

RELACIONES BIPARTITAS ENTRE COCCIDAE (HEMIPTERA: COCCOMORPHA) Y SUS FAMILIAS DE PLANTAS HOSPEDANTES EN CUBA. BIPARTITE RELATIONSHIPS BETWEEN COCCIDAE (HEMIPTERA: COCCOMORPHA) AND THEIR HOST PLANT FAMILIES IN CUBA.

NEREIDA MESTRE¹✉, JORGE LUIS FONTENLA¹, YANNI FONTENLA¹, ISORA BARÓ¹, DIEGO ALAMEDA²

1. Instituto de Ecología y Sistemática: Carretera de Varona No. 11835 entre Oriente y Lindero, Reparto Parajón, Municipio Boyeros, La Habana 19 C.P. 11900, Cuba.
2. Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Calle 25 No. 455 entre J e I, Municipio Plaza de la Revolución, C.P. 10400, Cuba.

RESUMEN: Los objetivos de este estudio fueron actualizar la composición de especies de Coccidae y de sus especies y familias hospedantes en Cuba, así como determinar características generales de la red de interacciones bipartitas insecto-familias hospedantes. Se determinaron 34 especies de cóccidos y 300 especies de plantas hospedantes pertenecientes a 81 familias botánicas. El nivel de generalización de la red fue elevado ($H'2= 0,27$), así como la robustez, tanto para los insectos ($R=70\%$), como para las familias hospedantes ($R= 78\%$). Según el índice d' , 64,7 % de los insectos fueron generalistas en su interacción con las familias hospedantes y 93,8 % de estas familias fueron generalistas, según los niveles de generalización-especialización de sus insectos asociados. La red mostró estructura núcleo-periferia robusta ($CPness= 0,87$), así como estructura modular con siete módulos, entre los que se precisaron nodos con funciones topológicas de conectores, periféricos o ultraperiféricos. Por la elevada cantidad de vínculos, carácter generalista, posición en la red como núcleos y función conectora, se destacaron entre las especies de cóccidos *Saissetia coffea*, *Coccus hesperidum*, *Ceroplastes floridensis*, *Coccus viridis* y *Saissetia oleae*, y entre las familias hospedantes Myrtaceae, Lauraceae, Sapotaceae, Rubiaceae y Moraceae. Estas especies y familias son esenciales en el mantenimiento y cohesión de las interacciones. Se concluye que familias hospedantes con las características mencionadas podrían facilitar la propagación de especies de cóccidos, plagas importantes de una extensa variedad de plantas.

PALABRAS CLAVES: función topológica, modularidad, núcleo-periferia, polifagia, red bipartita.

ABSTRACT: The goals of this study were the updating of Coccidae species and their host plant species and host families in Cuba, as well as to determine general aspects of bipartite interactions between coccids species and host families. There were determined 34 coccid species and 300 host plant species belonging to 81 host families. Network's generalization level was high ($H'2= 0,27$), as well as robustness, both for insects ($R=70\%$) and for host families ($R=78\%$). The index d' showed that 64.7% of the insects were generalist in their interactions with host families and 94,35 of host families were generalist, according to the generalization-specialization level of their associated insects. The network showed a very well-defined core-periphery structure ($CPness= 0.87$) and also a modular structure with seven modules, among which were determined nodes with topological functions as connectors, peripheral or ultraperipheral. Because of a combination of high links numbers, generalist character, network position as core nodes and topological function as connectors, it can be mention the coccids species *Saissetia coffea*, *Coccus hesperidum*, *Ceroplastes floridensis*, *Coccus viridis* and *Saissetia oleae*, and the host families Myrtaceae, Lauraceae, Sapotaceae, Rubiaceae and Moraceae. These species and host families are essential in the maintaining and cohesion of network interactions. It is concluded that host families with the mentioned characteristics might facilitate the propagation of coccid species, important pests of a wide varieties of plants.

KEY WORDS: bipartite network, core-periphery, modularity, poliphagy, topological function.

✉ Nereida Mestre
nereidamestre@ecologia.cu

Recibido: 03 de octubre de 2021

Aceptado: 22 de noviembre de 2021



Este es un artículo publicado en acceso abierto
bajo una licencia Creative Commons



<https://eqrcode.co/a/TyrDY5>

INTRODUCCIÓN

Los insectos escamas (Coccothraupidae) constituyen plagas de cultivos y de otra gran diversidad de plantas a nivel mundial. Las tres familias más importantes de estos insectos en términos de daños económicos y riqueza de especies son Diaspididae (escamas blindadas), Pseudococcidae (cochinillas harinosas) y Coccidae (escamas blandas) (Amourox *et al.*, 2017). Estos insectos succionan savia, inyectan toxinas y transmiten virus que debilitan las plantas y reducen la calidad de frutos y otros productos (Kondo *et al.*, 2008; Amourox *et al.*, 2017; Mansour *et al.*, 2018; Suh, 2020). Las chinches harinosas y las escamas blandas causan también daños indirectos al excretar en la superficie de las plantas la llamada “miel de rocío”, sustrato que favorece el desarrollo de mohos que obstaculizan los procesos fotosintéticos (Amourox *et al.*, 2017).

Entre las asociaciones biológicas fundamentales se encuentran las que establecen los insectos fitófagos con sus plantas hospedantes (Lin *et al.*, 2010). Estas asociaciones pueden representarse mediante redes de interacciones ecológicas bipartitas (Dehling, 2018; Araujo y Maia, 2021). Tales redes se construyen como grafos de nodos y bordes entre ambos niveles tróficos. Los bordes señalan los enlaces entre los nodos de diferente nivel. El grafo tiene como base una matriz adyacente de filas y columnas. Cada entrada puede ser de presencia-ausencia o de alguna medida cuantitativa que exprese el peso o intensidad de los enlaces (Dehling, 2018). Estos análisis constituyen herramientas que ayudan a determinar y comprender la estructura de las interacciones, como son la especialización trófica, el nivel de robustez, la existencia de módulos, funciones topológicas (Olesen *et al.*, 2007; Mukherjee *et al.*, 2018) y estructura núcleo-periferia (Martín *et al.*, 2020; Miele *et al.*, 2020).

El nivel taxonómico de familia se ha empleado en estudios sobre biodiversidad en insectos (Martín-Piera, 2000), así como en sistemas ecológicos y biogeográficos de plantas (Gentry, 1988; López-Almirall, 2014). Muchas especies de cóccidos utilizan plantas hospedantes pertenecientes a familias botánicas diversas (Miller y Miller, 2003; Miller 2005; Lin *et al.*, 2010). Como resultante, es usual que las relaciones cóccidos-plantas hospedantes se analicen también a nivel de familias botánicas (Lin, 2013; Suh, 2020). Dada la relevancia de los cóccidos como plagas en Cuba (Mendoza y Gómez, 1983; Mestre *et al.*, 2015a), resulta adecuado explorar características generales de la relación de estos insectos con sus familias de plantas hospedantes, tales como el número de especies de cóccidos

asociadas, especialización trófica, insectos y familias núcleos, modularidad y características de la conectividad dentro y entre módulos.

Para complementar lo expuesto, se definen los siguientes objetivos: Actualizar la composición de especies de Coccidae y de sus especies y familias de plantas hospedantes para Cuba. Determinar la especialización y robustez de la red de interacciones cóccidos-familias hospedantes. Precisar niveles de polifagia en cóccidos y de generalización-especialización de cóccidos y familias hospedantes. Identificar posible estructura núcleo-periferia de la red. Calcular modularidad y funciones topológicas de los nodos.

MATERIALES Y MÉTODOS

COMPOSICIÓN DE INSECTOS Y PLANTAS

La composición de especies de cóccidos de Cuba y sus plantas hospedantes se tomó de Ballou (1926), Gimpel *et al.* (1974), Bruner *et al.* (1975), Heidel y Köhler (1979), Mendoza y Gómez (1983), Vázquez (1989), Grillo y González (1998), Kondo (2010), de Armas *et al.* (2016), Mestre y Kondo (2018), Mestre *et al.*, 2001, 2004; 2006, 2010, 2011; 2013; 2015a, b, 2017; en prensa). En adición, se revisó la base de datos ScaleNet (García-Morales *et al.*, 2021) y las colecciones entomológicas del Instituto de Ecología y Sistemática (CZACC), La Habana. El tratamiento taxonómico de las familias de plantas hospedantes y el número aproximado de especies de estas familias en Cuba se obtuvo de Acevedo-Rodríguez y Strong (2012), Bremer *et al.* (2017), Greuter y Rankin (2016), y Hassler (2020).

La relación entre el número de especies de cóccidos y el número de especies de plantas por familia hospedante en Cuba se calculó mediante el coeficiente de correlación de Spearman (r_s). La probabilidad (p) de que las variables no se encontrasen correlacionadas se estimó mediante 10 000 permutaciones de Monte Carlo. El programa utilizado fue Past (3.15).

RED BIPARTITA

Se construyó una red bipartita a partir de la matriz adyacente de interacciones (presencia-ausencia) de los cóccidos con sus familias de plantas hospedantes. Las interacciones se cuantificaron de acuerdo al número de veces que se observó cada especie de insecto en cada especie de planta hospedante dentro de sus familias botánicas respectivas (Suplemento 1). La red se construyó mediante la opción *plotweb* del paquete *bipartite* de R (4.1.1).

DESCRIPTORES DE RED

Se calculó el orden de la red ($S = A + P$), donde A es el número de especies de insectos y P la de familias de plantas. La conectividad es el número de interacciones o vínculos de la red y la intensidad total es el número total de interacciones (Dormann *et al.*, 2009). Se calcularon el índice de generalización-especialización (H_2') y la robustez (R). H_2' es el índice bidimensional de Shannon-Wiener; con valores entre 0 (red máximamente generalista) y 1 (red máximamente especializada). El índice considera la desviación del número realizado de interacciones de una especie y su número esperado de interacciones. La robustez es una simulación que determina la proporción de componentes de un nivel trófico que deberían ser removidos para hacer colapsar 50% de los vínculos del otro nivel trófico. Varía entre 0-1, donde valores cercanos a 1 indican estabilidad elevada en las interacciones (Antoniazzi *et al.* 2018; Martínez-Falcón *et al.*, 2019). Se utilizó la opción *networklevel* del paquete *bipartite* del programa R (4.1.1).

DESCRIPTORES DE NODOS

Se determinó el *grado* o número de vínculos con el otro nivel trófico de cada especie de cóccido o familia hospedante. Se calculó el índice de generalización-especialización para especies o familias hospedantes, d' , el cual mide utilización proporcional de insectos y familias hospedantes en la red. El índice toma valores desde 0 (generalista máximo) hasta 1 (especialista máximo). Se consideraron como generalistas, o con tendencia a la generalización, aquellas especies de cóccidos o familias hospedantes con índice $d' < 0,55$ y como especialistas, o con tendencia a la especialización, a especies de cóccidos o familias hospedantes con $d' \geq 0,55$ (Antoniazzi *et al.*, 2018; Martínez-Falcón *et al.*, 2019). Los descriptores mencionados se calcularon con la opción *specieslevel* del paquete *bipartite* de R (4.1.1).

Se determinó el nivel de polifagia de los cóccidos según los criterios de Miller y Miller (2003), donde especies *monófagas* son aquellas presentes entre 1-2 familias de plantas; *oligófagas*, a las presentes entre 3-10 familias de plantas y *polífagas* a las observadas en más de 10 familias de plantas.

ESTRUCTURA NÚCLEO-PERIFERIA

La estructura núcleo-periferia precisa grupos de nodos muy conectados (núcleos) y grupos de nodos poco conectados (periferia). Para determinarla se utilizó la opción *blockmodels* del paquete *econetwork* de R (4.1.1). El grupo con vector 1 corresponde a los nodos núcleos y el grupo con

vector 2 señala a los nodos de la periferia. La fortaleza de la partición núcleo-periferia se determinó mediante el índice *Cpness* con la función *cpness* del paquete *econetwork* de R (4.1.1). El índice toma valores entre 0 (ausencia de estructura núcleo-periferia) y 1 (estructura con fortaleza máxima) (Martín *et al.*, 2020; Miele *et al.*, 2020).

MODULARIDAD Y FUNCIONES TOPOLÓGICAS

Los módulos expresan combinaciones características de nodos de ambos niveles de la red, los cuales exhiben más vínculos con otros nodos dentro del módulo respecto a nodos en otros módulos (Olesen *et al.*, 2007; Delmas *et al.*, 2018). Un módulo cuyos nodos sólo tienen vínculos dentro de su módulo representa un compartimento (Dormann *et al.*, 2009; Albrecht *et al.*, 2014). Los módulos se detectaron mediante el coeficiente de modularidad CM , que mide la intensidad con la cual las especies tienen más vínculos que lo esperado dentro de sus módulos. El coeficiente se determinó mediante el algoritmo de *enfriamiento simulado*, que maximiza densidad de vínculos dentro de módulos y baja conectividad entre los mismos (Guimera y Almaral, 2005). Los módulos se determinaron mediante las opciones *computemodules* y *plotmoduleweb* del paquete *bipartite* de R (R Core Team, 2020).

La función topológica o función “universal” de cada nodo, se representa por las coordenadas z y c , las cuales cuantifican la conectividad de un nodo con otros nodos dentro de su módulo (z) y con nodos en otros módulos (c). Esta última coordenada es también llamada coeficiente de participación (PC). El coeficiente $PC = 1.0$ si los vínculos se distribuyen uniformemente entre todos los módulos y $PC = 0,0$, si todos los vínculos del nodo se encuentran dentro de su propio módulo. Para precisar cada función topológica se consideran valores umbrales o puntos de corte, los cuales se describen a continuación (Guimera y Almira, 2005; Olesen *et al.*, 2007; Saunders y Rader, 2019).

Concentradores de módulos ($z > 2,5$, $PC < 0,625$), son buenos conectores dentro de sus módulos. *Concentradores de redes* ($z > 2,5$, $PC > 0,625$), son buenos conectores, tanto dentro de sus módulos, como entre módulos. *Conectores* ($z \leq 2,5$; $0,625 < PC \leq 0,80$), tienen vínculos distribuidos con nodos en otros módulos. *Conectores indeterminados* ($z \leq 2,5$; $PC > 0,80$), exhiben vínculos repartidos de manera muy uniforme entre todos los módulos. *Periféricos* ($z \leq 2,5$; $0,05 < PC \leq 0,62$), muestran la mayoría de los vínculos dentro de su módulo. *Ultraperiféricos* ($PC \leq 0,05$), tienen todos sus vínculos dentro de su módulo. Los nodos periféricos y ultraperiféricos no se encuentran bien conectados, ni

dentro de sus módulos, ni entre módulos. Las funciones se determinaron mediante la opción *C*, *Z* del paquete *bipartite* de *R*. (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

COMPOSICIÓN DE TAXONES

Las 34 especies de cóccidos conocidos para Cuba, incluido un nuevo registro, *Ceroplastes feltyii* (Anexo 1) se observaron en 300 especies de plantas pertenecientes a 81 familias botánicas. Catorce familias botánicas (17,3% del total de familias de este estudio) y 36 especies de plantas (12,0%) resultaron nuevos registros de hospedantes para estos (Suplemento 1). Las especies de cóccidos se observaron entre una y 46 familias hospedantes (Tabla 1), mientras que en las familias hospedantes se registraron entre una y 17 especies de insectos (Tabla 2). El número de especies de cóccidos observados en cada familia hospedante mostró relación positiva significativa con el número de especies de plantas de estas familias en Cuba ($r_s=0,56$; $p=0,0001$).

DESCRIPTORES DE RED Y DE NODOS

El orden de la red fue de 115 nodos, la conectividad de 311 interacciones y la intensidad de estas interacciones fue 772 (Fig. 1, Suplemento 2). El nivel de generalización-especialización en la interacción de los insectos con sus familias hospedantes mostró tendencia a la generalización ($H^2=0,27$). La robustez de estas interacciones fue elevada, con valor de 70% para los insectos y de 78% para las familias hospedantes.

El nivel de generalización-especialización entre las especies de cóccidos exhibió valores, desde muy generalizado ($d'=0,175$), hasta muy especializado ($d'=0,922$). Las especies más generalistas (con d' entre 0,175 y 0,21) fueron *Ceroplastes feltyii*, *Ceroplastes floridensis*, *Coccus hesperidum*, *Saissetia coffea* y *Saissetia neglecta*. Las especies más especializadas (con d' igual a 0,85 y 0,922, respectivamente) fueron *Ceroplastes utilis* y *Hamonicoccus alayoi*. En total, 64,7 % de las especies de cóccidos se comportaron como generalistas y 35,3 % como especialistas. De acuerdo con el número de familias hospedantes donde fueron observadas, 38,3 % de las especies de cóccidos fueron monófagas, 32,3 % oligófagas y 29,4 % polífagas (Tabla 1).

Los valores de d' entre las familias hospedantes resultaron, desde muy generalizado ($d'=0,0$), hasta muy especializado ($d'=0,93$). En total, 93,8% de las familias hospedantes se comportaron como generalistas y 6,2% como especialistas (Tabla 2).

ESTRUCTURA NÚCLEO-PERIFERIA

Las interacciones cóccidos-familias hospedantes presentaron una estructura núcleo-periferia robusta (CPness=0,87). Entre los cóccidos se detectaron las 11 especies núcleos siguientes: *Saissetia coffea*, *Coccus hesperidum*, *Ceroplastes floridensis*, *Coccus viridis*, *Saissetia oleae*, *Ceroplastes cirripidiformis*, *Milviscutulus manguiferae*, *Pulvinaria psidii*, *Eucalymnatus tessellatus*, *Saissetia neglecta* y *Ceroplastes stelifer* (Tabla 1). Las familias hospedantes núcleos fueron las 10 siguientes: Myrtaceae, Lauraceae, Sapotaceae, Rubiaceae, Moraceae, Sapindaceae, Rutaceae, Solanaceae, Apocinaceae y Orchidaceae (Tabla 2).

MODULARIDAD Y FUNCIONES TOPOLÓGICAS

La red mostró configuración modular (CM=0,34), expresada en siete módulos, incluido un compartimento (módulo VII) El compartimento estuvo integrado por las familias de plantas Capparaceae y Rizophoraceae, más los cóccidos *Ceroplastes utilis* y *Hamonicoccus alayoi*. En ambos niveles de la red se detectaron nodos con funciones topológicas de conectores, periféricos y ultraperiféricos. Los insectos mostraron 32,3 % de especies conectoras, 29,5 % periféricas y 38,2 % ultraperiféricas. Por otro lado, se determinaron 27,2 % de familias hospedantes conectoras, 27,2 % periféricas y 45,6 % ultraperiféricas (Tablas 3, 4, Suplemento 3).

DISCUSIÓN

La relación positiva significativa entre el número de especies de cóccidos por familias hospedantes y el número de especies de estas familias en Cuba, resulta también una tendencia general en las interacciones planta-animal de este grupo de insectos (Lin *et al.*, 2010, 2015). Del mismo modo, las especies más polífagas de Cuba, aquellas observadas entre 16-47 familias hospedantes, son también muy polífagas en el ámbito mundial (familias de hospedantes asociadas a estas especies en García-Morales *et al.*, 2021).

Los valores bajos de especialización y altos de robustez de la red se encuentran relacionados con la proporción elevada de nodos generalistas, sobre todo entre las familias hospedantes. Una red de interacciones con esta estructura condiciona que la remoción aleatoria simulada de insectos o familias hospedantes no afecte de manera notable las interacciones, al existir baja dependencia mutua entre los nodos de ambos niveles tróficos (Elle *et al.*, 2012; Delmas *et al.*, 2018).

TABLA 1. Variables de redes en especies de Coccidae. Grado (G). Índice de generalización-especialización (d'): generalista (G), especialista (E). Estructura núcleo-periferia: núcleo (1), periférica (2).

TABLE 1. Network variables in Coccidae species. Degree (G). Generalization-specialization index (d'): generalist (G), specialist (E). Core-periphery structure: core (1), peripheral (2).

Especies	G	d'	G-E	N-P
<i>Saissetia coffeae</i>	46	0,21	G	1
<i>Coccus hesperidum</i>	28	0,183	G	1
<i>Ceroplastes floridensis</i>	24	0,175	G	1
<i>Coccus viridis</i>	23	0,244	G	1
<i>Saissetia oleae</i>	21	0,249	G	1
<i>Ceroplastes cirripediformis</i>	16	0,286	G	1
<i>Milviscutulus mangiferae</i>	16	0,291	G	1
<i>Pulvinaria psidii</i>	16	0,227	G	1
<i>Eucalymnatus tessellatus</i>	15	0,354	G	1
<i>Saissetia neglecta</i>	13	0,182	G	1
<i>Saissetia miranda</i>	10	0,264	G	2
<i>Parasaissetia nigra</i>	9	0,338	G	2
<i>Pulvinaria urbícola</i>	9	0,227	G	2
<i>Protopulvinaria longivalvata</i>	9	0,525	G	2
<i>Ceroplastes stellifer</i>	8	0,461	G	1
<i>Protopulvinaria pyriformis</i>	7	0,307	G	2
<i>Kilifia acuminata</i>	5	0,332	G	2
<i>Toumeyella cubensis</i>	5	0,266	G	2
<i>Ceroplastes depressus</i>	4	0,626	E	2
<i>Pseudokermes vitreus</i>	4	0,501	G	2
<i>Coccus longulus</i>	4	0,561	E	2
<i>Ceroplastes dugesii</i>	2	0,547	G	2
<i>Ceroplastes cistudiformis</i>	2	0,688	E	2
<i>Ceroplastes feltyii</i>	2	0,175	G	2
<i>Ceroplastes nakaharai</i>	2	0,501	G	2
<i>Hamonicoccus alayoi</i>	2	0,922	E	2
<i>Toumeyella liriodendri</i>	2	0,574	E	2
<i>Cryptostigma inquilinum</i>	1	0,389	G	2
<i>Ceroplastes utilis</i>	1	0,847	E	2
<i>Coccus capparidis</i>	1	0,645	E	2
<i>Coccus moestus</i>	1	0,596	E	2
<i>Pulvinaria elongata</i>	1	0,694	E	2
<i>Pulvinaria floccifera</i>	1	0,596	E	2
<i>Pulvinaria iceryii</i>	1	0,844	E	2

TABLA 2. Variables de redes en familias. Grado en la red (G). Número aproximado de especies en Cuba. (Cuba) Número de asociados efectivos (NEA). Índice de generalización-especialización (d'): generalista (G), especialista (E). Estructura núcleo-periferia: núcleo (1), periférica (2).

TABLE 2. Network variables in families. Degree in the network (G). Estimate number of species in Cuba (Cuba). Number of effective associates (NEA). Generalization-specialization index (d'): generalist (G), specialist (E). Core-periphery structure: core (1), peripheral (2).

Familias	G	Cuba	d'	G-E	N-P
Myrtaceae	17	306	0,199	G	1
Lauraceae	16	34	0,238	G	1
Sapotaceae	16	30	0,046	G	1
Rubiaceae	12	481	0,131	G	1
Moraceae	10	37	0,196	G	1
Sapindaceae	10	53	0,104	G	1
Rutaceae	9	71	0,199	G	1
Solanaceae	9	119	0,118	G	1
Meliaceae	9	18	0,227	G	2
Fabaceae	8	476	0,456	G	2
Lamiaceae	8	168	0,113	G	2
Anacardiaceae	7	15	0,271	G	2
Calophyllaceae	7	6	0,469	G	2
Apocynaceae	6	111	0,167	G	1
Annonaceae	6	31	0,11	G	2
Boraginaceae	6	106	0,129	G	2
Polygonaceae	6	47	0,102	G	2
Piperaceae	6	66	0,165	G	2
Polypodiaceae	6	65	0,194	G	2
Orchideaceae	5	344	0,391	G	1
Acanthaceae	5	101	0,137	G	2
Araliaceae	5	9	0,324	G	2
Arecaceae	5	107	0,371	G	2
Asteraceae	5	406	0,121	G	2
Lythraceae	5	27	0,091	G	2
Samydaceae	5	31	0,46	G	2
Tamaricaceae	5	1	0,4	G	2
Ebenaceae	5	10	0,064	G	2
Euphorbiaceae	4	244	0,313	G	2
Araceae	4	31	0,283	G	2
Convolvulaceae	4	94	0,503	G	2
Malvaceae	4	112	0,311	G	2
Myrsinaceae	4	26	0,067	G	2
Asparagaceae	3	39	0,152	G	2
Combretaceae	3	14	0,354	G	2
Malpighiaceae	3	98	0,296	G	2
Poaceae	3	450	0,824	E	2

Familias	G	Cuba	d'	G-E	N-P
Pteridaceae	3	79	0,064	G	2
Costaceae	3	4	0,378	G	2
Cycadaceae	2	2	0,145	G	2
Celastraceae	2	40	0,164	G	2
Pittosporaceae	2	1	0,099	G	2
Bignoniaceae	2	77	0	G	2
Talinaceae	2	2	0	G	2
Tectariaceae	2	10	0,156	G	2
Viscaceae	2	35	0	G	2
Vitaceae	2	15	0,366	G	2
Bombacaceae	2	10	0,44	G	2
Burseraceae	2	14	0,71	E	2
Commelinaceae	2	18	0,028	G	2
Clusiaceae	2	24	0,126	G	2
Nyctaginaceae	2	20	0,507	G	2
Rhizophoraceae	2	2	0,927	E	2
Rosaceae	2	18	0,441	G	2
Zingiberaceae	2	12	0,029	G	2
Amaranthaceae	1	43	0	G	2
Apiaceae	1	16	0	G	2
Avicenniaceae	1	1	0,357	G	2
Bixaceae	1	1	0,234	G	2
Canellaceae	1	2	0,516	G	2
Capparaceae	1	7	0,87	E	2
Caryophyllaceae	1	7	0,209	G	2
Casuarinaceae	1	4	0	G	2
Cleomaceae	1	22	0	G	2
Cucurbitaceae	1	28	0	G	2
Cyperaceae	1	28	0,313	G	2
Dennstaedtiaceae	1	10	0,302	G	2
Geraniaceae	1	2	0,358	G	2
Lomariopsidaceae	1	4	0,184	G	2
Melastomataceae	1	200	0,061	G	2
Oleaceae	1	25	0,378	G	2
Picramniaceae	1	5	0,533	G	2
Polemoniaceae	1	1	0,209	G	2
Polygalaceae	1	22	0,73	E	2
Portulacaceae	1	15	0,009	G	2
Psilotaceae	1	2	0	G	2
Sterculiaceae	1	8	0,184	G	2
Salicaceae	1	5	0,457	G	2
Strelitziaceae	1	1	0,184	G	2
Verbenaceae	1	69	0,358	G	2
Zamiaceae	1	10	0,061	G	2

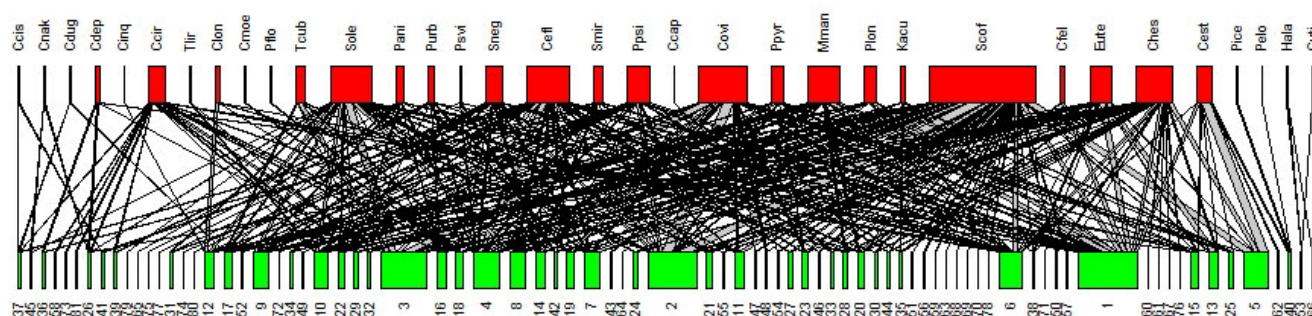


FIGURA 2. Red bipartita entre especies de Coccidae y sus familias de plantas hospedantes. *Ceroplastes cistudiformis* (Cecis), *C. nakaharai* (Cenak), *C. dugesii* (Cdug), *C. depressus* (Cdep), *C. cirripediformis* (Ccir), *C. floridensis* (Cflo), *C. utilis* (Ceuti), *C. feltyii* (Cfel), *C. stellifer* (Cstel), *Coccus longulus* (Clon), *C. moestus* (Cmoe), *C. capparadis* (Ccap), *C. viridis* (Cvir), *C. hesperidum* (Ches), *Cryptostigma inquilinum* (Cinq), *Toumeyella liriodendri* (Tlir), *T. cubensis* (Tcub), *Pulvinaria urticae* (Purb), *P. floccifera* (Pflo), *P. elongata* (Pelon), *P. psidii* (Ppsi), *P. iceryi* (Pice), *Protopulvinaria pyrifera* (Ppyr), *P. longivalvata* (Plon), *Saissetia oleae* (Sole), *S. neglecta* (Sneg), *S. miranda* (Smir), *S. coffeae* (Scof), *Parasaissetia nigra* (Panig), *Pseudokermes vitreus* (Psvi), *Milviscutulus mangiferae* (Mman), *Kilifia acuminata* (Kacu), *Eucalymnatus tessellatus* (Etes), *Hamonicoccus alayoi* (Haal). Familias: Poaceae (37), Tectariaceae (45), Malpighiaceae (36), Avicennaceae (58), Geraniaceae (73), Verbenaceae (81), Ebenaceae (26), Burseraceae (41), Costaceae (39), Sterculiaceae (79), Canellaceae (65), Picramniaceae (75), Polygalaceae (77), Convolvulaceae (31), Lomariopsidaceae (74), Strelitziaceae (80), Anacardiaceae (12), Boraginaceae (17), Viscaceae (52), Fabaceae (9), Dennstaedtiaceae (72), Asparagaceae (34), Commelinaceae (49), Lamiaceae (10), Orchideaceae (22), Euphorbiaceae (29), Myrsinaceae (32), Sapotaceae (28), Polypodiaceae (16), Apocynaceae (18), Rubiaceae (4), Solanaceae (8), Polygonaceae (14), Nyctaginaceae (42), Piperaceae (19), Rutaceae (7), Rosaceae (43), Bixaceae (64), Araliaceae (24), Lauraceae (2), Lythraceae (21), Melastomataceae (55), Meliaceae (11), Bignoniaceae (47), Celastraceae (48), Zingiberaceae (54), Acanthaceae (27), Arecaceae (23), Talinaceae (46), Malvaceae (33), Samydaceae (28), Asteraceae (20), Araceae (30), Bombacaceae (44), Combretaceae (35), Rhizophoraceae (51), Oleaceae (56), Amaranthaceae (59), Apiaceae (63), Casuarinaceae (68), Cleomaceae (69), Cucurbitaceae (70), Psilotaceae (78), Sapindaceae (6), Pteridaceae (38), Cyperaceae (71), Pittosporaceae (50), Zamiaceae (57), Myrtaceae (1), Portulacaceae (60), Salicaceae (61), Caryophyllaceae (67), Polemoniaceae (76), Annonaceae (15), Calophyllaceae (13), Tamaricaceae (25), Moraceae (5), Clusiaceae (62), Cycadaceae (40), Vitaceae (53), Capparaceae (66).

FIGURE 2. Bipartite network between Coccidae species and their host plants families in Cuba. Larger nodes thickness indicates a higher proportion of links.

La mayor proporción de especies de cóccidos (64 %) en el ámbito internacional se ha observado en una familia única de hospedantes, es decir, se corresponden con especies monófagas (Lin *et al.*, 2010). No obstante, dichos autores reconocen que la proporción de monofagia puede estar sobreestimada, al sólo existir registros únicos de plantas hospedantes para muchas especies de este grupo de insectos. La mayoría de las especies de Coccidae en Cuba (62 %) se comportan como oligófagas y polífagas, lo cual es congruente con dicho criterio. Todas las especies polífagas de la red estudiada fueron generalistas. En las especies oligófagas, 81,8 % fueron generalistas y 18,2 % especialistas. Por último, 30,8 % de las especies monófagas fueron generalistas y 69,2 % especialistas. En cuanto a las familias de plantas hospedantes, 93,8 % se comportaron como generalistas y 6,2 % como especialistas en sus interacciones con las especies de cóccidos.

Según lo expuesto en el párrafo anterior, especies monófagas de cóccidos pueden ser tanto especialistas como generalistas en el contexto de este análisis. Ello está relacionado con el valor de generalización-especialización de otras especies de cóccidos existentes en las mismas familias en las cuales una especie de cóccido es monófaga. Por ejemplo, la especie *Ceroplastes feltyii*, observada sólo en dos familias hospedantes y, por consiguiente, monófaga, es también muy generalista ($d' = 0,175$), porque dichas familias, Myrtaceae y Annonaceae, interaccionan con diversas especies de cóccidos, algunas de ellas con grado y nivel de generalización elevados.

Por el contrario, *Ceroplastes utilis* y *Hamonicoccus alayoi* son monófagas especialistas porque la primera especie sólo interacciona con Rhizophoraceae y la segunda sólo con esta familia y Capparaceae. A su vez, ambas familias son también especialistas, porque sólo interaccionan con una o ambas de las

TABLA 3. Composición y distribución de especies de Coccidae en los módulos. Presencias en negrita indican especies de insectos que caracterizan cada módulo. Especies núcleos (N). Función topológica (FT): conectora (C), periférica (P), ultraperiférica (UP).

TABLE 3. Composition and distribution of Coccidae species into modules. Presences in bold letters indicate insect species that characterize each module. Core species (N). Topological function (FT): connector (C), peripheral (P), ultra-peripheral (UP).

Especies	I	II	III	IV	V	VI	VII	FT
<i>Milviscutulus mangiferae</i>	N	1	1	1	1	1		C
<i>Protopulvinaria longivalvata</i>	1	1	1					P
<i>Protopulvinaria pyriformis</i>	1	1				1		P
<i>Kilifia acuminata</i>	1	1						P
<i>Toumeyella cubensis</i>	1	1	1					P
<i>Ceroplastes feltyii</i>	1							UP
<i>Toumeyella liriodendri</i>	1							UP
<i>Pulvinaria psidii</i>	1	N	1	1		1		C
<i>Eucalymnatus tessellatus</i>	1	N	1	1	1	1		C
<i>Saissetia neglecta</i>	1	N	1	1				C
<i>Parasaissetia nigra</i>	1	1		1				P
<i>Coccus longulus</i>		1						UP
<i>Pseudokermes vitreus</i>	1	1						P
<i>Coccus moestus</i>		1						UP
<i>Pulvinaria floccifera</i>		1						UP
<i>Cryptostigma inquilinum</i>		1						UP
<i>Saissetia oleae</i>	1	1	N	1		1		C
<i>Coccus viridis</i>	1	1	N	1	1	1		C
<i>Saissetia miranda</i>	1	1	1					P
<i>Ceroplastes depressus</i>			1		1			P
<i>Ceroplastes nakaharai</i>			1					UP
<i>Coccus capparidis</i>			1					UP
<i>Ceroplastes floridensis</i>	1	1	1	N	1	1		C
<i>Ceroplastes cirripediformis</i>	1	1	1	N				C
<i>Pulvinaria urbicola</i>	1			1	1	1		P
<i>Ceroplastes cistudiformis</i>				1				UP
<i>Ceroplastes dugesii</i>		1		1				P
<i>Ceroplastes stellifer</i>	1	1			N			P
<i>Pulvinaria iceryii</i>					1			UP
<i>Pulvinaria elongata</i>					1			UP
<i>Saissetia coffeae</i>	1	1	1	1	1	N		C
<i>Coccus hesperidum</i>	1	1	1	1	1	N		C
<i>Hamonicoccus alayoi</i>							1	UP
<i>Ceroplastes utilis</i>						1	1	UP

TABLA 4. Composición de familias de plantas hospedantes en cada módulo. N: familias núcleos. Función topológica (FT): conectora (C), periférica (P), ultaperiférica (UP).

TABLE 4. Composition of host family on each module. N: core families. Topological function (FT): connector (C), peripheral (P), ultra-peripheral (UP).

Familias	I	II	III	IV	V	VI	VII	FT
Myrtaceae	N							C
Lauraceae	N							C
Rubiaceae	N							C
Sapindaceae	N							C
Annonaceae	1							C
Araliaceae	1							P
Samydaceae	1							UP
Malpighiaceae	1							P
Oleaceae	1							UP
Bixaceae	1							UP
Sapotaceae		N						C
Moraceae		N						C
Meliaceae		1						C
Fabaceae		1						C
Calophyllaceae		1						P
Polypodiaceae		1						P
Araceae		1						P
Vitaceae		1						P
Costaceae		1						UP
Cyperaceae		1						UP
Dennstaedtiaceae		1						UP
Canellaceae		1						UP
Polygalaceae		1						UP
Rutaceae			N					C
Apocynaceae			N					C
Boraginaceae			1					C
Acanthaceae			1					P
Asteraceae			1					C
Tamaricaceae			1					P
Euphorbiaceae			1					P
Combretaceae			1					P
Celastraceae			1					P
Bignoniaceae			1					P
Talinaceae			1					P
Tectariaceae			1					P
Viscaceae			1					P
Bombacaceae			1					UP
Burseraceae			1					UP
Sterculiaceae			1					UP

Especies	I	II	III	IV	V	VI	VII	FT
Solanaceae				N				C
Lamiaceae				1				C
Polygonaceae				1				C
Piperaceae				1				C
Convolvulaceae				1				UP
Cycadaceae				1				P
Pittosporaceae				1				P
Nyctaginaceae				1				UP
Avicenniaceae				1				UP
Rosaceae				1				UP
Geraniaceae				1				UP
Lomariopsidaceae				1				UP
Verbenaceae				1				UP
Picramniaceae				1				UP
Strelitziaceae				1				UP
Orchideaceae					N			C
Anacardiaceae					1			C
Arecaceae					1			C
Poaceae					1			P
Clusiaceae					1			P
Lythraceae						1		C
Ebenaceae						1		C
Malvaceae						1		P
Myrsinaceae						1		P
Asparagaceae						1		P
Pteridaceae						1		P
Commelinaceae						1		UP
Zingiberaceae						1		UP
Amaranthaceae						1		UP
Apiaceae						1		UP
Caryophyllaceae						1		UP
Casuarinaceae						1		UP
Cleomaceae						1		UP
Cucurbitaceae						1		UP
Melastomataceae						1		UP
Polemoniaceae						1		UP
Portulacaceae						1		UP
Psilotaceae						1		UP
Salicaceae						1		UP
Zamiaceae						1		UP
Rhizophoraceae							1	UP
Capparaceae							1	UP

especies mencionadas. Dicha combinación de especies-familias hospedantes constituye el único compartimento de la red, al no presentar interacciones conocidas con otros nodos pertenecientes a otros módulos.

De igual modo, una familia hospedante con tan solo una o dos especies de cóccidos puede ser muy generalista en las interacciones si sus cóccidos asociados son polípagos-generalistas. Ese es el caso de las familias hospedantes con nivel máximo de generalización, asociadas a dos de las especies más polípagas, *Saissetia coffea* y *Coccus viridis*.

Como expone Blüthgen (2010), el nivel de especialización de un nodo, dado mediante d' , es independiente del grado de ese nodo en la red. En consecuencia, un nodo con grado bajo (1-2) puede exhibir un nivel elevado, tanto de generalización, como de especialización. Así, un nodo que posee un número bajo de interacciones no tiene que ser especialista si los nodos con los cuales interacciona tienen un número elevado de interacciones en dicha red (Beltrán y Traveset, 2018).

Martín *et al.* (2020) detectan que, en 111 casos de redes bipartitas mutualistas, 60 % de las mismas exhibieron estructura núcleo-periferia. La estructura núcleo-periferia aparenta ser una característica de todas las redes ecológicas, no sólo de las mutualistas (Gallagher *et al.*, 2021), lo cual se refrenda en este análisis. Mariani *et al.* (2019) resaltan la importancia de la polifagia en las relaciones parásitos-hospedantes en plantas. Las 11 especies polípagas de cóccidos de este estudio resultan también especies núcleos, las cuales interaccionan con 90% de las familias hospedantes, mientras que las 10 familias hospedantes núcleos interaccionan con 68% de las especies de insectos. Esta estructura indica que los nodos núcleos resultan esenciales para la cohesión de las interacciones entre ambos niveles tróficos, congruente con lo señalado por otros autores (Mariani *et al.*, 2019; Martín *et al.*, 2020; Miele *et al.*, 2020).

Los módulos suelen organizarse alrededor de una o dos plantas núcleos (Dupont y Olesen, 2009). Tal configuración se observa en la mayoría de los módulos, excepto en los módulos VI y VII. El resto de los módulos contienen entre una y cuatro familias hospedantes núcleos. El único módulo que no presentó insectos núcleos fue el compartimento (módulo VII), el cual carece de vínculos con el resto de los módulos de la red. En todos los módulos, con la excepción del compartimento, se observaron especies de insectos y familias conectoras de módulos. Todas las especies de insectos y familias hospedantes núcleos fueron también conectoras de módulos, lo que destaca aún más la importancia de estos nodos en la conectividad general de la red.

Los módulos con una combinación de mayor cantidad de familias núcleos, insectos núcleos y conectores son M1 y M2. Las seis familias núcleos presentes entre ambos incluyen a todas las de mayor grado y a todos los insectos núcleos en cada uno de estos dos módulos. Estos módulos constituyen los núcleos de interacciones más intensas y cohesionadas cóccidos-familias hospedantes en Cuba, integrados de manera combinada por Myrtaceae, Lauraceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Sapotaceae y Moraceae, junto con las 11 especies de cóccidos núcleos, entre las que destacan por su nivel elevado de polifagia y generalización *Saissetia coffeae*, *Coccus hesperidum* y *Ceroplastes floridensis*.

Los nodos con funciones topológicas de concentradores y conectores resultan claves para la red de interacciones, al cohesionar o robustecer su estructura (Olesen *et al.*, 2007). En relaciones bipartitas especies-islas, se consideran las áreas conectoras como “trampolines” de especies dispersoras entre islas. Las áreas o islas periféricas y ultraperiféricas serían “sumideros”, al poder recibir especies desde áreas núcleos o fuentes (Carstensen *et al.*, 2012, 2013; Dalsgaard *et al.*, 2014; Kougioumoutzis *et al.*, 2016; Torre *et al.*, 2018). De modo análogo, las familias hospedantes núcleos-conectoras pudieran considerarse “trampolines” de especies de cóccidos generalistas-polípagas hacia otros posibles hospedantes, mientras que las familias periféricas y ultraperiféricas se comportarían como familias “sumideros”, posibles de recibir más especies de cóccidos.

Las especies conectoras deben recibir prioridad elevada en acciones de conservación de la diversidad biológica (Olesen *et al.*, 2007), al igual que las especies núcleos (Martín *et al.*, 2020). En una relación de fitófagos-hospedantes, estas especies de insectos o de familias hospedantes deben considerarse nodos que fortalecen tal relación y que, potencialmente, podrían representar fuentes o trampolines hacia nuevos hospedantes y facilitar así la propagación de organismos reconocidos como plagas importantes de una extensa variedad de plantas pertenecientes a numerosas familias botánicas.

REFERENCIAS

- Acevedo-Rodríguez, P. y Strong, M.T. (2012) (Eds.). Catalogue of seed plants of the West Indies. *Smithsonian Contributions to Botany*, 98. <https://doi.org/10.5479/si.0081024X.98.1>.
- Albrecht, M., Padrón, B., Bartomeus, I. y Traveset, A. (2014). Consequences of plant invasions on compartmentalization and species' roles in plant-pollination networks. *Proceeding of the Royal Society of Botany*, 281, 2014077.

- Amouroux, P., Crochard, D., Germain, J.F., Correa, M., Ampuero, J., Groussier, G., Kreiter, P., Malausa, T. y Zavieso, T. (2017). Genetic diversity of armored scales (Hemiptera: Diaspididae) and soft scales (Hemiptera: Coccidae) in Chile. *Scientific Reports*, 7, 2014. DOI: [10.1038/s41598-017-01997-6](https://doi.org/10.1038/s41598-017-01997-6).
- Antoniazzi, R.Jr., Dattilo, W. y Rico-Gray, V. (2018). A useful guide of main indices and software used for ecological networks studies. En: Dattilo, W. y Rico-Gray, V. (Eds), *Ecological networks in the tropics* (185-194). <http://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0-3>.
- Araújo, W.S. y Maia, V.C. (2021). Topological structure of a tritrophic network composed of host plants, gall-inducing insects and parasitoids in a resting area in Brasil. *Entomological Science*, 24(2), 201-216. doi: [10.1111/ens.12](https://doi.org/10.1111/ens.12).
- Ballou, C.H. (1926). Los cóccidos de Cuba y sus plantas hospederas. *Estación Agronómica de Santiago de las Vegas. Boletín*, 51, 1-47.
- Beltrán, R. y Traveset, A. (2018). Redes de interacción entre flores e himenópteros den dos comunidades costeras. Efectos de la pérdida de hábitat. *Ecosistemas*, 27, 102-114. <http://doi.org/10.7818/ECOS.1409>.
- Blüthgen, N. (2010). Why network analysis is often disconnected from community ecology: A critique and an ecologist's guide. *Basic and Applied Ecology*, 11, 185-195.
- Bremer, B., Bremer, K., Chase, M.W., Fay, M.F., Reveal, J.L., Soltis, D.E., Soltis, P.S. y Stevens, P.F. (2017). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105-121.
- Bruner, S., Scaramuzza, L.C. y Otero, A.R. (1975). *Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba* (2da Edición Revisada y Aumentada). Academia de Ciencias de Cuba.
- Carstensen, D.W., Dalsgaard, B., Svenning, J.C., Rahbek, C., Fjeldsa, J., Sutherland, W.J. y Olesen, J.M. (2012). Biogeographical modules and island roles: a comparison of Wallacea and the West Indies. *Journal of Biogeography*, 39, 739-749.
- Carstensen, D.W., Dalsgaard, B., Svenning, J.C., Rahbek, C., Fjeldsa, J., Sutherland, W.J. y Olesen, J.M. (2013). The functional biogeography of species: biogeographical species roles of birds in Wallacea and the West Indies. *Ecography*, 36, 1097-1105.
- Dalsgaard, B., Carstensen, D.W., Fjelds, J., Maruyama, P.K., Rahbek, C., Sandel, B., Sonne, J., Svenning, J.C., Wang, Z. y Sutherland, W.J. (2014). Determinants of bird species richness, endemism, and island network roles in Wallacea and the West Indies: is geography sufficient or does current and historical climate matter? *Ecology and Evolution*, 20, 4019-4031.
- De Armas, L.F., Núñez, R., Fernández, I., Hidalgo-Gato, M. y Mestre, N. (2016). Principales plagas entomológicas de *Hebestigma cubense* (Phabaceae) en dos localidades de Cuba occidental. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59, 213-218.
- Dehling, D.M. (2018). The structure of ecological networks. En: Dattilo W. y Rico-Gray V. (Eds.), *Ecological networks in the tropics. An integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on Earth* (pp. 4-29). Springer International Publishing.
- Delmas, E., Besson, M., Brice, M-H., Burkle, L., Dalla-Riva, G.V., Fortin, M-J., Gravel, D., Guimarães, P., Hembry, D., Newman, E., Olesen, J.M., Pires, M., Yeakel, J.D. y Poisot, T. (2018). Analyzing ecological networks of species interactions. *Biological Review*, 94(1), 16-36. <http://doi.org/10.1101/112540>.
- Dormann, C.F., Fründ, J., Blüthgen, N. y Gruber, M. (2009). Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, 2, 7-24.
- Dupont, Y.L. y Olesen, J. (2009). Ecological modules and roles of species in heathland plant-insect flower visitor networks. *Journal of Animal Ecology*, 78, 346-353.
- Elle, E., Elwell, S.L. y Gielens, G.A. (2012). The use of pollination networks in Conservation. *Botany*, 90, 525-534.
- Gallagher R.J., Young, J.G. y Foucault, B. (2021). A clarified typology of core-periphery structure in networks. *Science Advances*, 7, eabc9800.
- García-Morales, B., Denno, D.R., Miller, G., Miller, L., Ben-Dov, Y. y Hardy, N.B. (2021). ScaleNet: A Literature-based model of scale insect biology and systematics. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 75, 1-34.
- Gimpel, J., Miller, D.R. y Davison, J.A. (1974). A systematic revision of the wax scales, genus *Ceroplastes*, in the United States. (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). *Miscellaneous Publications*, 844, 1-85.
- Greuter, W. y Rankin, R. (2016). *Espermatófitos de Cuba Inventario preliminar*. Segunda edición actualizada. Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlen. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana. <http://dx.doi.org/10.3372/cubalist.2016.2>.
- Grillo, H. y González, R. (1998). Identidad, biología y enemigos naturales de la Pulvinaria (Homoptera:

- Coccidae) de las hojas de la caña de azúcar en Cuba. *Centro Agrícola*, 25, 79-82.
- Guimerà, R. y Amaral, L.A.N. (2005). Functional cartography of complex metabolic networks. *Nature*, 433, 895-900.
- Hassler M. (2020). World Plants Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World En: Roskov, Y., Ower, G., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P.M., Bourgoin, T., De Walt, D.R., Decock, W. y Penev, L. (Eds) *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life*. <http://www.catalogueoflife.org/col>.
- Heidel, W. y Köhler, G. (1979). *Toumeyella cubensis* sp. n. (Hemiptera: Coccinae. Coccidae), una guagua en los cultivos de cítricos cubanos. *Zoologischer Anzeiger* (Jena), 202, 132-144.
- Hodges, G.S. (2002). A new species of *Ceroplastes* from Florida (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Insecta Mundi*, 16, 205-208.
- Kondo T. (2010). Taxonomic revision of the myrmecophilous, meliponiphilous and rhizophilous soft scale genus *Cryptostigma* Ferris (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Zootaxa*, 2709, 1-72.
- Kondo, T., Gullan, P.J. y Williams, D.J. (2008). Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9, 55-61.
- Kougioumotzis, K., Thalassini, A., Georgopoulou, E., Simaiakis, S.M., Trianis, K.S. y Trigas, P. (2016). Network biogeography of a complex system: the Aegean Archipelago revisited. *Journal of Biogeography*, 431-11.
- Lin, Y.P. (2013) *Evolution of the scale insect family Coccidae (Hemiptera: Coccoidea)*. ENT#091;PhD Thesis. The University of Queensland, Australia ENT#093;.
- Lin, Y.P., Cook, D.H., Gullan, P.J. y Cook, L.G. (2015). Does host-plant diversity explain species richness in insects? A test using Coccidae (Hemiptera). *Ecological Entomology*, 40, 299-306.
- Lin, Y.P., Gullan, P.J. y Cook, L.G. (2010). Species richness and host-plant diversity are positively correlated in Coccidae. *Entomologia Hellenica*, 19, 90-98.
- López-Almirall, A. (2014). Uso de los taxones de nivel superior en la evaluación de la diversidad biológica a escalas biogeográficas. *Biogeografía*, 7, 27-34.
- Mansour, R., Grissa-Lebdi, K., Suma, P., Mazzeo, G. y Russo, A. (2018). Key scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of high economic importance in a Mediterranean area: host plants, bio-cological characteristics, natural enemies and pest management strategies-a review. *Plant Protection Science*, 53(1), 1-14.
- <http://doi.org/10.17221/53/2015-PPS>.
- Mariani, M.S., Ren, Z.M., Bascompte, J. y Tessone, C.J. (2019). Nestedness in complex networks: observation, emergence, and implications. *Physics Reports*, 813, 1-90. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2019.04.001>
- Martín-Piera, F. (2000). Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando taxones de alto rango en insectos. En Martín-Piera, F., Morrone J. J. y Melic A. (Eds.). *Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PriBES 2000. m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 1* (pp. 36-54). Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Martín A., Vázquez, D.P., Ramos-Jiliberto, R., Hoon, S. y Miele, R. (2020). Core-periphery structure in mutualistic networks: an epitaph for nestedness? *bioRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.021691>.
- Martínez-Falcón, A., Martínez-Adriano, P.C.A. y Dattilo, C.A. (2019). Redes complejas como herramientas para estudiar la diversidad de las interacciones ecológicas. En: Moreno, C.E. (Ed.) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 265-283). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex.
- Mendoza, F. y Gómez, J. (1983). *Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba*. Editorial Pueblo y Educación.
- Mestre, N. y Kondo, T. (2018). Description of a new genus and new species of soft scale insect (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) from Cuba. *International Journal of Insect Science*, 10, 1-6.
- Mestre, N., Baró, I. y Rosete, S. (2001). Actualización de los cóccidos (Homoptera: Coccoidea: Coccidae) de Cuba y sus plantas hospedantes. *Centro Agrícola*, 3, 31-36.
- Mestre, N., Ramos, T., Hamon, A.B. y Evans, G. (2004). Los insectos escamas (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) presentes en el Orquideario de Soroa, Pinar del Río, Cuba. *Fitosanidad*, 8, 25-29.
- Mestre, N., Hamon, A.B., Fontenla, J.L., Fernández, M., Hernández, M. y Sánchez, R. (2006). Composición taxonómica y estructura de una comunidad de Coccoidea (Homoptera: Sternorrhyncha) en un policultivo de cafeto, guayabo y aguacatero. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 1, 53-57.
- Mestre, N., Veitía, M. y Hodges, G.S. (2010). Los Insectos Escama (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) presentes sobre Plantas Medicinales en Cuba. *Fitosanidad*, 14, 201-208.

- Mestre, N., Hamon, A.B., Evans, G., Kondo, T., Herrera, P., Hernández, P. y Abraham, A. (2011). Los cocoideos (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) presentes en la Cordillera de Guaniguanico, Pinar del Río, Cuba, y la relación con sus hospedantes. *Insecta Mundi*, 0183, 1-25.
- Mestre, N., Hodges, G.S., Kondo, T., Herrera, P., Hernández, A. y Rodríguez, L. (2013). Insectos escama (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) de Baracoa, Guantánamo, Cuba. Relación con sus hospedantes. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 14, 15-35.
- Mestre, N., Hamon, A.B., Hodges, G.S. y Kondo, T. (2015a). Lista de insectos escama (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) de Cuba. *Poeyana*, 500, 33-54.
- Mestre, N., Hamon, A.B., Hodges, G.S., Kondo, T., Herrera, P., Hernández, A. y Marquetti, M.C. (2015b). Insectos escama (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) del Parque Natural Topes de Collantes, Sancti-Spíritus, Cuba y la relación con sus plantas hospedantes. *Insecta Mundi*, 426: 1-26.
- Mestre, N., Kondo, T., Reyes, D., Herrera, P. y Hernández, A. (2017). Diagnosis and report of *Coccus moestus* De Lotto, 1959 (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae), a new record from Cuba. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 17, 47-53.
- Mestre, N., Kondo, T., Reyes, D.L. y Herrera, P. (2021). Diagnosis de *Pulvinaria floccifera* (Westwood, 1870) (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). Nuevo registro de escama blanda para Cuba con una clave para las especies del género *Pulvinaria* Targioni Tozzetti 1866 registradas para el país. *Poeyana*, 512, 1-6.
- Miele, V., Ramos-Jiliberto, R. y Vázquez, D.P. (2020). Core-periphery dynamics in a plant-pollinator network. *Journal of Animal Ecology*, 89, 1670-1677.
- Miller, D.R. (2005). Selected scale insect groups (Hemiptera: Coccoidea) in the southern region of the United States. *Florida Entomologist*, 88, 482-501.
- Miller, G.L. y Miller, D.R. (2003). Invasive soft scales (Hemiptera: Coccidae) and their threaten to U. S Agriculture. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105, 832-846.
- Mukherjee, S., Banerjee, S., Basu, P., Saha, G.K. y Aditya, G. (2018). Butterfly-plant network in an urban landscape: Implication for conservation and urban greening. *Acta Oecologica*, 92, 16-25.
- Olesen, J.M., Bascompte, J., Dupont, L. y Jordano, P. (2007). The modularity of pollination networks. *PNAS*, 104, 19891-19896.
- Past (3.25) [Programa] (2001). Recuperado de <http://www.toyen.uio.no/~ohammer/past>.
- R. [Programa] (2001). Recuperado de <http://www.R-project.org>).
- Saunders, M.E. y Rader, R. (2019). Network modularity influences plant reproduction in a mosaic tropical agroecosystem. *Proceeding of the Royal Society of Botany*, 286, 220190296.
- Suh, S.J. (2020). Host plant list of the scale insects (hemiptera: Coccoidea) in South Korea. *Insecta Mundi*, 757, 1-26.
- Torre, G.S., Fernández-Lugo, R., Guarino, R. y Fernández-Palacios, J.M. (2018). Network analysis by simulated annealing of taxa and islands of Macaronesia (North Atlantic Ocean). *Ecography*, 42, 1-12.
- Vázquez, L. (1989). *Insectos que atacan al café en Cuba*. Instituto de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura.

ANEXO 1. Material examinado y fotografía de *Ceroplastes feltyi*.APPENDIX 1. Examined material and picture of *Ceroplastes feltyi*

Material examinado: Cuba: Artemisa: San Antonio de los Baños (22,9137°N; -82,4866°W), Myrtaceae: *Eugenia axillaris*, 3. 3.2005. P. Cernuda, 7 ♀♀ adultas, (CZACC: 7.407 765; 7.407 766; 7.407 767; 7.407 768; 7.407 769; 7.407 770; 7.407 771); Myrtaceae: *Eugenia faramaeoides*, 28.1.2006. recolector P. Cernuda, 6 ♀♀ adultas, (CZACC: 7.407759; 7.407760; 7.407761; e 7.407762; 7.407763). Annonaceae: *Oxandra lanceolata*, 20. 1. 2015. L.F de Armas, 6 ♀♀ adultas (CZACC: 7.410005; 7.410006; 7.410007; 7.410008; 7.410009; 7.410010; 7.410011; 7.410012; 7.410 013. Mayabeque: Lomas de Jibacoa (23, 142778°N; -81, 8602778°W), Myrtaceae: *Eugenia axillaris*, 31.3.2005. P. Cernuda, 8 ♀♀ adultas (CZACC: 7.407729; 7.407730; 7.407731; 7.407732; 7.407733; 7.407734; 7.407 735; 7.407736); Myrtaceae: *Eugenia rhombea*, 23.4.2005. P. Cernuda, 9 ♀♀ adultas (CZACC: 7.407746; 7.407747; 7.407748; 7.407 749; 7.407750; 7.407751; 7.407752; 7.407753; 7.407754). Sancti-Spíritus: Topes de Collantes, Pico Potrerillo (21,8894444°N; -80,0122222°W), Myrtaceae: *Eugenia axillaris*, 20.2.2001. N. Mestre, 5 ♀♀ adultas (CZACC: 7. 407719; 7. 407720; 7. 407721; 7. 407722; 7. 407724).

Ceroplastes feltyi Hodges, 2002 nuevo registro de escama blanda para Cuba. Los caracteres taxonómicos de los ejemplares estudiados coinciden con la descripción original de la escama por [Hodges, \(2002\)](#). Para esta especie estaban referidas como plantas hospedantes *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) y *Psychotria nervosa* (Rubiaceae). Todas las plantas hospedantes de *C. feltyi* en este estudio resultan nuevos para la especie.