y preservar estos ecosistemas.

#### Referencias bibliográficas

1. Hogarth P. *The Biology of Mangroves and Seagrasses* (First edition). Oxford, RU: Oxford University Press. 2007.
2. Navarrete-Ramírez, SM, Rodríguez-Rincón AM. Protocolo indicador condición tendencia bosques de manglar (ICTbm). Indicadores de monitoreo biológico del subsistema de áreas marinas protegidas (SAMP). Santa Marta: Invemar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar. 2014; 67:40.
3. Chandra G, Ochieng E, Tieszen L, Zhu Z, Singh A, Loveland T, et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. 2011; 20: 154–159. DOI: 101111/j.1466-8238.2010.00584.x.
4. Perillo G, Wolanski E, Cahoon D, Brinson M. Efectos de las Perturbaciones Naturales y Antropógenas en la Estructura del Manglar de la Mancha; Veracruz. 2009.
5. Lema L, Polanía J, Urrego L. Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río Ranchería en el período de máxima fructificación. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*. 2003; 27(102): 93–103.
6. Beleño R, Puello S, Aristizabal V. Análisis Integral del Ecosistema Estratégico de Manglar Ubicado en la Isla de Manzanillo, Cartagena de Indias. *Saberes- La investigación y la innovación herramienta para la competitividad*. 2012.
7. Cannicci S, Burrows D, Fratini S, Smith TJ, Offenbergl J, Dahdouh-Guebas F. Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*. 2008; 89(2):186–200.
8. Lasso CA, Blanco-Libreros J, Sánchez-Duarte P. (Eds.). XII. Cuencas Pericontinentales de Colombia, Ecuador y Venezuela: Tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos quebradas y arroyos costeros. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH). 2015.

9. Farnsworth EJ, Ellison AM. Global Patterns of Pre-Dispersal Propagule Predation in Mangrove Forests, *Biotropica*. 1997; 29(3): 318–330.
10. Nagelkerken I, Blaber SJM, Bouillon S, Green P, Haywood M, Kirton LG, et al. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*. 2008;89(2):155–185. DOI: 10.1016/j.aquabot.2007.12.007.
11. Clunie N. Death of Mangroves: Upper Whangarei Harbour. Conservation Advisory Science Notes Wellington. 1993;32:1-9.
12. Osorio JA., Wingfield MJ, Roux J. A Review of factors associated with decline and death of mangroves, with particular reference to fungal pathogens. *South African Journal of Botany*. 2014;103: 295-301. DOI: 10.1016/j.sajb.2014.08.010.
13. Sánchez-Alfárez A, Álvarez-León R, Carvalho Lopes S, Pinzón-Florián O. Aspectos fitosanitarios de los manglares del Urabá Antioqueño, Caribe Colombiano. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 2009;4(3):339–346.
14. Blanco JF, Londoño MH, Correa ID, Osorio AF, Bernal GR, Polanía JH, Urrego LE. Exploración del Golfo de Urabá 2007-2013, Crónicas de la Expedición Antioquia. Medellín. Universidad de Antioquia. 2013;5-59
15. Tattar TA, Wier AM. Proposed Etiology of *Cytospora rhizophorae* Canker of *Rhizophora mangle* in Southwestern Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*. 2002;38(1/2):156–158.
16. De Jesus MS, Rodriguez WC, Barbosa GG, Trilles L, Wanke B, Lazéra MSD, et al. *Cryptococcus neoformans* carried by *Odontomachus bauri* ants. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*. 2012;107(4):466–469. DOI: 10.1590/S0074-02762012000400004.
17. Da Costa SB, Pelli A, De Carvalho GP, Oliveira AG, Da Silva P, Teixeira MM, et al. Formigas como vetores mecânicos de microorganismos no Hospital Escola da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2006;39(6): 527–529.
18. Máximo HJ, Felizatti HL, Ceccato M, Cintra-Socolowski P, Beretta ALRZ. Ants as vectors of pathogenic microorganisms in a hospital in São Paulo county, Brazil. *BMC Research Notes*. 2014;7(1):554. doi.org/10.1186/1756-0500-7-554.
19. Moreira DDO, De Moraes V, Vieira-da-Motta O, Campos-Farinha AEdeC, Tonhasca A Jr. Ants as Carriers of Antibiotic-Resistant Bacteria in Hospitals. *Neotropical Entomology*. 2005;34(6):999–1006. doi: 10.1590/S1519-566X2005000600017.
20. Olaya LA, Chacón P. Hormigas asociadas a centros hospitalarios del Valle del Cauca. XXXVI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Cartagena 10-13 de Octubre, 2001. 2001;223.
21. Alongi DM. Paradigm Shifts in Mangrove Biology. In Perillo: GME, Wolanski E, Cahoon DR, Brinson MM. (Eds.). *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach*. Elsevier, Amsterdam. 2009; 615-640.

22. Feller IC, Sitnik M. *Mangrove Ecology: A Manual for a Field Course*. Smithsonian Institution, Washington. DC. 1996;1-135.
23. Villalba JC. Los Manglares en el Mundo y en Colombia-Estudio Descriptivo Básico. *Boletín de La Sociedad Geográfica de Colombia*. Academia de Ciencias Geográficas. 2002;1-22.
24. Restrepo J, Espinosa S, Pino JC, Zamora A, Copete M, Rodríguez-Ramírez A et al. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2006. Capítulo III Estado del Conocimiento de Los Ecosistemas Marinos y Costeros, Estado del conocimiento de los manglares Invemar. 2007; 8: 115-137.
25. Gómez-Cubillos C, Licero LV, Rodríguez JA, Vásquez KY, et al. (2014). Asistir técnicamente en la implementación de los productos de restauración y monitoreo de ecosistemas marinos costeros: Identificación de las áreas potenciales de restauración ecológica. 286 En: INVEMAR. Elementos técnicos que permitan establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Código ACT-BEM-001-014. Informe técnico final. Convenio MADS-INVEMAR No 190; 2004. <http://sigma.invemar.org.co/restauracion>.
26. Tomlinson PB. *The botany of mangroves*. Cambridge University Press, New York, NY. 1986; 413.
27. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 1602 del 21 de diciembre de 1995 en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=412:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemáticos> -14, enero 19, 2016.
28. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 020 del 9 de enero de 1996. en: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemáticos/pdf/Manglares/res\\_0020\\_090196.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemáticos/pdf/Manglares/res_0020_090196.pdf). enero 19, 2016.
29. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 0924 del 16 de octubre de 1997. en: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemáticos/pdf/Manglares/080811\\_res\\_924\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemáticos/pdf/Manglares/080811_res_924_1997.pdf). enero 19, 2016.
30. Blanco-Libreros JF, Ortiz-Acevedo LF, Urrego LE. Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*. 2015;37(103):131–141. DOI: 10.17533/udea.acbi.v37n103a02.
31. Castaño-Meneses G. Primeros registros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en suelos de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) en Xcalak, Quintana Roo, México. *Dugesiana*. 2012; 19(2):113–116.
32. Longino JT. The *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. *Zootaxa*. 2003;151:1–150.

33. Fernández F. (ed). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá-Colombia. 2003; 29-398.
34. Pinto-Mendez M, Larios-Padilla L, Echeverry-Alcendra A, García-Urueña R. Descripción preliminar de la diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en época de lluvias en formaciones de manglar en la bahía de Neguanje, Parque Nacional Natural Tayrona. Santa Marta – Colombia. *Intrópica*. 2011; 6: 63–69.
35. Blanco JF, Londoño-Mesa M, Quan-Young L, Urrego-Giraldo L, Polanía JH, Osorio A, et al. The Urabá Gulf Mangrove Expedition of Colombia. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*. 2011;9 (3):8–10.
36. Urrego LE, Molina EC, Suárez JA. Environmental and anthropogenic influences on the distribution structure, and floristic composition of mangrove forests of the Gulf of Urabá (Colombian Caribbean). *Aquatic Botany*. 2014;114:42–49.
37. Blanco-Libreros JF. Cambios globales en los manglares del Golfo de Urabá (Colombia): entre la cambiante línea costera y la frontera agropecuaria en expansión. *Actualidades Biológicas*. 2016;38(104):53–70. DOI: doi.org/10.17533/udea.acbi.v38n104a06.
38. Kathiresan K. Why are mangroves degrading? *Current Science*. 2002;83(10):1246–1249.
39. Filho CS, Tagliaro CH, Beasley CR. Seasonal abundance of the shipworm *Neoteredo reyni* (Bivalvia, Teredinidae) in mangrove driftwood from a northern Brazilian beach. *Iheringia. Serie Zoológica*. 2008;98(1):17–23. doi.org/10.1590/s0073-47212008000100002.
40. Aviz D, Ferreira De Mello C, Fernandes Da Silva P. Macrofauna associada às galerias de *Neoteredo reyni* (Bartsch, 1920) (Mollusca: Bivalvia) em troncos de *Rhizophora mangle* Linnaeus durante o período menos chuvoso, em manguezal de São Caetano de Odivelas, Pará (costa norte do Brasil). *Boletim Do Museo Paraense Emilio Goeldi*. 2009;4(1):47–55.
41. Padilla C, Fortes MD, Duarte CM, Terrados J, Kamp-Nielsen L. Recruitment, mortality and growth of mangrove (*Rhizophora* sp.) seedlings in Ulugan Bay, Palawan, Philippines. *Trees*. 2004;18(5):589–595. DOI: 10.1007/s00468-004-0351-x.
42. Cole BJ. Assembly of Mangrove Ant Communities: Patterns of Geographical Distribution. *Journal of Animal Ecology*. 1983;52(2):339–347.
43. Nielsen MG, Christian K, Henriksen PG, Birkmose D. Respiration by mangrove ants *Camponotus anderseni* during nest submersion associated with tidal inundation in Northern Australia. *Physiological Entomology*. 2006;31(2):120–126. DOI: 10.1111/j.1365-3032.2005.00492.x.
44. Dejean A, Durou S, Olmsted I, Snelling RR, Orivel J. Nest Site Selection by Ants in a Flooded Mexican Mangrove, with Special Reference to the Epiphytic Orchid *Myrmecophila christinae*. *Journal of Tropical Ecology*. 2003;19(3):325–331. DOI:10.1017/S0266467403003353.

45. Offenberg J, Havanon S, Aksornkoae S, Macintosh DJ, Nielsen MG. Observations on the Ecology of Weaver Ants (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) in a Thai Mangrove Ecosystem and Their Effect on Herbivory of *Rhizophora mucronata* Lam. *Biotropica*. 2004;36(3):344–351. DOI: 10.1646/03158.
46. Rodriguez J, Montoya-Lerma J, Calle Z. Primer registro de *Attaphila fungicola* (Blattaria: Polyphagidae) en nidos de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*. 2013;17(1): 219–225.
47. Rojas P. Entomofauna asociada a los detritos de *Atta mexicana* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) en una zona árida del centro de Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*. 1989;33:1–50.
48. Gullan PJ, Buckley RC, Ward PS. Ant-tended scale insects (Hemiptera: Coccidae: Myzolecanium) within lowland rain forest trees in Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*. 1993;9(1):81-91. DOI: doi.org/10.1017/S0266467400006994.
49. Ueda S, Quek S-P, Itioka T, Inamori K, Sato Y, Murase K, Itino, T. An ancient tripartite symbiosis of plants, ants and scale insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008;275(1649):2319–2326. Doi: 10.1098/rspb.2008.0573
50. Larsen KJ, Heady SE, Nault LR. Influence of ants (Hymenoptera: Formicidae) on honeydew excretion and escape behaviors in a myrmecophile, *Dalbulus quinque-notatus* (Homoptera: Cicadellidae), and its congeners. *Journal of Insect Behavior*. 1992; 5(1):109–122.
51. Ouvrard D, Kondo T, Gullan PJ. Scale Insects: Major Pests and Management. *Encyclopedia of Pest Management*. ed: Taylor And Francis, In: Estados Unidos. 2013;1-4. DOI: 10.1081/E-EPM-120046899.
52. Mera YA, Gallego MC, Armbrrecht I. Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 2010;36(1):116–126.
53. Gomes NC, Cleary DF, Calado R, Costa R. Mangrove bacterial richness. *Communicative & Integrative Biology*. 2011;4(4):419–423. DOI: doi.org/10.4161/cib.15253.
54. Alfaro-Espinoza G, Ullrich MS. Bacterial N<sub>2</sub>-fixation in mangrove ecosystems: insights from a diazotroph-mangrove interaction. *Frontiers in Microbiology*. 2015;6:445. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00445.
55. Holguín G, Vazquez P, Bashan Y. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Biology and Fertility of Soils*. 2001;33(4):265–278.
56. Azman A-S, Otham I, Velu SS, Chan, KG, Lee L-H. Mangrove rare actinobacteria: taxonomy, natural compound, and discovery of bioactivity. *Frontiers in Microbiology*. 2015;6:856. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00856.
57. Xu D-B, Ye W-W, Han Y, Denh Z-X, Hong K. Natural Products from Mangrove Actinomycetes. *Marine Drugs*. 2014; 12(5): 2590–2613. DOI: 10.3390/md12052590.

58. Trujillo ME, Riesco R, Benito P, Carro L. Endophytic Actinobacteria and the Interaction of Micromonospora and Nitrogen Fixing Plants. *Frontiers in Microbiology*. 2015;6. Article 1341:1-15. DOI: 10.3389/fmicb.2015.01341
59. Flórez LV, Biedermann PH, Engl T, Kaltenpoth M. Defensive symbioses of animals with prokaryotic and eukaryotic microorganisms. *Natural Product Reports*. 2015;32(7): 904-936. DOI: 10.1039/c5np00010f.
60. Sreerag RS, Jayaprakas CA, Ragesh L, Kumar S N. Endosymbiotic Bacteria Associated with the Mealy Bug, *Rhizococcus amorphophalli* (Hemiptera: Pseudococcidae). *International Scholarly Research Notices*. 2014; Article ID 268491:1-8. DOI: 10.1155/2014/268491.
61. Douglas AE. Microbial brokers of insect-plant interactions revisited. *Journal of Chemical Ecology*. 2013;39(7): 952-961. DOI: 10.1007/s10886-013-0308-x.
62. Li H, Medina F, Vinson SB, Coates CJ. Isolation, characterization, and molecular identification of bacteria from the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) midgut. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2005;89(3):203-209. DOI: 10.1016/j.jip.2005.05.008.
63. Stow A, Beattie A. Chemical and genetic defenses against disease in insect societies. *Brain, Behavior, and Immunity*. (2008); 22(7): 1009-1013. DOI: 10.1016/j.bbi.2008.03.008.
64. Monteiro De Castro M, Santos Prezoto HH, Furtado Fernandes E, Correa Bueno O, Prezoto F. The ant fauna of hospitals: advancements in public health and research priorities in Brazil. *Medical and Veterinary Entomology*. 2015;59(1):77-83. DOI: 10.1016/j.rbe.2015.02.011
65. Santos Paula Fernandes dos, Fonseca Alysson Rodrigo, Sanches Newton Moreno. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como vetores de bactérias em dois hospitais do município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2009;42(5):565-569. DOI: 10.1590/S0037-86822009000500016.
66. Douglas AE. Multiorganismal Insects: Diversity and Function of Resident Microorganisms. *Annual Review of Entomology*. 2015;60:17-34. DOI: 10.1146/annurev-ento-010814-020822.
67. Feldhaar H, Gross R. Insects as hosts for mutualistic bacteria. *International Journal of Medical Microbiology: IJMM*. 2009;299(1):1-8. DOI: 10.1016/j.ijmm.2008.05.010.
68. Ishikawa H. *Insect Symbiosis: An Introduction*. En: Bourtzis, K y Miller T. (Eds.) *Insect Symbiosis*. United States of America; 2003. 1-22.
69. Carabalí-Banguero DJ, Wyckhuys KAG, Montoya-Lerma J, Kondo T, Lundgren JG. Do additional sugar sources affect the degree of attendance of *Dysmicoccus brevipis* by the fire ant *Solenopsis geminata*? *Entomología Experimentalis et Applicata*. 2013. 148(1): 65-73. DOI: 10.1111/eea.12076.
70. Kondo T. Las Cochinillas de Colombia (Hemiptera: Coccoidea). *Biota Colombiana*. 2001;2(1):31-48. DOI: 10.21068/bc.v2i1.88.



71. Miller D, Rung A, Parikh G. Scale Insects, edition 2: a tool for the identification of potential pest scales at U.S.A. ports-of-entry (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea). *Zookeys*. 2014;431:61–78. DOI: 10.3897/zookeys.431.7474.
72. Kathiresan K. Insect foliovery in mangroves. *Indian Journal of Marine Sciences*. 2003;32(3):237–239.
73. Ozaki K, Kitamura S, Subiandoro E, Taketani A. Life history of *Aulacaspis marina* Takagi and Williams (Hom: Coccoidea), a new pest of mangrove plantations in Indonesia, and its damage to mangrove seedlings. *Journal of Applied Entomology*. 1999;123(5). 281–284. DOI: 10.1046/j.1439-0418.1999.00372.x.

**Dirección de los autores**

Adriana Ortiz Reyes  
Profesora asociada  
Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín, Medellín,  
Colombia  
adortizr@unal.edu.co

Karen Robles López  
Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia -sede Medellín, Medellín,  
Colombia  
krobles09@gmail.com

Ligia Estela Urrego Giraldo  
Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia -sede Medellín, Medellín,  
Colombia  
leurrego@unal.edu.co

Magally Romero Tabarez  
Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia -sede Medellín, Medellín,  
Colombia  
mromerota@unal.edu.co