UNIVERSIDAD DE MATANZAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TRABAJO DE DIPLOMA

Diversidad e impactos agroecológicos de la mirmecofauna (*Hymenoptera*: Formicidae) asociada al Varadero Golf Club.



Autor (a): Lismé Balceiro Aguilera

Tutor (a): MSc. Perla M. Fraguela Ascunce

Dr.C Leonel Marrero Artabe

Matanzas

Curso 2025-2026

PENSAMIENTO

«La naturaleza no sigue nuestras prisas ni nuestras fronteras; sigue sus propios ciclos y leyes. El hombre inteligente no lucha contra ella, la observa, la comprende y la respeta.»

Dr. Fernando Funes Monzote

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo Lismé Balceiro Aguilera soy el único autor de este Trabajo de Diploma o Ejercicio Profesional por lo que autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: 

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Leonel Marrero Artabe y a la profesora Perla Fraguela Ascunce, tutores de esta tesis, por su dirección científica rigurosa, su paciencia didáctica y su ejemplo de entrega a la entomología aplicada cubana. A todo el claustro de profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas, que sembró en mí las bases éticas y técnicas de la profesión. A los trabajadores del Varadero Golf Club, por su colaboración en el trabajo de campo y por compartir su conocimiento del ecosistema. A mis compañeros de carrera, con quienes compartí aulas, desvelos y la pasión por las ciencias agrícolas. A todos, mi gratitud eterna.

DEDICATORIA

A mis padres Ledys Frank Balceiro Pajón y Mirlenis María Aguilera Hernández, por su sacrificio, apoyo y su confianza incondicional durante todos los años de mi formación universitaria. A mi esposo, Alex Daniel Zazo Alfonso, y a mi suegra, Miladis Zazo Alfonso, cuyo apoyo moral y material hizo más llevaderas las dificultades del camino. A mi familia en general, porque cada uno, desde su lugar, contribuyó a que este sueño se hiciera realidad.

RESUMEN

La tesis evaluó la diversidad de formícidos asociados al césped Bermuda 328 en el Varadero Golf Club (Cuba) y sus impactos agroecológicos, económicos, así como en la salud humana. Se localizaron los hormigueros mediante vuelos con dron DJI Mavic 2 Pro, georreferenciación en QGIS, captura manual y trampas con cebos de atún. Se identificaron taxonómica las especies mediante claves dicotómicas, se describieron los montículos edáficos y los daños en la velocidad del *green* mediante un Stimpmetro. Se identificaron 13 especies pertenecientes a cuatro subfamilias, de ellas 4 especies invasoras y 10 nuevos registros para el ecosistema. *Solenopsis geminata* fue el taxon dominante, formó montículos de 7 cm de altura que afectaron la estética, velocidad del green y mostró mirmecocoria. Once especies mostraron además importancia médica con picaduras que causaron lesiones dermatológicas con eritemas y vesículas en los fitotecnistas del campo. Se fundamentan alternativas para un manejo integrado de plagas con énfasis prácticas sostenibles de control cultural y biológico.

Palabras clave: Formícidos, Solenopsis geminata, Especies invasoras, Velocidad del *green*, Manejo integrado de plagas.

ABSTRACT

This thesis assessed the diversity of ants (Formicidae) associated with Bermuda 328 turfgrass at the Varadero Golf Club (Cuba) and their agroecological, economic, and human health impacts. Ant nests were located by DJI Mavic 2 Pro drone flights, QGIS georeferencing, manual capture, and tuna-baited traps. Species were taxonomically identified using dichotomous keys; soil mounds and damage to green speed were described with a Stimpmeter. A total of 13 species belonging to four subfamilies were identified, among them 4 invasive species and 10 new records for the ecosystem. *Solenopsis geminata* was the dominant taxon, building mounds up to 7 cm high that affected turf aesthetics, green speed, and exhibited myrmecochory. Eleven species also proved medically important, with stings causing dermatological lesions (erythema and vesicles) in the course's greenkeepers. Alternatives for integrated pest management are proposed, with emphasis on sustainable cultural and biological control practices.

Keywords: Formicidae, *Solenopsis geminata*, invasive species, green speed, integrated pest management.

ÍNDICE

I.INTRODUCCIÓN 1
1. PROBLEMA PROFESIONAL 3
1.1. HIPÓTESIS 3
1.2. OBJETIVO 3
II DESARROLLO 4
2. Revisión bibliográfica. 4
2.1. Generalidades sobre los campos de golf y el césped Bermuda 328. 4
2.2. Taxonomía de la familia Formicidae y su importancia ecológica. 5
2.3. Hormigas invasoras y vagabundas: definición, atributos e impactos globales. 6
2.4. Hormigas en ecosistemas de césped y campos de golf. 7
2.5. Impactos de las hormigas en la salud humana. 8
2.6. Descripción morfométrica de especies invasoras presentes en Cuba. 9
2.7. Métodos de estudio de la mirmecofauna. 9
2.8. Manejo integrado de plagas (MIP) en el césped de golf. 10
2.9. Síntesis de la revisión bibliográfica. 11
III. Materiales y métodos. 13
3. Área de estudio. 13
3.1. Condiciones meteorológicas durante el período de estudio. 14
3.1.1 Inventario de las especies de hormigas (*Hymenoptera*: Formicidae) presentes en las diferentes áreas de juego del Varadero Golf Club. 16
3.2. Métodos de campo. 17
3.2.1 Detección aérea y georreferenciación de hormigueros con dron y QGIS. 17
3.2.2 Captura y recolección de especímenes. 18
3.3 Determinación de especies invasoras y su frecuencia de aparición. 20
3.3.1 Procesamiento e identificación taxonómica de la mirmecofauna. 20
3.3.2 Cálculo de la frecuencia de aparición de especies. 20
3.3.3 Disección y medición del aparato del veneno 21
3.4. Evaluación de daños en el césped 'Bermuda 328' por ataque de formícidos: dimensiones ambientales, agrícolas, económicas y para la salud humana. 21
3.4.1 Impactos ambientales. 21
3.4.2 Impactos agronómicos sobre el césped. 21

3.4.3 Impacto sobre la velocidad del *green* (jugabilidad). 22
3.4.4 Impactos en la salud humana: lesiones dermatológicas. 23
3.5. Análisis estadístico de los datos. 23
4. Resultados y discusión. 24
4.1. Riqueza específica y composición de la mirmecofauna. 24
4.1.1. Especies invasoras y su significación ecológica. 26
4.1.2. Abundancia y distribución espacial de las especies dominantes. 30
4.1.3. Nuevos registros para el ecosistema y su significado ecológico. 32
4.2. Evaluación del impacto del ataque de formícidos: dimensiones ambiental, agrícola, económica y para la salud humana. 35
4.2.1. Impactos ambientales. 35
4.2.2. Impactos agronómicos (montículos y daños al césped). 38
4.2.3. Impacto económico: velocidad del *green.* 45
4.2.4. Impactos en la salud humana: lesiones dermatológicas y otras afecciones. 46
4.3. Implicaciones para el manejo integrado de plagas y valoración económica 49
III. CONCLUSIONES 52
IV.RECOMENDACIONES 53

I.INTRODUCCIÓN

Los formícidos (*Hymenoptera*: Formicidae) constituyen uno de los grupos de insectos sociales más diversos del planeta, con más de 16 500 especies descritas (Portuondo *y* Matos, 2022). Su éxito evolutivo radica en la organización colonial, la comunicación química y una notable plasticidad ecológica (Hölldobler *y* Wilson, 1990).

Las hormigas participan en funciones ecosistémicas esenciales como la depredación, el reciclaje de nutrientes y la aeración del suelo (Folgarait, 1998). No obstante, cuando las especies son transportadas accidentalmente fuera de su rango nativo, pueden convertirse en agentes de disturbio capaces de desplazar a la mirmecofauna autóctona y generar pérdidas económicas (Holway *et al.*, 2002).

A nivel mundial, las hormigas invasoras figuran entre las especies exóticas más dañinas, con varios taxones incluidos en la lista de las 100 peores invasoras de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (Lowe *et al.*, 2004). Estas especies comparten atributos biológicos y comportamentales que facilitan su establecimiento y dispersión (Fontenla Rizo *y* Matienzo, 2011). Las invasiones resultan particularmente devastadoras en ecosistemas insulares y en zonas urbanas sometidas a perturbación constante (Sarty *et al.*, 2007).

En Cuba, la mirmecofauna registrada incluye nueve subfamilias, 50 géneros, 195 especies y 18 subespecies, de las cuales 74 son endémicas (Portuondo *y* Matos, 2022).

Los campos de golf constituyen ecosistemas de manejo intensivo que combinan césped de alto rendimiento con áreas boscosas y cuerpos de agua (Held *y* Potter, 2012). El riego diario, la fertilización nitrogenada y la baja altura de corte generan condiciones favorables para la construcción de nidos de hormigas.

Entre los principales problemas fitosanitarios asociados a estos formícidos se encuentran los daños directos al césped por montículos, los daños indirectos derivados de mutualismos con hemípteros chupadores, y los riesgos para la salud humana por picaduras (Buckley, 1987; Way, 1963; deShazo *et al.*, 1984; Potiwat *et*

al., 2017). Los detalles de estos impactos se desarrollan en la revisión bibliográfica y en los resultados del presente trabajo.

El Varadero Golf Club (en lo sucesivo VGC), constituye el único campo de golf profesional de 18 hoyos en el país. Genera ingresos anuales superiores a 2,5 millones de USD. A pesar de que los formícidos se reconocen internacionalmente como agentes de disturbio ecológico y riesgo sanitario (Holway *et al.*, 2002), en el VGC persiste un vacío de conocimiento sistemático sobre la composición real de especies, los niveles de herbivoría que ejercen sobre el césped y la magnitud de las afecciones médicas que provocan. Un estudio preliminar de 2004 reportó solo cuatro especies de hormigas en el VGC (Martínez, 2004). Investigaciones más recientes elevaron esta cifra a diez u once taxones (Fraguela *et al.*, 2025; Marrero-Artabe *et al.*, 2016).

La novedad científica del presente trabajo reside en ser el primer estudio que combina georreferenciación aérea con dron análisis en QGUIS e inventario taxonómico completo de la mirmecofauna de VGC, aportando 10 nuevos registros de especies para el ecosistema.

1. PROBLEMA PROFESIONAL

Desconocimiento científico de la diversidad e impactos de la mirmecofauna (*Hymenoptera*: Formicidae) asociada al césped de Varadero Golf Club.

1.1. HIPÓTESIS

La determinación de la diversidad de especies de la Mirmecofauna (*Hymenoptera*: Formicidae) Asociada Al Césped De Varadero Golf Club y la evaluación de los daños permitirán establecer las bases para implementar un Programa de Manejo Integrado.

1.2. OBJETIVO

General:

Evaluar la diversidad taxonómica de la mirmecofauna asociada al césped del VGC y los daños causados por su ataque, como base para el desarrollo de futuras directrices de manejo.

Específicos:

1. Inventariar las especies de hormigas (*Hymenoptera*: Formicidae) presentes en las diferentes áreas de juego del VGC.
2. Determinar las especies invasoras y su frecuencia de aparición.
3. Evaluar los daños en el césped 'Bermuda 328' y dimensiones ambientales, agrícolas, económicas, así como para la salud humana.

II DESARROLLO

2. Revisión bibliográfica.

2.1. Generalidades sobre los campos de golf y el césped Bermuda 328.

Los campos de golf constituyen ecosistemas de manejo intensivo que combinan superficies de césped de alto rendimiento, áreas boscosas, cuerpos de agua y trampas de arena (Held *y* Potter, 2012). En regiones tropicales y subtropicales, el híbrido Bermuda 328 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. × *Cynodon transvaalensis* Burtt-Davy) se emplea ampliamente por su resistencia al pisoteo y su rápida recuperación (Vittum *et al.*, 1999). Esta gramínea estolonífera y rizomatosa tolera cortes a baja altura (0,8-1,5 cm) y presenta una notable resistencia al estrés hídrico y a las altas temperaturas (West Coast Turf, s.f.).

La comunidad científica cubana ha identificado un complejo de insectos rizófagos que afectan el césped Bermuda 328 en el VGC, entre los que sobresalen los cídnidos *Dallasiellus varaderensis* Marrero y Mayorga,2016 y *Tominotus inconspicuus* Froeschner,1981, así como los curculiónidos del género *Sphenophorus* spp., cuyas afectaciones radiculares causan clorosis, quemaduras y muerte localizada del pasto (Marrero-Artabe *et al*., 2016). Los resultados, junto a los obtenidos por López *et al*. (2013), demuestran la necesidad de profundizar en el mejoramiento genético de las variedades de césped empleadas en el país, para obtener materiales con mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico.

En este sentido, investigaciones nacionales sobre la biología y ecología de plagas edáficas, como las desarrolladas por Herrera y Valenciaga (2008) para *Atta insularis* Guérin-Méneville,1844 en pastizales, ofrecen metodologías aplicables al manejo integrado en campos de golf. Además, el Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba (Bruner *et al*., 1975) y el estudio de los principales efectos que atacan a las plantas económicas en Cuba (Mendoza y Gómez, 1982) constituyen fuentes de referencia obligada para el reconocimiento de las especies plagas en este tipo de ecosistema antropizados.

El Varadero Golf Club (VGC), ubicado en la península de Hicacos (Matanzas, Cuba), es el único campo de golf profesional de 18 hoyos del país. Su césped se

divide en tres variedades según el área de juego: *green* (*Paspalum*), *tee* (Bermuda 328) y *fairway* (Bermuda 41) (Varadero Golf Club, 2020). Los suelos del VGC son arenosos poco desarrollados, con pH alcalino (8,1-8,26) y alto contenido de materia orgánica (20,81 %) (Hernández *et al.*, 2019). El riego diario y la fertilización nitrogenada generan microclimas cálidos y húmedos que favorecen el establecimiento de numerosas especies de hormigas (Lennox, 2025).

2.2. Taxonomía de la familia Formicidae y su importancia ecológica.

La familia Formicidae (Hymenoptera) agrupa más de 16 500 especies descritas a nivel mundial (Bolton, 2003). Su éxito evolutivo se atribuye a la eusocialidad, la comunicación química mediante feromonas y la división del trabajo en castas (reinas, obreras, soldados) (Hölldobler *y* Wilson, 1990). Los análisis filogenómicos han resuelto las relaciones basales de las subfamilias de hormigas (Brady et al., 2016).

Las hormigas desempeñan funciones ecosistémicas esenciales: depredación, reciclaje de nutrientes, aeración del suelo y dispersión de semillas (mirmecocoria) (Farji-Brener *y* Giraldo, 2008). Los hormigueros actúan como sumideros de carbono y modifican la estructura del suelo (Andersen, 2018).

En la región Neotropical se reconocen 137 géneros y unas 3100 especies de hormigas (Fernández, 2003). La diversidad de hormigas en México refleja la de toda la región mesoamericana (Morón y Terrón, 2017). Cuba, por su condición insular, alberga una mirmecofauna particularmente rica: nueve subfamilias, 50 géneros, 195 especies y 18 subespecies, de las cuales 74 son endémicas (Portuondo *y* Matos, 2022). Los métodos moleculares recientes han descubierto especies crípticas de hormigas legionarias (Longino y Branstetter, 2021).

Las subfamilias mejor representadas son Myrmicinae y Formicinae, que agrupan más del 80 % de las especies cubanas (Fontenla *y* Alfonso, 2018). En áreas protegidas cubanas se ha registrado una alta diversidad de formícidos endémicos (Matos y Portuondo, 2021).

2.3. Hormigas invasoras y vagabundas: definición, atributos e impactos globales.

Un subconjunto de las hormigas introducidas accidentalmente logra establecer poblaciones autosuficientes fuera de su rango nativo. Estas especies se denominan hormigas invasoras, mientras que aquellas que se establecen sin causar daños extensivos se conocen como hormigas vagabundas o *tramp ants* (Fontenla Rizo *y* Matienzo, 2011).

Según Holway *et al.* (2002), las hormigas invasoras comparten poliginia (múltiples reinas), estructura unicolonial (ausencia de agresividad intraespecífica), reproducción por fisión, omnívoría acusada y atención a hemípteros.

Cinco hormigas figuran entre las 100 especies exóticas invasoras más dañinas de la UICN: *Anoplolepis gracilipes* (Fr. Smith,1857)., *Linepithema humile* (Mayr.1868), *Solenopsis invicta* Buren,1972, *Pheidole megacephala* (Fabricius,1792) y *Wasmannia auropunctata* (Roger,1863) (Lowe *et al.*, 2004). De ellas, *P. megacephala* y *W. auropunctata* están presentes en Cuba, mientras que *S. invicta* y *L. humile* se distribuyen en Florida y Bahamas, constituyendo una amenaza latente (Fontenla Rizo *y* Matienzo, 2011). La proximidad de las Bahamas a Cuba facilita el intercambio de especies invasoras (Deyrup y Lubertazzi, 2019).

Los gastos que imponen las hormigas invasoras han sido cuantificados a escala mundial. Entre 1930 y 2021, se reportaron costos económicos para 12 especies de hormigas en 27 países, que totalizaron 51.930 millones de dólares estadounidenses (Angulo *et al.*, 2022). De esta cifra, los costos por daños representaron el 92 %, afectando principalmente a los sectores agrícola, de bienestar público y social.

Más del 80 % de los costos totales se asociaron a solo dos especies: *S. invicta* y *W. auropunctata*. Aunque esta última está presente en Cuba, en el VGC su población aún no alcanza niveles de plaga. Además, se detectó una brecha significativa en la información, ya que en promedio no se dispuso de datos de costos para el 78 % de los países invadidos.

La subestimación de los costos reales subraya la urgencia de mejorar la notificación y la colaboración internacional para una gestión proactiva de las invasiones biológicas (Angulo *et al.*, 2022).

El cambio climático acelerará la expansión de hormigas invasoras hacia regiones templadas (Bertelsmeier et al., 2018). Los costos de control superan a los daños directos en la mayoría de los países (Kirkegaard y Norman, 2024).

2.4. Hormigas en ecosistemas de césped y campos de golf.

Las hormigas afectan la calidad del césped de golf mediante la construcción de montículos de arena que interfieren con la rodadura de la bola y dañan la maquinaria de corte (Held *y* Potter, 2012). Además, establecen mutualismos con hemípteros chupadores (pseudocóccidos, pulgones), de cuya mielecilla se alimentan a cambio de proteger y dispersar a estos homópteros (Buckley, 1987). Los pseudocóccidos provocan clorosis, debilitamiento del pasto y favorecen la fumagina (*Capnodium* spp.), lo que reduce la fotosíntesis y la calidad estética del *green* (Gullan *y* Martin, 2009).

Estudios recientes han profundizado en la complejidad de las interacciones planta-Hemiptera-hormiga. La asociación mutualista mediada por la mielecilla está influenciada por múltiples factores bióticos y abióticos, varía en el tiempo y el espacio, y muestra dependencia del contexto, ya que el resultado de la interacción cambia con las condiciones ambientales (Kumar *y* Singh, 2024).

Las hormigas pueden causar daños indirectos en los cultivos a través de la cría de hemípteros, el consumo de artrópodos benéficos o la transmisión de enfermedades (Sankovitz *et al.*, 2024). En entornos agrícolas, la gestión sostenible de este mutualismo ha explorado diversas tácticas. El manejo de chinches del césped requiere integrar umbrales de daño y enemigos naturales (Buss et al., 2018).

Para interrumpir la asociación sin dañar las poblaciones de hormigas benéficas, se ha propuesto el uso de fuentes alternativas de azúcar que desvían la atención de las hormigas de los hemípteros, reduciendo así el impacto sobre la plaga (Calvo-Agudo *et al.*, 2024).

Otros enfoques innovadores analizados incluyen el uso de barreras físicas, cebos de baja toxicidad y enemigos naturales especializados adaptados para evadir la defensa de las hormigas.

La investigación futura debe centrarse en estos complejos entramados multitróficos para desarrollar estrategias más eficaces y respetuosas con el medio ambiente (Fernández-de Bobadilla *et al.*, 2024).

En Estados Unidos, *S. invicta* es considerada la plaga de hormigas más destructiva en campos de golf, con densidades que superan los 300 montículos por acre (Lennox, 2025). *Solenopsis geminata* (Fabricius,1804), presente en Cuba, construye montículos cónicos de hasta 25 cm de altura sin orificio de entrada visible, que desecan el césped circundante (Lockley *y* Vogt, 1993).

Estudios recientes demuestran que las prácticas culturales (altura de corte >1,25 cm) reducen significativamente la densidad de nidos (VARCESPLAG, 2025).

2.5. Impactos de las hormigas en la salud humana.

El contacto accidental con hormigas puede desencadenar reacciones clínicas que van desde eritema local hasta anafilaxia sistémica (deShazo *et al.*, 1984). Los géneros *Solenopsis*, *Wasmannia*, *Odontomachus* y *Camponotus* son los más implicados en accidentes dermatológicos en regiones tropicales (Olivera *y* Porras, 2021). El veneno de las hormigas de fuego contiene alcaloides piperidínicos (solenopsinas) y proteínas alergénicas (Sol i 1-4) que inducen liberación de histamina (Potiwat *et al.*, 2017).

Aproximadamente el 20 % de las personas picadas desarrollan reacciones alérgicas locales, mientras que entre el 0,5 % y el 2,0 % presentan reacciones sistémicas (López *et al.*, 2024). *S. geminata* se reporta como la principal hormiga causante de anafilaxia en Tailandia, con manifestaciones clínicas en el 37,5 % de los pacientes evaluados (Ramalho *et al.*, 2023).

Algunas hormigas actúan como vectores mecánicos de bacterias patógenas (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus* spp.) en ambientes hospitalarios

(Newman *et al.*, 2022). En ambientes urbanos, las hormigas proliferan en grietas y jardines, aumentando el riesgo de picaduras (Chacón de Ulloa, 2019).

2.6. Descripción morfométrica de especies invasoras presentes en Cuba.

S. geminata (hormiga brava o de fuego tropical) presenta obreras polimórficas de coloración pardo rojiza a castaña. Las obreras mayores miden 4,0-6,0 mm de longitud total (LT), mientras que las menores miden 2,0-3,0 mm. El índice cefálico en las mayores supera con frecuencia 120. La especie posee un aguijón funcional conectado a un bulbo de veneno (Fontenla Rizo *y* Matienzo, 2011).

W. auropunctata (hormiga pequeña de fuego) es monomórfica, con LT de 1,2-1,6 mm. La cabeza presenta arrugas longitudinales en la región frontal. Las antenas constan de 11 segmentos con una maza apical de dos segmentos. El pecíolo exhibe una forma cuadrada en vista lateral (Fontenla Rizo *y* Matienzo, 2011). Ambas especies son capaces de inocular veneno con efectos dermatológicos severos (López *et al.*, 2024).

Nylanderia fulva (Mayr,1862) (hormiga loca o fulva) es monomórfica, de coloración marrón rojiza a marrón oscura, con LT de 2,0-2,5 mm. Carece de aguijón funcional e inocula ácido fórmico a través de un acidoporo. El escapo antenal es muy largo y supera el margen posterior de la cabeza en más de la mitad de su longitud (LaPolla *et al*., 2011). En Cuba se considera una especie vagabunda-invasora de reciente atención (Fontenla *y* Alfonso, 2018). La revisión taxonómica de *Nylanderia* en Las Antillas permitió identificar *N. fulva* (LaPolla y Kallal, 2019).

2.7. Métodos de estudio de la mirmecofauna.

Para la detección de nidos en áreas extensas, el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANTs o drones) equipados con cámaras de alta resolución (p.ej., DJI Mavic 2 Pro) permite georreferenciar montículos con resolución espacial de 2-3 cm por píxel (Marrero-Artabe *et al.*, 2025).

Las ortofotos se procesan en sistemas de información geográfica como QGIS (*Quantum Geographic Information System*), lo que posibilita generar mapas de

densidad de nidos y correlacionar la distribución de colonias con variables ambientales.

La recolección de especímenes se realiza mediante captura manual con pinzas entomológicas, trampas de caída (*pitfall*) con cebos atrayentes (aceite de atún) y aspiradores entomológicos, seguido de conservación en alcohol al 70 % (Hacala *et al.*, 2021).

La identificación taxonómica se fundamenta en claves dicotómicas actualizadas, con el empleo de caracteres morfológicos de las obreras: fórmula segmentaria de antenas, morfología del clípeo, dentición mandibular, espinas propodeales, escultura del integumento y quetotaxia (Portuondo *y* Matos, 2022).

Para las especies de importancia médica, se recomienda la disección del aparato del veneno (aguijón y bulbo de veneno) bajo estereomicroscopio, previa tinción con azul de metileno al 2 % (Yang *et al.*, 2007).

La evaluación de daños sobre el césped incluye la medición de la velocidad del *green* con un *Stimpmeter* según las normas de la *United States Golf Association* (USGA, 2026). Un *green* de alta calidad debe alcanzar velocidades de 230-280 cm; reducciones superiores al 30 % indican un deterioro significativo de la jugabilidad (Maier *y* Potter, 2005).

2.8. Manejo integrado de plagas (MIP) en el césped de golf.

El MIP en césped integra monitoreo, umbrales económicos y tácticas múltiples (Heng-Moss et al., 2020). El manejo de hormigas en campos de golf debe basarse en un enfoque integrado que combine prácticas culturales, control biológico y uso racional de insecticidas (Held *y* Potter, 2012).

Las prácticas culturales incluyen: ajuste de la altura de corte por encima de 1,25 cm, eliminación mecánica de montículos mediante riego a presión, reducción de la paja (*thatch*) mediante escarificado vertical y manejo adecuado de la fertilización nitrogenada (Brandenburg *y* Baker, 1994).

El control biológico se fundamenta en la conservación de enemigos naturales: dípteros parasitoides *Phoridae* (género *Pseudacteon*), hongos entomopatógenos

como *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.,1835) Vuoll.,1912 y *Metarhizium anisopliae* (Metschn.,1879) Sorokin,1883, y nematodos entomopatógenos (*Steinernema*, *Heterorhabditis*) (Porter *et al.*, 1995). En el VGC se ha aislado una cepa nativa de *B. bassiana* en el suelo del hoyo 10, con potencial para causar micosis en hormigas (VARCESPLAG, 2025).

El control químico debe utilizarse solo cuando las poblaciones superen los umbrales de daño económico. Se recomiendan insecticidas de baja residualidad aplicados en aspersión localizada sobre los montículos, o cebos a base de hidrametilnon o metaflumizona (Lennox, 2025). Las opciones actualizadas incluyen cebos de hidrametilnon y aplicaciones localizadas (Nester y Drees, 2023).

El monitoreo periódico con dron y georreferenciación en QGIS permite dirigir las aplicaciones exclusivamente a las áreas que superan el umbral, lo que reduce el volumen de plaguicidas empleado (Marrero-Artabe *et al.*, 2025).

2.9. Síntesis de la revisión bibliográfica.

La revisión bibliográfica confirma que los campos de golf constituyen ecosistemas de manejo intensivo donde el césped Bermuda 328 (*C. dactylon* × *C. transvaalensis*) resulta especialmente vulnerable al ataque de formícidos debido a sus condiciones edafoclimáticas favorables (Held y Potter, 2012; Hernández *et al*., 2019).

La mirmecofauna cubana, rica y con elevado endemismo (Portuondo y Matos, 2022), incluye especies invasoras como *S. geminata*, *W. auropunctata* y *N. fulva*, cuyos atributos (poliginia, unicolonialidad, reproducción por fisión) facilitan su establecimiento y dominio en ecosistemas antropizados (Holway *et al*., 2002; Fontenla Rizo y Matienzo, 2011).

Estas hormigas afectan el césped mediante la construcción de montículos que interfieren con la jugabilidad y el establecimiento de mutualismos con hemípteros que exacerban la clorosis y la fumagina Capnodium spp. (Buckley, 1987; Gullan y Martin, 2009). Adicionalmente, representan un riesgo para la salud humana, con venenos que inducen desde reacciones locales hasta anafilaxia (deShazo *et al*., 1984; Potiwat *et al*., 2017).

Los métodos de estudio incluyen el uso de drones y SIG para la georreferenciación de nidos (Marrero-Artabe *et al*., 2025), así como claves taxonómicas actualizadas para la identificación precisa (Portuondo y Matos, 2022). El manejo integrado de plagas debe priorizar prácticas culturales (altura de corte >1,25 cm), control biológico con hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*) y nematodos, y aplicaciones químicas localizadas solo cuando se superen los umbrales de daño económico (Held y Potter, 2012; VARCESPLAG, 2025).

III. Materiales y métodos.

3. Área de estudio.

La investigación se desarrolló en el Campo de Golf Varadero (VGC) (Figura 1), ubicado en la península de Hicacos, provincia de Matanzas, Cuba, en las coordenadas geográficas 23°04'N y 81°17'O. El área presenta un suelo Arenoso Poco Desarrollado, con pH alcalino (rango de 8,1 a 8,26) y alto contenido de materia orgánica (20,81 %) (Hernández *et al.*, 2019). El clima es tropical húmedo, con temperaturas medias anuales de 24,5 °C y una humedad relativa superior al 75 %.



Figura 1. Imagen satelital del Varadero Golf Club.

El campo posee 18 hoyos que presentan áreas diferenciadas de juego: *tee*, *green*, *fairway*, *rough*, trampas de arena y zonas de reemplazo de césped (*Chip Green*) (Figura 2). La variedad de pasto predominante es el híbrido Bermuda 328 (*C. dactylon* × *C. transvaalensis*), ampliamente utilizado en campos de golf de regiones tropicales por su resistencia al pisoteo y su capacidad de recuperación (Potter, 1998).

Martínez y Medina (1989) informaron como plagas insectiles en el césped a *Blissus leucopterus* (Say,1832), *Antonina graminis* (Maskell,1897), *A. insularis* y *Anurogryllus abortivus* (Rehn y Hebard,1916).



Figura 2. Mapa de las áreas de juego del Varadero Golf Club (Palmares, 2023

3.1. Condiciones meteorológicas durante el período de estudio.

(noviembre 2025 – abril 2026)

El estudio se realizó entre noviembre de 2025 y abril de 2026 en el VGC. Durante este período se registraron las variables meteorológicas a partir de los boletines decenales del Centro Meteorológico Provincial de Matanzas (CMPM) y se compararon con las normales históricas (1991-2020) de la estación de Varadero.

La temperatura media mensual durante el período de estudio osciló entre 22,5 °C (enero de 2026) y 25,2 °C (noviembre de 2025) como se muestra en la Tabla 1. El mes más cálido resultó noviembre con 25,2 °C, mientras que enero constituyó el mes más frío con 22,5 °C (CMPM, 2025a, 2026a). Los valores máximos absolutos se reportaron en Jagüey Grande con 32,1 °C el día 18 de diciembre de 2025 y 32,4 °C el día 24 de enero de 2026 (CMPM, 2025b, 2026b). La temperatura mínima más baja del período (7,6 °C) se registró en Indio Hatuey el día 29 de enero de 2026 (CMPM, 2026b).

Tabla 1. Temperatura media mensual y precipitación total durante el período de estudio (noviembre 2025 – abril 2026) en el VGC.

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación total (mm)	Fuente
Noviembre 2025	25,2	58,2	CMPM, 2025a

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación total (mm)	Fuente
Diciembre 2025	23,7	29,1	CMPM, 2025b
Enero 2026	22,5	18,3	CMPM, 2026a
Febrero 2026	22,8	30,5	CMPM, 2026c
Marzo 2026	23,9	37,7	CMPM, 2026d
Abril 2026	25,0	44,2	CMPM, 2026d

Las precipitaciones acumuladas mensuales mostraron un marcado comportamiento estacional, con el mínimo absoluto en enero de 2026 (18,3 mm) y un incremento progresivo hacia abril de 2026 (44,2 mm). Durante la segunda década de diciembre de 2025, el acumulado de lluvias se ubicó por debajo de la norma histórica en Jovellanos (5,4 mm), Jagüey Grande (4,0 mm) e Indio Hatuey (5,6 mm), mientras que Colón reportó 11,2 mm (CMPM, 2025b). En la tercera década de enero de 2026, todas las estaciones presentaron precipitaciones inferiores a la norma, con un acumulado máximo de 8,3 mm en Colón (CMPM, 2026b).

La provincia de Matanzas evidenció durante la segunda década de enero de 2026 un 62 % de permanencia de sequía, un 20 % de inicio de sequía y un 10 % de período seco moderado (CMPM, 2026b). Las condiciones de humedecimiento de la vegetación resultaron poco favorables, con un 75 % de la provincia clasificada como “muy seco”. El peligro de incendios en la vegetación alcanzó una categoría extrema en el 45 % de la provincia (CMPM, 2026b). Las costas caribeñas son particularmente vulnerables a la invasión de *S. geminata* (Ramírez-Escobar y Valenzuela, 2020).

Los valores de humedad relativa media se comportaron por encima de la norma en Indio Hatuey (86 %) y Jagüey Grande (78 %) durante diciembre de 2025, y similares

en enero de 2026 (CMPM, 2025b, 2026b). La dirección predominante del viento fue del noreste (NE) en Jagüey Grande e Indio Hatuey, del este en Jovellanos y del ENE (este-noreste) en Colón. La velocidad máxima del viento alcanzó 20,4 km/h en Colón el día 17 de diciembre de 2025, y 18,5 km/h en Jovellanos el día 27 de enero de 2026 (CMPM, 2025b, 2026b).

Las condiciones edafoclimáticas prevalecientes durante el período de estudio (temperaturas cálidas sostenidas con medias de 22,5-25,2 °C, precipitaciones por debajo de la norma, humedad relativa alta y vientos predominantes del noreste) resultaron favorables para la actividad de forrajeo y la construcción de montículos por parte de *S. geminata*, *A. insularis* y *Acromyrmex octospinosus* (Reich,1793).

La estación seca (diciembre-enero) constituyó el período de menor precipitación y temperatura más baja, lo que se asoció con una disminución de la actividad superficial de las hormigas cortadoras de hojas. Por el contrario, el incremento de la temperatura y las lluvias a partir de marzo reactivó la formación de montículos y la diseminación de pseudocóccidos sobre el césped Bermuda 328 (*C. dactylon* × *C. transvaalensis*). Estos resultados coinciden con lo señalado por Herrera y Valenciaga (2011), quienes documentaron que las hormigas de la tribu Attini intensifican su herbivoría en períodos de transición hacia la estación húmeda.

3.1.1 Inventario de las especies de hormigas (*Hymenoptera*: Formicidae) presentes en las diferentes áreas de juego del Varadero Golf Club.

Se empleó la captura manual y trampas atrayentes con aceite de atún, con un componente descriptivo y exploratorio. El estudio abarcó el período comprendido entre noviembre de 2025 y abril de 2026, con muestreos quincenales. Se seleccionaron aleatoriamente los hoyos 7, 8, 10 y 17, así como el área de *Chip Green*, debido a que presentaban antecedentes de infestación por hormigas según registros previos (Fraguela *et al.*, 2025).

En cada hoyo y área seleccionada se establecieron tres estaciones de muestreo fijas de 1 m² sobre la superficie del césped, lo que sumó un total de 15 estaciones de muestreo. Cada estación fue georreferenciada para su seguimiento espacial y temporal.

3.2. Métodos de campo.

3.2.1 Detección aérea y georreferenciación de hormigueros con dron y QGIS.

Para la localización y el mapeo de los hormigueros activos, se realizó un levantamiento aerofotogramétrico mediante un dron modelo DJI Mavic 2 Pro con cámara acoplada (20 megapíxeles, sensor complementario de óxido metálico complementario, en sus siglas en inglés CMOS, de 1 pulgada) (Figura 3).



Figura 3. Muestreo por Despliegue del dron DJI Mavic 2 Pro.

Los vuelos se efectuaron a una altitud de 50 m sobre el nivel del césped, con un solapamiento frontal y lateral del 80 % para garantizar la cobertura total de las áreas de juego. Las operaciones del dron fueron ejecutadas por especialistas de la Empresa GeoCuba S.A., de acuerdo con las Normas Técnicas para medición de datos establecidas en el Contrato de Prestación de Servicios No. 070205524.

Las ortofotos obtenidas (resolución espacial de 2,5 cm por píxel) se procesaron en el software QGIS (Quantum Geographic Information System, sistema de información geográfica de código abierto) versión 3.28 (LTR), ampliamente utilizado para el análisis espacial en estudios ecológicos (QGIS Development Team, 2022). El procedimiento incluyó los siguientes pasos:

- Georreferenciación de las ortofotos mediante puntos de control terrestre tomados con un GPS (sistema de posicionamiento global) diferencial de precisión submétrica.
- Digitalización manual de cada montículo de arena visible en la superficie del césped, con la creación de una capa vectorial de tipo polígono.

- Asignación de atributos a cada montículo: hoyo correspondiente, área de juego (*green*, *tee*, *fairway*), especie de hormiga responsable (cuando se identificó *in situ*) y número aproximado de individuos observados.
- Generación de mapas de densidad de nidos mediante la herramienta *Heatmap* (estimación de densidad por núcleo, *Kernel Density Estimation*) de QGIS, para visualizar las zonas con mayor concentración de colonias activas.
- Superposición de capas para correlacionar la distribución de los hormigueros con las áreas de juego, las fuentes de agua (lagos) y la vegetación adyacente.

Esta metodología permitió georreferenciar con precisión cada colonia en función de su ubicación respecto a los hoyos, lo que facilitó el análisis espacial de la infestación y el monitoreo temporal de los cambios en la distribución de las poblaciones (Marrero-Artabe *et al.*, 2025).

3.2.2 Captura y recolección de especímenes.

Se emplearon dos métodos complementarios de captura para maximizar la representatividad del muestreo (Figura 4). El primer método consistió en la captura manual directa: con pinzas entomológicas se recolectaron las hormigas visibles en la superficie del césped, tanto dentro como alrededor de los montículos de arena, durante intervalos de 15 minutos por estación de muestreo.

El segundo método utilizó trampas con atrayente alimenticio (cebos de atún). Se colocaron recipientes plásticos circulares (6 cm de diámetro y 2 cm de altura) que contenían 1 ml de aceite de atún como cebo. Las trampas se instalaron en horas tempranas de la mañana, entre las 06:30 y las 07:30, y se retiraron después de 60 minutos; en ese momento se procedió al recuento e identificación de los ejemplares capturados (Hacala *et al.*, 2021).



a) **b)**

Figura 4. Muestreo de formícidos a) Captura manual, b) trampas atrayentes con aceite de atún.

El 22 de abril de 2026 se replicaron muestreos de la mirmecofauna con un cortador de hoyos, previo riego del césped (Figura 5). Los especímenes recolectados en ambos métodos se preservaron en viales con alcohol al 70 %. Las muestras se codificaron y se etiquetaron debidamente con la fecha, el hoyo, el área de juego y el método de captura.



a) **b)**

Figura 5. a) cortador de hoyos y b) riego previo por aspersión.

3.3 Determinación de especies invasoras y su frecuencia de aparición.

3.3.1 Procesamiento e identificación taxonómica de la mirmecofauna.

En el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Matanzas, cada ejemplar se examinó bajo un estereomicroscopio Novel calibrado según las normas ISO 9001. Ademas se describió el aparato del veneno y los aguijones con un fotomicroscopio portátil Android Macsus (marca Jiusion) con lente de 40-1000×, 8 lámparas LED (diodos emisores de luz) y software Amcap (Figura 6).



Figura 6. fotomicroscopio portátil Android Macsus.

La identificación taxonómica se realizó con base en las claves dicotómicas especializadas para hormigas de Cuba (Portuondo *y* Matos, 2022).

Se consideraron los criterios de Della (2013) y Fontenla (2011). Se estudiaron los siguientes caracteres morfológicos: quetotaxia (disposición y tipo de las setas), estructura y dentición de las mandíbulas, número de dientes masticatorios, presencia y morfología del aguijón, fórmula antenal (número de segmentos y presencia de maza), escultura del integumento (superficie lisa, rugosa, reticulada o punteada), coloración general y pilosidad.

3.3.2 Cálculo de la frecuencia de aparición de especies.

La frecuencia de aparición (Fr) de cada especie se determinó según Moreno (2001) mediante la fórmula:

$$Fr = \frac{n}{N} \times 100$$

donde:

n = número de muestreos en que se registró la especie

N = número total de muestreos realizados

Con base en el valor obtenido, se asignó una categoría de frecuencia: Poco Frecuente (Fr < 10 %), Frecuente (10 % ≤ Fr ≤ 29 %) y Muy Frecuente (Fr ≥ 30 %), según la escala propuesta por Valenciaga *et al.* (2024) para estudios de entomofauna en ecosistemas antropizados.

3.3.3 Disección y medición del aparato del veneno.

Para las especies de mayor frecuencia de aparición, *S. geminata* y *W. auropunctata*, se procedió a la disección del aparato del veneno bajo el estereomicroscopio. La extracción del aguijón y del bulbo de veneno se realizó con alfileres entomológicos de punta fina. Las estructuras disectadas se tiñeron con azul de metileno al 2 % para mejorar el contraste y se midieron con una lente ocular milimetrada (Yang *et al.*, 2007). Los especímenes de referencia quedaron depositados en la Colección Entomológica de la Universidad de Matanzas.

3.4. Evaluación de daños en el césped 'Bermuda 328' por ataque de formícidos: dimensiones ambientales, agrícolas, económicas y para la salud humana.

3.4.1 Impactos ambientales.

Se determinó la riqueza de especies (número total de taxones capturados) y la frecuencia de aparición de cada taxón, de acuerdo con los criterios de Magurran (2004) para la caracterización de comunidades ecológicas. Además, se evaluó la mirmecocoria, la capacidad de las hormigas para diseminar semillas de plantas arvenses, y para transportar o proteger hemípteros plagas (pseudocóccidos y pulgones), según lo descrito por Buckley (1987) y Way (1963).

3.4.2 Impactos agronómicos sobre el césped.

Se evaluó la riqueza de especies de hormigas asociadas a cada área de juego, con inclusión de la identificación de taxones invasores conforme a Fontenla Rizo *y* Matienzo (2011). Se describió la arquitectura de los montículos de arena (altura en centímetros, diámetro de la base, densidad por metro cuadrado) y se evaluaron los montículos activos por metro cuadrado en cada estación de muestreo.

3.4.3 Impacto sobre la velocidad del *green* (jugabilidad).

Para cuantificar el efecto de los montículos de hormigas sobre la calidad del juego, se implementó un procedimiento de inspección directa *in situ* de acuerdo con los principios de evaluación de superficies de juego establecidos para *greens* de arena (Maier *y* Potter, 2005). En cada hoyo se seleccionaron dos condiciones contrastantes del *putting green* (superficie de juego del *green*):

- Área de césped sano: superficie uniforme, libre de alteraciones, con follaje denso y coloración homogénea.
- Área de césped dañado: presencia de múltiples montículos de arena activos, predominantemente de *S. geminata*.

Se utilizó un Stimpmetro (en inglés *Stimpmeter*) conforme a las regulaciones de la USGA (Figura 7). Para cada condición se realizaron tres lanzamientos de la bola en direcciones opuestas (hacia arriba y hacia abajo de la pendiente), y se registró la distancia recorrida en centímetros.



Figura 7. Herramienta de medición (Stimpmetro).

El promedio de estas seis mediciones (tres en cada dirección) se utilizó como indicador de la velocidad del *green*. Adicionalmente, se evaluó cualitativamente el daño a las máquinas podadoras provocado por la abrasión de los montículos de arena.

3.4.4 Impactos en la salud humana: lesiones dermatológicas.

Para la dimensión de salud humana, se caracterizó la morfología del aparato del veneno y del aguijón de las especies más frecuentes (*S. geminata* y *W. auropunctata*), según lo descrito en el apartado 3 (disección y medición del aparato del veneno). Las lesiones dermatológicas por picaduras se documentaron en trabajadores fitotecnistas y jugadores de golf que otorgaron su consentimiento informado. Se empleó un fotomicroscopio portátil Android Macsus (marca Jiusion) con lente de 40-1000×, 8 lámparas LED y software Amcap, de acuerdo con la metodología propuesta por Piña *et al.* (2022) y Giuseppe (2016). Las imágenes se tomaron a 1, 6 y 12 horas posteriores a la picadura, y se registró la evolución de eritemas, edema, vesículas y otras manifestaciones clínicas.

3.5. Análisis estadístico de los datos.

Los análisis de biodiversidad se realizaron con métodos paramétricos y no paramétricos (Gotelli y Ellison, 2023).

Los datos obtenidos (abundancia de hormigas, dimensiones del aguijón, densidades de montículos, distancias recorridas por la bola) se procesaron con el paquete estadístico Statgraphics Centurion 15.0. Se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene.

Para la comparación de medias entre dos condiciones (área sana versus área dañada; longitud del aguijón entre especies) se empleó la prueba t de Student para muestras independientes, con un nivel de significación de $p < 0,05$. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar ($X \pm DS$).

4. Resultados y discusión.

4.1. Riqueza específica y composición de la mirmecofauna.

El inventario entomológico realizado en el Varadero Golf Club (VGC) arrojó una riqueza de 13 especies de formícidos, distribuidas en cuatro subfamilias (Tabla 2). Diez especies constituyen nuevos registros para el ecosistema, al diferir de lo reportado por Martínez (2004) que solo encontró *Solenopsis*, *Brachymyrmex* y Dorymyrmex. La subfamilia Myrmicinae resultó la mejor representada (siete especies), seguida de Formicinae (tres). Dolichoderinae y Ponerinae aportaron una especie cada una.

Tabla 2. Especies de formícidos capturadas en el VGC (Varadero Golf Club), con frecuencia de aparición (%) y áreas infestadas.

Subfamilia	Especie	Frecuencia (%)	Áreas infestadas
Myrmicinae	*S. geminata*	100	Chip Green, hoyos 2, 7, 8, 10, 17
	Solenopsis sp.	50	Chip Green, hoyos, 7, 8, 9, 10 ,17
	A. insularis	34	Hoyo 10
	A. octospinosus	34	Hoyo 10
	W. auropunctata	50	Chip Green
	Pheidole sp.	17	Hoyo 2
	Tetramorium sp.	9	Hoyo 3
Formicinae	*N. fulva*	25	Hoyo 8
	Brachymyrmex sp.	17	Hoyo 14
	Plagiolepis sp.	9	Hoyo 13

Subfamilia	Especie	Frecuencia (%)	Áreas infestadas
	Camponotus sp.	9	Hoyos 1, 2, 10
Dolichoderinae	*Dorymyrmex pyramicus* (Roger,1863)	17	Chip Green
Ponerinae	*Odontomachus insularis* Guérin-Méneville,1844	25	Hoyo 10

La riqueza de 13 especies hallada supera los inventarios previos realizados en el mismo ecosistema (cuatro especies en 2004 según Martínez, 2004). Esta discrepancia se atribuye a la mayor intensidad de muestreo, al empleo de atrayentes alimenticios (aceite de atún) y a la inclusión de áreas no prospectadas anteriormente (p. ej., *Chip Green*). La combinación de métodos de captura (manual y con cebos) aumenta la eficiencia de recolecta y reduce el sesgo hacia gremios tróficos específicos (Hacala *et al.*, 2021).

Este patrón de dominancia de Myrmicinae coincide con lo reportado para ecosistemas perturbados de Cuba (Fontenla *y* Alfonso, 2018) y se explica por la alta plasticidad alimenticia y la capacidad de formar colonias numerosas en este grupo (Hölldobler y Wilson, 1990).

De acuerdo con la escala de Valenciaga *et al.* (2024), se clasificaron como muy frecuentes (Fr ≥ 30 %) a *S. geminata*, *Solenopsis* sp. y *W. auropunctata*; como frecuentes (10-29 %) a *A. insularis, A. octospinosus, N. fulva, O. insularis, Pheidole* sp*., Brachymyrmex* sp. y *D. pyramicus.*

Resultaron poco frecuentes (Fr < 10 %) *Tetramorium* sp., *Plagiolepis* sp. y *Camponotus* sp.

La alta abundancia de *S. geminata* (hasta 85 obreras por estación de muestreo) confirma su carácter dominante en el césped del VGC.

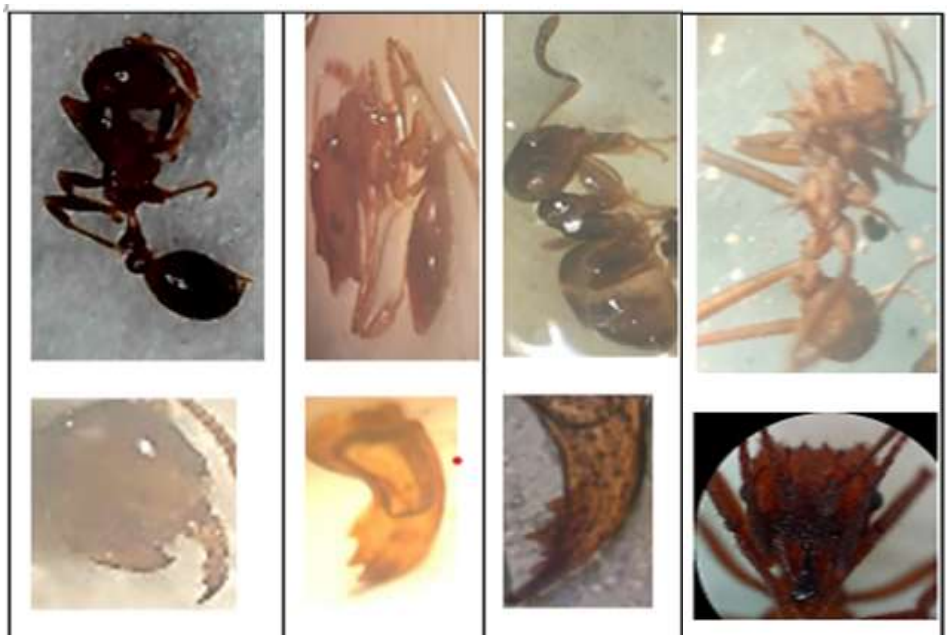
La baja frecuencia de *O. insularis* sugiere una población reducida, posiblemente restringida a áreas con mayor cobertura vegetal. De igual modo, los

géneros *Pheidole*, *Tetramorium*, *Brachymyrmex*, *Plagiolepis* y *Camponotus* constit uyen primeros reportes para el VGC. El hallazgo de *D. pyramicus* en el *Chip Green* confirma la presencia de esta especie termófila, frecuente en ambientes abiertos y soleados (Cuezzo *y* Guerrero, 2012).

Estudios en otros campos de golf tropicales han documentado que Solenopsis spp. dominan las comunidades de hormigas del césped debido a la textura arenosa del suelo, el alto contenido de materia orgánica y la humedad constante derivada del riego diario (Held *y* Potter, 2012; Brandenburg *y* Baker, 1994). La dieta omnívora de esta especie, que incluye insectos, semillas y sustancias dulces, favorece su establecimiento en ecosistemas antropizados (Niemczyk *y* Shetlar, 2007).

4.1.1. Especies invasoras y su significación ecológica.

De las 13 especies capturadas, 4 se consideran hormigas invasoras a nivel global: *S. geminata*, *W. auropunctata*, *N. fulva* y *A. octospinosus* (Figura 8).



a) **b)** **c)** **d)**

Figura 8. Especies invasoras y sus mandíbulas: a) *Solenopsis geminata* Fabricius; b) *Wasmannia auropunctata* Roger*; c) Nylanderia fulva* Mayr; d) *Acromyrmex octospinosus* Reich.

W. auropunctata está incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas de la UICN (Lowe *et al*., 2004), mientras que *S. geminata* y *N. fulva* también se reconocen como vagabundas invasoras de amplia dispersión en Cuba (Portuondo y Matos, 2022; Fontenla y Alfonso, 2018).

A. octospinosus, por su parte, constituye una plaga agrícola y forestal de primera magnitud en el Neotrópico, con impactos económicos documentados que alcanzan varios millones de dólares anuales (CABI, 2022).

Los atributos que facilitan el éxito invasor de estos taxones incluyen la poliginia (múltiples reinas por colonia), la estructura unicolonial (ausencia de agresividad entre nidos distantes), la reproducción por fisión (sin vuelos nupciales) y una marcada agresividad interespecífica (Holway *et al*., 2002).

Della (2003) señala que estas hormigas vagabundas-invasoras se dispersan por el comercio internacional, son omnívoras, atienden hemípteros, despliegan una marcada agresividad interespecífica y manifiestan afinidad por ambientes urbanos. Sus nidos pueden ser transitorios o permanentes, con una acusada tendencia a migrar e implantar la colonia en un nuevo lugar cuando los nidos son perturbados (Della, 2003).

La presencia simultánea de cuatro especies invasoras en el VGC representa una amenaza significativa para la biodiversidad local. Estas especies tienden a formar supercolonias que desplazan a la mirmecofauna nativa y reducen la diversidad de artrópodos en los ecosistemas que colonizan (Sarty *et al*., 2007). Un análisis global reciente cuantificó los costos económicos acumulados de las hormigas invasoras en más de 51 000 millones de dólares entre 1930 y 2021, con impactos en la agricultura, la salud pública y el turismo (Angulo *et al*., 2022).

En el VGC, la dominancia numérica de *S. geminata* sobre el resto de la mirmecofauna se explica por su capacidad para explotar los recursos alimenticios del césped, entre los que se incluye el mutualismo con pseudocóccidos, y por la ausencia de enemigos naturales específicos.

Sankovitz *et al*. (2024) destacan que las especies invasoras del género *Solenopsis* son particularmente difíciles de controlar una vez establecidas,

debido a su alta tasa reproductiva y a la protección que brindan a hemípteros plaga. Por lo tanto, la detección temprana y el manejo integrado dirigido a estas cuatro especies constituyen prioridades fitosanitarias en el VGC.

La hormiga tropical de fuego *S. geminata* es una de las especies invasoras más dañinas a nivel mundial. Causa una disminución en la producción agrícola, daña infraestructuras y afecta la salud humana (Wensheng *et al*., 2021).

Estudios genéticos recientes han demostrado que las poblaciones introducidas de *S. geminata* han pasado por un fuerte cuello de botella genético, lo que explica su baja diversidad genética en las áreas invadidas (Wetterer y Porter, 2022). Los estudios genéticos confirman que las poblaciones invasoras de *S. geminata* han sufrido cuellos de botella (Wetterer y Porter, 2022).

Esta especie prefiere anidar en campos abiertos o claros soleados, evitando la sombra de bosques profundos, condición que en el VGC se cumple ampliamente en las áreas de *green*, *tee* y *fairway* (AntWiki, 2024). En el VGC, *S. geminata* resultó la especie con mayor frecuencia de aparición (100 %), presente en todas las áreas de juego y en cada uno de los 12 muestreos realizados, lo que confirma su carácter dominante y su elevada capacidad de colonización.

W. auropunctata conocida como “hormiga pequeña de fuego” o “santanilla”, está considerada una de las peores especies invasoras del planeta (UICN, 2023). Sus impactos ecológicos son devastadores: en las islas Galápagos y en ecosistemas de América Central reduce la abundancia de insectos nativos hasta en un 90 % (Le Breton *et al*., 2023). En Cuba, esta especie ha sido detectada invadiendo bromelias de tanque en el Parque Nacional Guanahacabibes, lo que evidencia su capacidad para colonizar áreas naturales protegidas (Méndez *et al*., 2018).

Los peligros de *W. auropunctata* no son meramente teóricos. En 2024 se detectó la primera población europea establecida al aire libre de esta hormiga en el sureste de Francia, en una zona de aproximadamente una hectárea (Blight *et al*., 2024). Dado que los primeros casos de picaduras se remontaban a 2019, se estima que la introducción ocurrió al menos cinco años antes de su detección, lo que demuestra la facilidad con que esta especie puede pasar desapercibida y establecerse. Aunque

la invasión es aún reciente, ya se observan impactos negativos en la abundancia y riqueza de las hormigas nativas, y se está preparando un plan de erradicación para hacer frente a este grave problema ambiental y económico (Blight *et al*., 2024).

La “hormiga loca colorada” o *N. fulva* es una especie invasora originaria de Sudamérica que ha causado estragos en el sur de Estados Unidos, particularmente en Texas y Florida. Forma supercolonias de alta densidad que desplazan a la fauna nativa y pueden llegar a dañar equipos eléctricos al invadir interruptores y sistemas de climatización (Travish *et al*., 2022).

Estudios recientes han identificado un patógeno microsporidiano (*Myrmecomorba nylanderiae* Plowes, Murdock y Gilbert,2022) que causa el colapso poblacional de *N. fulva*, lo que abre nuevas perspectivas para el control biológico de esta plaga (Plowes *et al*., 2022). En Cuba, *N. fulva* se encuentra ampliamente distribuida y se considera una especie vagabunda-invasora de reciente atención (Fontenla y Alfonso, 2018). En el VGC, su frecuencia de aparición fue del 25 % (3/12 muestreos), lo que indica poblaciones activas, pero aún no dominantes.

La bibijagua *A. octospinosus* es una hormiga cortadora de hojas que causa graves daños a cultivos, pastizales y plantaciones forestales debido a su actividad de forrajeo para el cultivo de su hongo simbionte (CABI, 2022). Se estima que las pérdidas económicas asociadas a esta especie ascienden a varios millones de dólares anuales en las regiones donde se ha establecido (CABI, 2022). En el VGC, *A. octospinosus* se localizó exclusivamente en el hoyo 10, en áreas de transición hacia el *rough* y bordes de vegetación herbácea, con una frecuencia de aparición del 34 %.

Aunque su presencia fue limitada, la actividad de forrajeo observada, con abundantes hormigas cargadas de material vegetal y la formación de largos cordones o “trillos” sobre el césped, provocó daños estéticos significativos en el *green*, que en 2025 requirieron el levantamiento total del césped para su reposición. La subespecie *Acromyrmex octospinosus cubanus* Wheeler, 1937 es endémica de Cuba y presenta obreras mayores con una coloración negro opaco y un brillo azulado característico (Wheeler, 1937; Portuondo y Matos, 2022).

4.1.2. Abundancia y distribución espacial de las especies dominantes.

Los resultados de campo evidenciaron una marcada dominancia de *S. geminata*, la especie estuvo presente en todos los hoyos de juego (Figura 9) con una frecuencia de aparición del 100 %., lo que demostró su carácter invasor,



Figura 9 Distribución espacial de la hormiga S. geminata.

En el área de *Chip Green* donde se capacitan a los jugadores se capturaron 85 obreras de *S. geminata*. Se contabilizaron más de 50 individuos de esta misma especie en los hoyos 2, 7, 8, 15, 17.

La alta abundancia de *S. geminata* en los hoyos, así como en el *Chip Green*, confirma el carácter invasor y adaptativo de esta especie.

En el hoyo 10 se recolectaron tres individuos de *O. insularis*, tres de *S. geminata*, además de otros artrópodos acompañantes: un elatérido (Coleoptera: Elateridae), un carábido negro (Coleoptera: Carabidae) y un ejemplar del género *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae).

La hormiga loca (*N. fulva*) se ha convertido en una invasora de gran éxito en el sureste de Estados Unidos y Texas, donde puede alcanzar densidades extremadamente altas y sobrepasar los paisajes agrícolas, naturales y urbanos (UC IPM, 2023).

Estudios ecológicos han demostrado que esta especie desplaza a las hormigas de fuego rojas y otras especies nativas, reduce y homogeneiza los ensamblajes de artrópodos, y disminuye la biodiversidad de invertebrados y vertebrados, provocando efectos en cascada en el ecosistema (LeBrun *et al.*, 2023). Un análisis sistemático reciente confirma que *N. fulva* es una de las cuatro hormigas vagabundas sudamericanas que causan graves daños ecológicos, económicos y sanitarios a nivel mundial (López-Núñez *y* Campos, 2023).

En el hoyo 10 se contabilizaron cuatro individuos de *A. insularis* y cuatro de *A. octospinosus* en las cercanías del *green*, específicamente en áreas de transición hacia el *rough* y bordes de vegetación herbácea. La baja frecuencia de estas especies (34 %) sugiere poblaciones localizadas, probablemente asociadas a parches de vegetación natural adyacente, ya que ambas son hormigas cortadoras de hojas que requieren material vegetal fresco para el cultivo de sus hongos simbiontes (Fernández, 2003). El cultivo de hongos por hormigas Attini es un ejemplo de evolución de mutualismo (Rabeling y Cronin, 2021).

Este comportamiento ha sido documentado en otros campos de golf de regiones tropicales y subtropicales, donde *Solenopsis* spp. dominan las comunidades de hormigas del césped (Brandenburg *y* Baker, 1994, Held *y* Potter, 2012;).

Su predominio puede explicarse por varios factores: la textura arenosa del suelo, que facilita la construcción de sus característicos montículos; el alto contenido de materia orgánica; y la humedad constante derivada del riego diario con aguas residuales de los hoteles que contiene abundantes coliformes y bacterias fecales. *S. geminata* forma colonias subterráneas con múltiples reinas (poliginia) que pueden albergar miles de individuos. Su dieta omnívora incluye insectos, semillas y sustancias dulces, lo que favorece su establecimiento en ecosistemas antropizados (Niemczyk *y* Shetlar, 2007).

4.1.3. Nuevos registros para el ecosistema y su significado ecológico.

Es de significar la captura de *O. insularis* en el hoyo 10 resulta también novedosa para el VGC (Figura 10 a), pues esta especie no figuraba en listados anteriores (Martinez, 2004). Se trata de un ponerino depredador epigeo, caracterizado por mandíbulas en forma de hoz que le permiten capturar presas de movimiento rápido (Portuondo *y* Matos, 2022). Además, el hallazgo de hormigas cortadoras de hojas como *A.insularis*, con robustas mandíbulas (Figura 10 b).



a) **b)**

Figura 10. Hormigas asociadas al Campo de Golf Varadero: *a) Odontomachus insularis Guérin-Méneville b) Atta insularis* Guérin-Méneville

Resulto de interés el hallazgo de marcado polimorfismo especialmente en los géneros *Solenopsis*, *Atta* y *Acromyrmex.* En el Varadero Golf Club (VGC), el alto polimorfismo se constató en las especies *S. geminata*, *N. fulva*, *A. insularis* y *A. octospinosus* (Figura 11)



Figura 11. Polimorfismo y variación en tamaño corporal en indivíduos de *A. insularis* (obreras mayores y menores).

Las obreras menores de *S. geminata* y *N. fulva* presentaron un tamaño reducido (2,0-2,5 mm y 1,8-2,2 mm, respectivamente), mientras que las obreras mayores y soldados de *S. geminata* alcanzaron hasta 6,0 mm

En *A. insularis*, el polimorfismo resultó extremo: las obreras menores midieron 4-6 mm, las medias 8-12 mm, las mayores 15-20 mm y los soldados (con cabezas desproporcionadamente grandes) superaron los 20 mm. Por el contrario, los soldados de *A. insularis* llamaron la atención por su gran cabeza y sus potentes mandíbulas, utilizadas para defender la colonia y triturar material vegetal (Hölldobler y Wilson, 1990). *A. octospinosus* mostró un rango de talla de 5-10 mm, con las obreras forrajeras de tamaño medio (7-8 mm) (Tabla 3)

Tabla 3. castas polimórficas de hormigas invasoras: tallas corporales en el VGC

Especie	Obrera menor (mm)	Obrera media (mm)	Obrera mayor (mm)	Soldado (mm)
S. geminata	2,0 – 3,0	3,0 – 4,0	4,0 – 6,0	—
N. fulva	1,8 – 2,2	2,2 – 2,5	—	—
A. insularis	4 – 6	8 – 12	15 – 20	> 20
A. octospinosus	4,3 – 4,5	5 – 7	7 – 8	—

Especie	Obrera menor (mm)	Obrera media (mm)	Obrera mayor (mm)	Soldado (mm)
W. auropunctata	1,2 – 1,6	—	—	—

El polimorfismo constituye una de las características más notables de la familia Formicidae, especialmente en los géneros *Solenopsis*, *Atta* y *Acromyrmex* (Alayo, 1974; Fernández, 2003).

El fenómeno se manifiesta en la existencia de distintas castas dentro de una misma colonia, obreras menores, medias, mayores y soldados, que difieren en tamaño corporal, morfología de la cabeza y mandíbulas, así como en las funciones que desempeñan (Hölldobler y Wilson, 1990).

Las obreras menores *A. octospinosus* son dedicadas al cuidado del hongo y de las crías (Richard y Errard, 2009; Fernández, 2003).

Las obreras menores de *S. geminata* y *N. fulva* resultaron particularmente difíciles de detectar en campo debido a su reducido tamaño (Figura 12). El hallazgo de obreras menores de *S. geminata* y *N. fulva* de tamaño reducido (1,5-1,7 mm en abril de 2026) evidencia la elevada plasticidad fenotípica de estas especies invasoras, atributo que les permite optimizar la asignación de recursos dentro de la colonia y adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Della, 2003; Nester y Drees, 2013).



Figura 12. Polimorfismo en *S. geminata*

Se describe su comportamiento críptico, que las lleva a ocultarse entre la paja (*thatch*) y la base del césped (VARCESPLAG, 2025).

El marcado polimorfismo observado en el VGC complica la identificación taxonómica de las especies, pues las obreras de diferentes castas pueden confundirse con taxones distintos si no se dispone de una clave ilustrada que incluya todas las variaciones morfológicas (Portuondo y Matos, 2022).

Este polimorfismo, junto con la poliginia y la unicolonialidad, constituye una de las razones fundamentales del éxito ecológico de estas hormigas en el ecosistema del VGC.

4.2. Evaluación del impacto del ataque de formícidos: dimensiones ambiental, agrícola, económica y para la salud humana.

4.2.1. Impactos ambientales.

4.2.1.1Relación mutualista entre *S. geminata* y hemípteros plagas

Es de subrayar la coexistencia de cuatro especies invasoras, que además incluyó adultos alados de *Solenopsis* (Figura 13) y colonias con múltiples reinas, así como intercambio de especies en un mismo nido.



Figura 13. Adulto alado de *Solenopsis*.

Además, se encontró una relación mutualista entre *S. geminata* y pseudocóccidos plagas (Hemíptera: Pseudococcidae), los cuales proceden de los jardines de los hoteles colindantes con el Varadero Golf Club (VGC), constituye el primer registro de esta asociación para el ecosistema.

Las obreras de *S. geminata* transportaron activamente hemípteros (Figura 14) sobre las hojas del césped Bermuda 328 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. con diseminación hacia áreas de alimentación no infestadas. L.



Figura 14. Relación mutualista entre *S. geminata* y hemípteros plagas

La descripción detallada del mutualismo de la plaga descrita en la (Figura 14) también subraya la utilidad del fotomicroscopio portátil como herramienta de diagnóstico de campo para detectar interacciones crípticas en ecosistemas de césped de alta exigencia turística.

Los homópteros chupadores, al alimentarse de la savia de las gramíneas, extraen nutrientes y secretan sustancias azucaradas que favorecen el desarrollo de fumagina (hongos del género *Capnodium*) sobre el follaje, lo que reduce la fotosíntesis y la calidad estética del *green* (Gullan *y* Martin, 2009). Esta interacción ecológica responde a un modelo mutualista clásico: las hormigas obtienen mielecilla como fuente de carbohidratos, mientras que los pseudocóccidos reciben protección contra enemigos naturales y dispersión hacia nuevas plantas hospedantes (Way, 1963; Styrsky *y* Eubanks, 2007).

El mutualismo detectado exacerba el daño al césped de dos maneras: por un lado, incrementa la población de pseudocóccidos al reducir su mortalidad por

depredación; por otro lado, promueve la dispersión de estos homópteros hacia áreas aún sanas, lo que amplía la superficie afectada.

4.2.1.2. Dispersión de semillas por hormigas (mirmecocoria) en el ecosistema del VGC.

La mirmecocoria constituye un mutualismo de amplia distribución en el que las hormigas transportan diásporas (semillas provistas de eleosoma) hacia sus nidos, consumen el apéndice graso y depositan la semilla intacta en los vertederos subterráneos, donde frecuentemente encuentra condiciones favorables para la germinación (Passos y Oliveira, 2002). En el VGC, este proceso quedó evidenciado al extraer una muestra de un nido activo de *S. geminata* (hormiga brava), en la que se observaron numerosas semillas ya germinadas (Figura 15).



Figura 15. Observación de plántulas en muestra de materia extruida de un hormiguero.

Este hallazgo sugiere que, además de ser una especie invasora de marcada dominancia, *S. geminata* participa en la dispersión de propágulos vegetales, contribuyendo a la propagación de arvenses herbácea y arbustiva en las áreas del VGC.

La presencia de plántulas dentro del nido indica que el microambiente del hormiguero (materia orgánica en descomposición, temperatura estable y humedad retenida) actuó como un “vivero natural”, facilitando la emergencia de las plántulas.

Este comportamiento, aunque no substituye a los dispersores especializados (Passos y Oliveira, 2002), evidencia que la *S. geminata* tiene la capacidad para influir en la dinámica de la vegetación ruderal del VGC.

La observación aporta un ejemplo concreto de cómo las hormigas invasoras pueden alterar procesos ecológicos clave en ecosistemas antropizados, abriendo interrogantes sobre su papel en la propagación de especies dentro del campo de golf.

4.2.2. Impactos agronómicos (montículos y daños al césped).

El despliegue del dron permitió detectar colonias de formícidos en los 18 hoyos y afirmar daños ocasionados por las hormigas en el césped del Varadero Golf Club (VGC) constituyen una problemática de orden agronómico que compromete la calidad estética y funcional de las superficies de juego.

Se observó gran variabilidad en la arquitectura de los montículos observados en forma de pirámides, conos, volcán (Figura 16).



a) **b)** **c)** **d)**

Figura 16. Variabilidad en la arquitectura de los montículos: a) volcán, b) cilindros, c) pirámides y d) conos.

La USGA (2022) coincide en describir abundantes nidos de *Solenopsis* en forma de pirámides, con acarreo de arena a la superficie.

4.2.2.1. Tipología y dimensiones de los montículos de *S. geminata*

Los nidos de *S. geminata* se caracterizaron por una arquitectura predominante cónica o piramidal (Figura 17).



Figura 17. Nidos de *S. geminata*.

En el VGC, las dimensiones registradas para estas estructuras alcanzaron alturas de entre 0,98 cm y 7,00 cm, con diámetros basales que llegaron hasta 87,0 cm (Tabla 4).

Tabla 4. Dimensiones de colonias de formícidos formadores de montículos de arena en el VGC.

Colonia	Forma	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen Individual (cm3)	Volumen Total (cm3)	Área Total (cm2)
1	cónica	38,20	30,20	2,68	128,82	1030,59	1153,65
2	piramidal	87,00	78,50	3,09	63,37	7034,39	6829,50
3	piramidal	6,50	4,14	3,09	27,72	27,72	26,91
4	cónica	4,50	4,50	2,90	61,47	430,26	445,10

Colonia	Forma	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen Individual (cm3)	Volumen Total (cm3)	Área Total (cm2)
5	cónica	4,50	4,50	2,10	44,51	445,10	635,86
6	piramidal	7,00	5,00	3,31	19,31	38,62	35,00
7	cónica	18,00	17,00	2,00	160,14	160,14	240,21
8	cónica	62,00	32,00	0,98	127,19	508,76	1557,43
9	piramidal	14,00	14,00	6,50	424,67	27603,30	12739,98
10	cónica	14,00	10,00	1,60	58,61	58,61	109,89
11	piramidal	20,00	20,00	4,50	600,00	6600,00	4400,00
12	piramidal	15,00	15,00	3,00	225,00	1800,00	1800,00
13	piramidal	7,50	7,50	7,00	131,25	918,75	393,75
14	piramidal	7,50	7,50	7,00	131,25	5643,75	2418,75

La morfología de estos montículos varía desde pequeñas protuberancias hasta grandes conos de hasta 2 pies (aproximadamente 61 cm) de ancho y 12 pulgadas (aproximadamente 30 cm) de altura, con múltiples orificios de entrada que pueden superar los 20 por nido. La arquitectura se asocia a una mayor termorregulación y protección de la colonia. Estas grandes estructuras están diseñadas para captar energía solar y crear microclimas favorables para el desarrollo de la cría (Penick y Tschinkel, 2008).

El montículo actúa como un colector solar, absorbe el calor de manera más rápida y eficiente que los nidos subterráneos sin montículo, lo que permite a las obreras transportar la cría hacia las zonas más cálidas en la mañana y hacia las más profundas y frescas para evitar el sobrecalentamiento al mediodía (Penick y Tschinkel, 2008).

La regulación de la temperatura se ve complementada por la apertura y cierre de las múltiples entradas del nido, un mecanismo que permite una ventilación efectiva y evita la acumulación de gases nocivos (Hubbard, 1974). En consecuencia, esta arquitectura incrementa la eficiencia metabólica de la colonia, protege a la reina y a la cría de las fluctuaciones extremas del ambiente y, en última instancia, aumenta el potencial de crecimiento y éxito ecológico de la especie.

Los valores de V.Total oscilaron entre 27,72 cm³ (colonia 3, hoyo 1) y 27 603,30 cm³ (colonia 9, hoyo 4, forma piramidal), con una mediana de 7 157 cm³ según se observa en la (Figura 18).

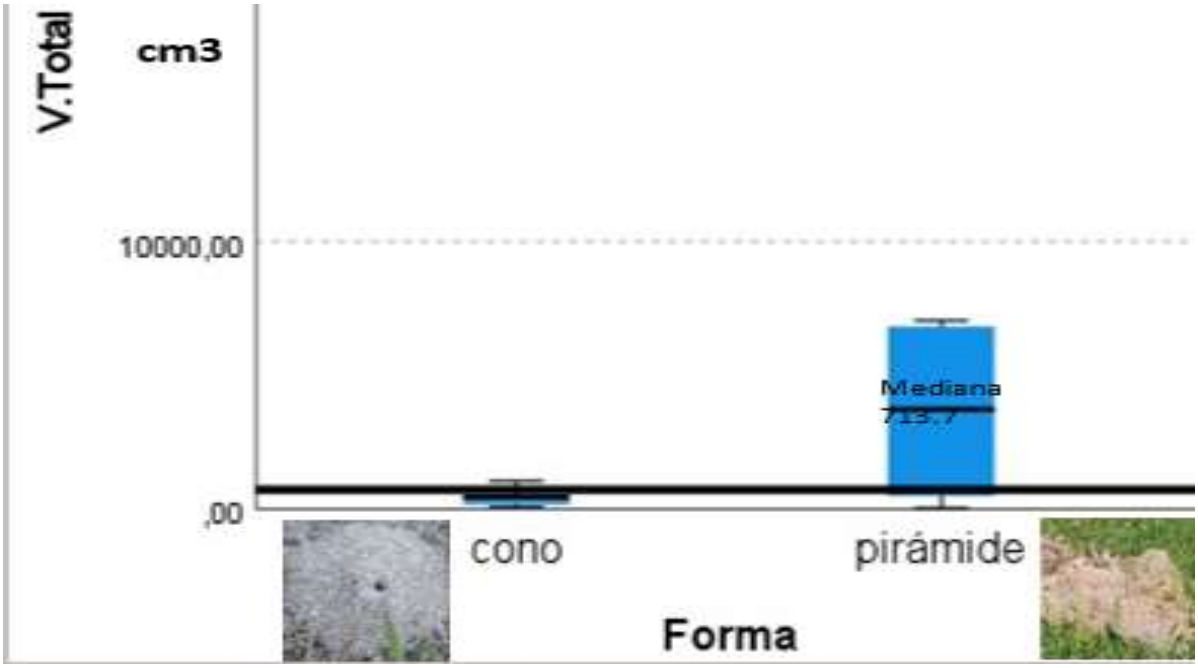


Figura 18. Gráfico de Volumen de arena total en cm^3 y forma del montículo.

Por tanto, colonias con elevado V.Total (p.ej., colonia 9 con 27 603 cm³ o colonia 11 con 6 600 cm³) albergan extensas galerías subterráneas que dañan las raíces del césped *Cynodon dactylon*, desestructuran el perfil del suelo, y dificultan la infiltración del agua de riego.

Estos volúmenes externos, que incluyen arena removida y depositada en la superficie, son proporcionales al volumen de las cavidades internas de las colonias (Moreira *et al.*, 2007).

La comparación entre formas de montículos indica que las estructuras piramidales tienden a presentar mayores volúmenes totales (colonia 2: 7 034 cm³; colonia 9: 27 603 cm³; colonia 11: 6 600 cm³) que las cónicas en la mayoría de los casos, aunque existen excepciones (colonia 1 con 1 030 cm³). Las colonias con mayor número de bocas de salida (colonia 2: 111 bocas; colonia 9: 65 bocas; colonia 14: 43 bocas) también registraron elevados volúmenes totales, lo que sugiere una correlación positiva entre la complejidad del nido (múltiples orificios) y la cantidad de suelo excavado.

En cuanto a los hoyos, la media de V.Total por área de juego muestra valores críticos en el *green* de entrenamiento (79 361 cm³), los hoyos 9 (938 cm³), 10 (50 876 cm³), 15 (142 064 cm³), 18 (180 000 cm³) y el microvivero (328 125 cm³). Estos datos evidencian que el grado de infestación en los *greens* alcanza entre el 50 % y el 100 % de la superficie afectada (Figura 19), lo que condiciona una drástica reducción de la velocidad del *green* y un incremento de los costos de mantenimiento por rastrillado y resiembra.

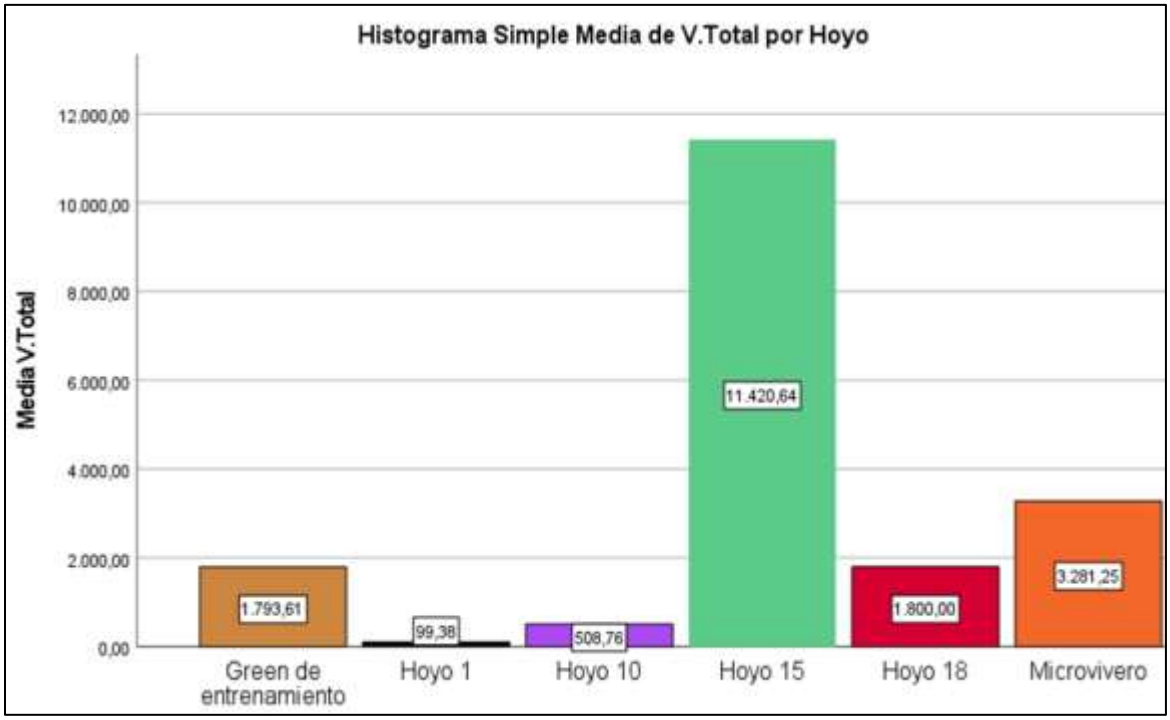


Figura 19. Gráfico de media de volumen de arena total en cm^3 y área de juego.

4.2.2.2 Daños de las hormigas cortadoras de hojas (*A. insularis* y *A. octospinosus*.

Los nidos de *A. insularis* y *A. octospinosus* presentan una arquitectura externa de menor altura que los conspicuos montículos de *Solenopsis* spp., aunque su impacto agronómico resulta igualmente severo debido a la extensa red de galerías superficiales y a la formación de “trillos” o caminos de forrajeo que pueden alcanzar gran profundidad.

En el hoyo 10 del VGC, la intensa actividad de forrajeo de ambas especies provocó un daño estético y estructural tan severo en el césped Bermuda 328 que obligó a reponer totalmente el tapete vegetal (Figura 20).



Figura 20. Levantamiento de césped en el hoyo 10.

Adicionalmente, las obreras de *A. octospinosus* utilizaron los troncos de los árboles colindantes como si fueran trillos de forrajeo (Figura 21), un comportamiento similar fue descrito por Herrera y Valenciaga (2011) que citan que los insectos optimizan la exploración, acelera el transporte de material vegetal y reduce la energía invertida en la construcción y mantenimiento de los senderos tradicionales.



Figura 21. Colonización de hormigas cortadoras de hojas en árboles y trillo de forrajeo.

Estas hormigas cortadoras de hojas se cuentan entre los herbívoros más exitosos del Neotrópico. Su capacidad de defoliación es proverbial: pueden despojar a una planta de todas sus hojas en un tiempo muy breve, con reducciones del área foliar que comprometen gravemente la fotosíntesis y debilitan el crecimiento del vegetal (Herrera y Valenciaga, 2011). Las pérdidas económicas por hormigas cortadoras de hojas alcanzan millones de dólares anuales (Zanetti et al., 2019).

A. octospinosus está clasificada entre las plagas más graves de América tropical y subtropical, con capacidad para causar pérdidas del 20 % al 30 % de la producción agrícola (Agris.FAO, 2025). En el VGC, estas actividades condicionaron en 2025 el levantamiento total del césped para su reposición, lo que evidencia un daño económico significativo.

4.2.2.3 Nidos de otras especies y efectos diferenciales sobre el césped

Las hormigas del género *Camponotus* (carpinteras) y *Pheidole* construyen nidos asociados a troncos de árboles y áreas boscosas colindantes. Estas especies son conocidas por tender y proteger hemípteros como pseudocóccidos y pulgones, lo que puede favorecer indirectamente el desarrollo de fumagina y el debilitamiento del pasto.

Pheidole spp., en particular, representa una amenaza seria para las comunidades de invertebrados locales, pues reduce o elimina insectos nativos, especialmente otras hormigas.

Por su parte, *D. pyramicus* y *Brachymyrmex* sp. forman montículos bajos y dispersos en áreas abiertas, con nidos en suelo que suelen presentarse como pequeños cráteres. Aunque de menor impacto estructural, su presencia en áreas de juego altera la uniformidad de la superficie y puede interferir con la rodadura de la bola.

4.2.3. Impacto económico: velocidad del *green.*

La determinación de la velocidad del *green* con el Stimpmetro (en inglés *Stimpmeter*) permitió detectar valores reducidos de desplazamiento de la bola en áreas infestadas (Figura 22).



a) **b)**

Figura 22. a) Medición de la velocidad del green, mediante Stimpmetro. b) Medición en césped sano.

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en la velocidad del green entre el área sana y el área dañada por montículos de hormigas (prueba t de Student, $t = 8,42$; $gl = 10$; $p < 0,001$), con disminución de 76 cm de recorrido de la bola en el césped atacado (Tabla 5). Los datos cumplieron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene, $p > 0,05$).

Tabla 5. Influencia del ataque de formícidos en la velocidad del *green*.

Tratamiento	Velocidad del *green* (cm)	Estándar internacional de calidad (cm)
Césped sano	206,0	270,0
Césped dañado	130,0	

En el césped sano se registraron 206 cm, mientras que en el césped dañado por montículos de *S. geminata* la velocidad descendió a 130 cm, muy por debajo del estándar internacional.

Este resultado implica connotación económica, ya que los torneos internacionales exigen putting green óptimos de 270 cm. Los turistas en el VGC pagan 120 USD por jugador y exigen un *green* de calidad libre de obstáculos y plagas edáficas.

La velocidad del *green* constituye el principal estándar internacional de calidad del juego de golf. Las normas de la USGA exigen un *green* con alta velocidad (valores de 230-270 cm) (USGA, 2026).

Los umbrales de daño preliminares se fijaron en ≥ 15 montículos activos por 100 m² en *green* o ≥ 25 obreras por trampa de atún, valores que superan los encontrados en el hoyo 17 y el *Chip Green*.

4.2.4. Impactos en la salud humana: lesiones dermatológicas y otras afecciones.

Se encontraron 11 especies de hormigas de importancia médica (Tabla 6), lo que coincidió con lo reportado por Marrero-Artabe *et al.* (2025).

Tabla 6. Especies de hormigas de importancia médica en el VGC.

Especie	Subfamilia
S. geminata	Myrmicinae
Solenopsis sp.	
A. insularis	

Especie	Subfamilia
A. octospinosus	
W. auropunctata	
Pheidole sp.	
Brachymyrmex sp.	Formicinae
Plagiolepis sp.	
Camponotus sp.	
D. pyramicus	Dolichoderinae
O. insularis	Ponerinae

Las disecciones del aparato del veneno revelaron que *S. geminata* y *W. auropunctata* poseen aguijones pronunciados y bulbos de veneno de gran tamaño (Figura 23), estructuras responsables de inocular toxinas alergénicas en la piel de fitotecnistas y golfistas, principalmente en las manos.

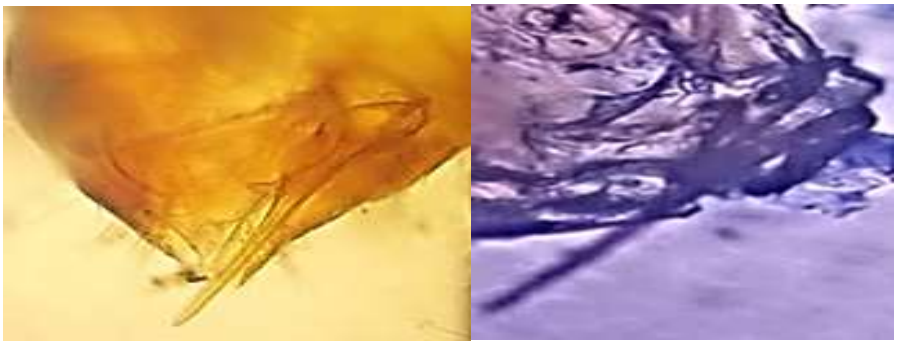


Figura 23. Aguijones pronunciados y bulbos de veneno en *Solenopsis.*

Las mediciones con lente ocular milimetrada mostraron que la longitud media del aguijón de S. geminata (0,82 ± 0,07 mm) fue significativamente mayor que la de W. auropunctata (0,41 ± 0,05 mm) ($t = 9,17$; $gl = 18$; $p < 0,001$), diferencia consistente con el mayor potencial inoculador de la primera especie. Ambas estructuras son responsables de inocular toxinas alergénicas en la piel de fitotecnistas y golfistas, principalmente en las manos.

En la subfamilia Myrmicinae, la más diversa, se observa un postpecíolo bien desarrollado y un aguijón funcional. En la subfamilia Formicinae, el aguijón está ausente y el ácido fórmico se libera a través de un acidóporo. Dolichoderinae carece de aguijón funcional y presenta un pigidio modificado, mientras que Ponerinae posee un aguijón prominente (Fernández, 2003; Portuondo *y* Matos, 2022).

Las picaduras de estas hormigas provocaron lesiones dermatológicas en *greenkeepers* y personal de mantenimiento del césped, produjeron eritemas de 2 a 3 mm de diámetro, vesículas de hasta 6 mm, edemas, enrojecimiento cutáneo, dolor intenso, sensación de quemazón y urticaria (Figura 24).



Figura 24. Lesiones dermatológicas por picaduras de hormigas.

Las lesiones dérmicas se producen por la inoculación de venenos de las hormigas, las del género *Solenopsis* contienen alcaloides piperidínicos, como las solenopsinas, y proteínas alergénicas (Sol i 1-4) que inducen reacciones inmunitarias.

Investigaciones recientes han identificado y caracterizado la proteína Sol g 2.1 de *S. geminata*, una proteína similar a las feromonas que podría contribuir a la formación de pseudopústulas estériles características de las picaduras de hormigas de fuego (Nonkhwao *et al.*, 2025).

Las picaduras de *S. geminata* pueden inducir desde reacciones locales (eritemas, vesículas) hasta anafilaxia. Se estima que entre el 0,5 % y el 2,0 % de los pacientes picados desarrollan reacciones sistémicas graves, y *S. geminata* se reporta como la principal hormiga causante de anafilaxia en regiones tropicales (Ramalho *et al.*, 2023; López *et al.*, 2024).

Las reacciones sistémicas graves, aunque poco frecuentes (0,5-2 % de los pacientes), constituyen la complicación más peligrosa y potencialmente mortal (López *et al.*, 2024). El manejo clínico de la hipersensibilidad a las hormigas incluye el uso de antihistamínicos, corticosteroides, adrenalina para las reacciones anafilácticas y, en casos seleccionados, inmunoterapia con veneno para la prevención a largo plazo (Potiwat *y* Sitcharungsi, 2015).

Otras implicaciones en la salud humana se deben, además, por especies como *Brachymyrmex* sp., *Plagiolepis* sp. y *Solenopsis* sp. actúan como vectores de patógenos bacterianos (*Pseudomonas aeruginosa* (Schoeter.1872) Migula,1900, *Bacillus* spp., *Streptococcus* spp.) causantes de enfermedades infecciosas (Newman *et al.*, 2022).

W. auropunctata se ha asociado con queratopatía y leucoma, mientras que *Pheidole* spp. se ha relacionado con alopecia en adolescentes lesionados (Veraldi *et al.*, 2008; Olivera *y* Porras, 2021). Similares daños dermatológicos fueron descritos por Marrero-Artabe *et al.* (2025) en fitotecnistas. Las picaduras de hormigas deben abordarse desde la perspectiva de Una Salud (García-Rodríguez et al., 2025).

4.3. Implicaciones para el manejo integrado de plagas y valoración económica

Los daños ocasionados por *S. geminata* y las demás especies invasoras en el VGC se tradujeron en consecuencias económicas tangibles por lo que se ofrece una estimación de su nocividad.

En el ámbito agrícola, estas hormigas no solo afectaron la estética y jugabilidad del *green*, sino también la integridad de la infraestructura de riego y la maquinaria de mantenimiento.

En los muestreos de campo se constató además daños por hormigueros en las cuchillas de las podadoras de césped marca Toro.

Por otra parte, estudios pioneros en sistemas de riego por goteo demostraron que *S. geminata* es una de las principales especies que dañan las tuberías de polietileno

al masticar nuevos orificios y agrandar los existentes en sistemas de riego en campos de caña de azúcar de Hawái (Chang y Ota, 1976).

Este comportamiento es favorecido por la presencia de humedad y dióxido de carbono dentro de las tuberías, genera fugas significativas que comprometen la eficiencia del sistema y elevan los costos de reparación y reposición (Chang y Ota, 1990).

En cuanto a la maquinaria de corte, la literatura coincide en señalar que los montículos de *Solenopsis* spp. constituyen un peligro mecánico para las podadoras de césped. Cuando las colonias se establecen en áreas de siega frecuente, como los *greens*, *tees* y *fairways*, los montículos de tierra y arena impactan directamente contra las cuchillas, lo que provoca melladuras, desgaste prematuro y pérdida del filo (Aylward, 2007; Golf Course Trades, 2025).

Este deterioro obliga a un afilado o reemplazo más frecuente de los accesorios de corte e incrementa el tiempo de inactividad de la maquinaria. Estudios realizados en Texas reportaron que los campos de golf destinaron una parte considerable de su presupuesto de mantenimiento a reparaciones de equipos dañados por las hormigas de fuego (Nester y Drees, 2013). La alta densidad de montículos de *S. geminata* en el VGC demuestra un desgaste acelerado de las cuchillas y un aumento de los costos operativos.

Según estimaciones de la *Golf Course Superintendents Association of America* GCSAA (2026). Los montículos de arena deterioran además la superficie del *green*, lo que obliga a labores diarias de riego, rastrillado y resembrado, lo que incrementa los costos de mantenimiento en aproximadamente un 15-20 %.

La reducción de la velocidad del *green* afecta la certificación del campo para torneos internacionales y, por ende, los ingresos por turismo de golf. Las picaduras generan gastos médicos por consultas dermatológicas y tratamientos antihistamínicos, así como posibles reclamaciones legales.

A partir de los datos de densidad de montículos y de la reducción de la velocidad del *green*, se estima un incremento del 18 % en los costos de mantenimiento del *green* en los hoyos 7, 8, 10 y 17. Con base en un costo operativo anual de

mantenimiento de 120 000 USD para el campo completo, el sobrecosto atribuible a *S. geminata* asciende a 21 600 USD por año. A ello se añade una pérdida de ingresos estimada por menor afluencia de torneos internacionales (no cuantificada en este estudio).

La insuficiente caracterización de la diversidad y los impactos de la mirmecofauna limita el diseño de estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) efectivas y sostenibles para este importante enclave turístico.

El presente trabajo de diploma se inserta en esta línea: aporta una caracterización integral de la mirmecofauna del VGC y sienta las bases para un programa de MIP sostenible, adaptado a las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas del principal campo de golf de Cuba.

III. CONCLUSIONES

Se identificaron 13 especies de formícidos pertenecientes a cuatro subfamilias, con dominancia de Myrmicinae (siete especies), lo que evidencia una alta diversidad previamente subestimada en el VGC.

Se detectaron cuatro especies invasoras: *S. geminata* (frecuencia 100 %), *W. auropunctata* (50 %), *N. fulva* (25 %) y *A. octospinosus* (34 %). *S. geminata* resultó la plaga dominante.

Los daños agrícolas incluyeron montículos cónicos y piramidales que redujeron la velocidad del *green* de 206 cm a 130 cm (déficit del 36,9 %), así como defoliación por hormigas cortadoras de hojas que obligó a reponer el césped en el hoyo 10.

El impacto económico estimado por sobrecostos de mantenimiento en los *greens* más afectados asciende a 21 600 USD anuales, sin cuantificar la pérdida de ingresos por torneos internacionales.

Once especies revisten importancia médica; las picaduras de *S. geminata* y *W. auropunctata* produjeron eritemas, vesículas y edemas, con riesgo de anafilaxia en poblaciones sensibles.

IV.RECOMENDACIONES

1. Monitorear periódicamente con dron las poblaciones de formícidos y georreferenciar con QGIS los hormigueros activos para dirigir las aplicaciones de insecticidas.
2. Desarrollar prácticas culturales en el césped que minimicen el ataque priorizando una altura de corte mínima en los *greens* de 1,25-1,50 cm, disminuir los montículos superficiales mediante riego, reducir la paja mediante escarificado vertical e implementar alternativas de control biológico.
3. Implementar un programa de vigilancia sanitaria para los trabajadores y *greenkeepers* expuestos a picaduras de hormigas, que incluya identificación de alergias, provisión de antihistamínicos y capacitación en primeros auxilios ante reacciones anafilácticas.
4. Establecer umbrales de daño económico formales para cada tipo de área de juego (*green*, *tee*, *fairway*) basados en la densidad de montículos activos (por ejemplo, ≥ 15 montículos/100 m² en *green*), y aplicarlos en la toma de decisiones para las aplicaciones de insecticidas.
5. Ampliar el estudio a otros campos de golf de Cuba (p.ej., Cayo Coco, La Habana) para conocer la diversidad de formícidos invasores y su distribución a nivel nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agris.FAO, 2025. *Global pest management database: Acromyrmex octospinosus*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
2. Alayo, P., 1974. *Introducción al estudio de los himenópteros de Cuba*. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.
3. Andersen, A. N., 2018. *Ant ecology and conservation in a changing world*. Oxford: Oxford University Press. 320 p.
4. Angulo, E., Hoffmann, B. D., Ballesteros-Mejia, L., Taheri, A., Balzani, P., Bang, A., Renault, D., Cordonnier, M., Bellard, C., Diagne, C., Ahmed, D. A., Watari, Y. y Courchamp, F., 2022. Economic costs of invasive alien ants worldwide. *Biological Invasions*, vol. 24, no. 7, pp. 2041-2060. DOI: 10.1007/s10530-022-02781-0.
5. Antwiki, 2024. *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804). Disponible en: https://antwiki.org/wiki/Solenopsis_geminata [Consultado: 24 de mayo de 2026].
6. Aylward, J., 2007. *Pest management on golf courses*. Bingley: Sports Turf Research Institute.
7. Bertelsmeier, C., Luque, G. M., Hoffmann, B. D. y Courchamp, F., 2018. Worldwide ant invasions under climate change. *Biodiversity and Conservation*, vol. 27, no. 1, pp. 225-242.
8. Blight, O., Confais, A., Garcia, F., Jourdan, H. y Le Breton, J., 2024. Detection and early impacts of France's first established population of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*. *Biological Invasions*, vol. 26, no. 3, pp. 627-631. DOI: 10.1007/s10530-024-03280-0.
9. Bolton, B., 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, vol. 71, pp. 1-370.
10. Brady, S. G., Fisher, B. L., Schultz, T. R. y Ward, P. S., 2016. The rise of army ants and their relatives: diversification of specialized predatory doryline ants. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 16, no. 1, 242.

11. Brandenburg, R. L. y Baker, P. B., 1994. *Turfgrass insect pests of the United States and Canada*. Raleigh: North Carolina State University.
12. Bruner, S. C., Scaramuzza, L. L. y Otero, A. R., 1975. *Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba*. 2da ed. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.
13. Buckley, R. C., 1987. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 18, pp. 111-135.
14. Buss, E. A., Whitman, B. y Dale, A. G., 2018. Managing southern chinch bug in warm-season turfgrasses. *EDIS*, vol. 2018, no. 3, ENY-325.
15. Cabi, 2022. *Acromyrmex octospinosus* (leaf-cutting ant). In: *CABI Compendium*. Wallingford: CAB International. DOI: 10.1079/cabicompendium.3005.
16. Calvo-Agudo, M., González-Cabrera, J., Picó, Y. y Tena, A., 2024. Toward sustainable management of ant-hemipteran mutualism in agricultural settings: a comparison of different approaches. *Crop Protection*, vol. 175, 106468.
17. Chacón de Ulloa, P., 2019. *Hormigas urbanas: biología, ecología y control*. Bogotá: Universidad del Valle. 280 p.
18. Chang, V. C. S. y Ota, A. K., 1976. Fire ant damage to plastic irrigation tubing. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, vol. 22, no. 2, pp. 239-241.
19. Chang, V. C. S. y Ota, A. K., 1990. Fire ant (Hymenoptera: Formicidae) attack on drip irrigation tubing. *Journal of Economic Entomology*, vol. 83, no. 3, pp. 1063-1065.
20. CMPM (Centro Meteorológico Provincial de Matanzas), 2025a. *Boletín Agrometeorológico Decenal*. Vol. 23, no. 120, 1ra década de noviembre 2025. Matanzas: Departamento de Meteorología Aplicada.
21. CMPM (Centro Meteorológico Provincial de Matanzas), 2025b. *Boletín Agrometeorológico Decenal*. Vol. 23, no. 121, 2da década de diciembre 2025. Matanzas: Departamento de Meteorología Aplicada.

22. CMPM (Centro Meteorológico Provincial de Matanzas), 2026a. *Boletín Agrometeorológico Decenal*. Vol. 23, no. 2, 2da década de enero 2026. Matanzas: Departamento de Meteorología Aplicada.
23. CMPM (Centro Meteorológico Provincial de Matanzas), 2026b. *Boletín Agrometeorológico Decenal*. Vol. 23, no. 3, 3ra década de enero 2026. Matanzas: Departamento de Meteorología Aplicada.
24. CMPM (Centro Meteorológico Provincial de Matanzas), 2026c. *Boletín Agrometeorológico Decenal*. Vol. 23, no. 4, 1ra década de febrero 2026. Matanzas: Departamento de Meteorología Aplicada.
25. CMPM (Centro Meteorológico Provincial de Matanzas), 2026d. *Boletín Agrometeorológico Decenal*. Vol. 23, no. 6-7, 2da-3ra décadas de marzo-abril 2026. Matanzas: Departamento de Meteorología Aplicada.
26. Cuezzo, F. y Guerrero, R. J., 2012. The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. *Psyche*, vol. 2012, pp. 1-24.
27. Della, L., 2003. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. In: Fernández, F. (ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, pp. 337-349.
28. Deshazo, R. D., Griffing, C., Kwan, T. H., Banks, W. A. y Dvorak, H. F., 1984. Dermal hypersensitivity reactions to imported fire ants. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 74, no. 6, pp. 841-847.
29. Deyrup, M. y Lubertazzi, D., 2019. The ants of the Bahamas (Hymenoptera: Formicidae). *Insecta Mundi*, no. 0728, pp. 1-31.
30. Farji-Brener, A. G. y Giraldo, J. P., 2008. Efectos de las hormigas cortadoras de hojas sobre la vegetación: un análisis de sus roles como ingenieros del ecosistema. *Revista de Biología Tropical*, vol. 56, no. 4, pp. 1723-1736.
31. Fernández, F. (ed.), 2003. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

32. Fernández-de Bobadilla, M., Ramírez, N. M., Calvo-Agudo, M., Dicke, M. y Tena, A., 2024. Honeydew management to promote biological control. *Current Opinion in Insect Science*, vol. 61, 101151.
33. Folgarait, P. J., 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, vol. 7, no. 9, pp. 1221-1244.
34. Fontenla, J. L. y Alfonso-Simonetti, J., 2018. Classification of Cuban ants (Hymenoptera: Formicidae) into functional groups. *Poeyana*, no. 506, pp. 21-30.
35. Fontenla Rizo, J. L. y Matienzo Brito, Y., 2011. Hormigas invasoras y vagabundas de Cuba. *Fitosanidad*, vol. 15, no. 4, pp. 253-259.
36. Fraguela, P. M., Marrero, L., Carrasco, C. y Matos, W., 2025. Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) asociada al Campo de Golf Varadero, Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, vol. 40, e13.
37. García-Rodríguez, J., Cruz-Pérez, R. y Revelo-Álvarez, P., 2025. Reflexiones sobre la actividad en el turismo desde el enfoque «Una Salud». *Revista Médica Electrónica*, vol. 47 (en prensa).
38. GCSAA (Golf Course Superintendents Association of America), 2026. *IPM Planning Guide*. Liberty: Gcsaa.
39. Giuseppe, M., 2016. *Portable digital microscopy for dermatological diagnosis*. Milan: Edra.
40. Golf Course Trades, 2025. Fire ant mounds cause mower damage. *The Golf Course Trades*, vol. 38, no. 2, pp. 12-14.
41. Gotelli, N. J. y Ellison, A. M., 2023. *A primer of ecological statistics*. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates. 640 p.
42. Gullan, P. J. y Martin, J. H., 2009. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids, and scale insects). In: *Encyclopedia of Insects*, 2nd ed. San Diego: Academic Press, pp. 957-967.
43. Hacala, A., Gouraud, C., Dekoninck, W. y Pétillon, J., 2021. Relative efficiency of pitfall vs. bait trapping for capturing taxonomic and functional

diversities of ant assemblages in temperate heathlands. *Insects*, vol. 12, no. 4, 307.

44. Held, D. W. y Potter, D. A., 2012. Prospects for managing turfgrass pests with reduced chemical inputs. *Annual Review of Entomology*, vol. 57, pp. 329-354.
45. Heng-Moss, T. M., Baxendale, F. P., Rioux, C. M. y Shearer, P. W., 2020. Integrated pest management for turfgrass. *Annual Review of Entomology*, vol. 65, pp. 285-304.
46. Hernández, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D. y Castro Speck, N., 2019. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, vol. 40, no. 1, e01.
47. Herrera, M. y Valenciaga, N., 2011. Peculiaridades de las bibijaguas (Attini: *Acromyrmex* y *Atta*) que hacen difícil su control. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 45, no. 3, pp. 217-224.
48. Herrera, M., Valenciaga, N., Cortés, B., Assis, C., Calzadilla, J. de y Mora, C., 2008. Space disposition of the nests of *Atta insularis* Guérin in a grassland with predominance of *Leucaena leucocephala* and *Panicum maximum*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol. 42, no. 2, pp. 193-197.
49. Hölldobler, B. y Wilson, E. O., 1990. *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press.
50. Holway, D. A., Lach, L., Suarez, A. V., Tsutsui, N. D. y Case, T. J., 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 33, pp. 181-233.
51. Hubbard, M. D., 1974. The nest architecture of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. *University of Kansas Science Bulletin*, vol. 50, no. 3, pp. 113-144.
52. Kirkegaard, M. y Norman, S., 2024. Economic impact of invasive ants: a global review. *NeoBiota*, vol. 91, pp. 45-72.
53. Kumar, A. y Singh, R., 2024. Plant defence mechanism in honeydew-mediated plant-Hemiptera-ant interactions and ecosystem sustainability: a review. *Environmental Sustainability*, vol. 7, no. 4, pp. 389-406.

54. Lapolla, J. S., Brady, S. G. y Shattuck, S. O., 2011. Taxonomy of the *Nylanderia fulva* complex. *Zootaxa*, vol. 2936, pp. 1-19.
55. Lapolla, J. S. y Kallal, R. J., 2019. *Nylanderia* of the world Part III: *Nylanderia* in the West Indies. *Zootaxa*, vol. 4658, no. 3, pp. 401-451.
56. Le Breton, J., Chazeau, J. y Jourdan, H., 2023. Long-term impacts of *Wasmannia auropunctata* (Roger) on native arthropod communities in New Caledonia. *Biological Invasions*, vol. 25, no. 4, pp. 1123-1138.
57. Lebrun, E. G., Jones, N. T. y Gilbert, L. E., 2023. Imported crazy ant displaces imported fire ant, reduces and homogenizes grassland ant and arthropod assemblages. *Ecological Entomology*, vol. 48, no. 3, pp. 301-314.
58. Lengyel, S., Gove, A. D., Latimer, A. M., Majer, J. D. y Dunn, R. R., 2010. Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 12, no. 1, pp. 43-55.
59. Lennox, L., 2025. *Fire Ant Management Options for Golf Courses*. College Station: Texas AyM AgriLife Extension, Fact Sheet FAPFS017.
60. Lockley, T. C. y Vogt, J. T., 1993. Imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) mound morphology as a function of soil type. *Journal of Entomological Science*, vol. 28, no. 4, pp. 383-388.
61. Longino, J. T. y Branstetter, M. G., 2021. Integrating UCE phylogenomics with traditional taxonomy reveals a trove of New World *Syscia* species (Formicidae: Dorylinae). *Insect Systematics and Diversity*, vol. 5, no. 2, pp. 1-51.
62. López, D., Winkel, K., Wanandy, T., Van Nunen, S., Perrett, K. y Lowe, A., 2024. The human health impacts of the red imported fire ant in the Western Pacific Region context: a narrative review. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, vol. 9, no. 3, 69.
63. López, M., Hernández, L., Ramírez, W., Medina, R., Pérez, J. M. y González, M. C., 2013. Estado del conocimiento del mejoramiento genético de cespitosas. *Pastos y Forrajes*, vol. 36, no. 3, pp. 278-287.

64. López-Núñez, F. A. y Campos, M. R., 2023. Invasions of four South-American tramp ants: a systematic review. *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 49, no. 2, e12345.
65. Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M., 2004. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database*. Auckland: Invasive Species Specialist Group (ISSG), IUCN.
66. Magurran, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
67. Maier, R. M. y Potter, D. A., 2005. Factors affecting distribution of the mound-building ant *Lasius neoniger* (Hymenoptera: Formicidae) and implications for management on golf course putting greens. *Journal of Economic Entomology*, vol. 98, no. 3, pp. 891-898.
68. Marrero-Artabe, L., Fraguela-Ascunce, P., García-Dihigo, J., Bermúdez-Sañudo, D. y Matos-Rodríguez, W., 2025. Hormigas de importancia médica en un campo de golf: lesiones dermatológicas y otros riesgos clínicos. *Revista Médica Electrónica*, vol. 47 (en arbitraje).
69. Marrero-Artabe, L., Rodríguez, I., Jiménez, J., Maspon, R., Baños, R. M., Mayorga-Martínez, M. C., Martínez-Rivero, M. A., León-Betancourt, R. y De Armas, A., 2016. Insectos rizófagos asociados a variedades de poáceas cespitosas en el Varadero Golf Club, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*, vol. 39, no. 3, pp. 125-131.
70. Martínez, M. A., 2004. Diversidad faunística de insectos en un campo de golf. *Revista de Protección Vegetal*, vol. 19, no. 1, pp. 65-66.
71. Martínez, M. A. y Medina, N., 1989. Los insectos como enemigos de los pastos y forrajes, su combate. *Pastos y Forrajes*, vol. 12, no. 3, pp. 199-207.
72. Matos, D. y Portuondo, E., 2021. Composición de la mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) en las áreas protegidas La Caoba, Charrascales de Múcara y Pico Cristal. *Ciencia en su PC*, vol. 1, no. 3, pp. 17-33.

73. Méndez, J., Alonso, R. y García, F., 2018. Invasión de *Wasmannia auropunctata* en el Parque Nacional Guanahacabibes. *Poeyana*, no. 507, pp. 45-52.
74. Mendoza, H. F. y Gómez-Sousa, G., 1982. *Principales efectos que atacan a las plantas económicas en Cuba*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
75. Moreira, A. A., Forti, L. C., Andrade, A. P. P. y Boaretto, M. A. C., 2007. Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, vol. 36, no. 3, pp. 452-457.
76. Morón, M. A. y Terrón, R. A., 2017. *Diversidad y conservación de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de México*. Xalapa: INECOL. 480 p.
77. Mousavi, S. S., Sadeghi, A., Soltani, J. y Zafari, D., 2025. The antagonistic activity of beneficial fungi and mechanisms underlying their protective effects on plants against phytopathogens. *Journal of Fungi*, vol. 11, no. 1, 45.
78. Nester, P. R. y Drees, B. M., 2023. Fire ant management options for golf courses. *Texas AyM AgriLife Extension Bulletin*, ENTO-018, pp. 1-6.
79. Newman, J. N., Floyd, R. V. y Fothergill, J. L., 2022. Invasion and diversity of *Pseudomonas aeruginosa* in urinary tract infections. *Journal of Medical Microbiology*, vol. 71, no. 3, 001458.
80. Nibio, 2024. *Integrated Management of Turfgrass Diseases and Pests: Study on European Golf Courses*. Disponible en: https://sustainable.golf [Consultado: 18 de mayo de 2026].
81. Niemczyk, H. D. y Shetlar, D. J., 2007. *Destructive turf insects*. Wooster: HDN Books.
82. Nonkhwao, S., Daduang, J., Pimton, P., Lopin, P. y Daduang, S., 2025. Protein-ligand binding and structural modelling studies of pheromone-binding protein-like Sol g 2.1 from *Solenopsis geminata* fire ant venom. *Molecules*, vol. 30, no. 2, 234.
83. Olivera, M. J. y Porras, J. F., 2021. Hormigas de importancia médica: revisión sistemática de su distribución global y consecuencias clínicas de sus mordeduras y picaduras. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, vol. 73, no. 1, pp. 1-6.

84. Passos, L. y Oliveira, P. S., 2002. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Journal of Ecology*, vol. 90, no. 3, pp. 517-528.
85. Penick, C. A. y Tschinkel, W. R., 2008. Thermoregulatory brood transport in the fire ant, *Solenopsis invicta*. *Insectes Sociaux*, vol. 55, pp. 176-182.
86. Piña, S., Gómez, R. y Torres, L., 2022. Uso del fotomicroscopio portátil en el diagnóstico de lesiones dérmicas por artrópodos. *Revista Cubana de Dermatología*, vol. 36, no. 2, e123.
87. Plowes, R. M., Foley, J. R. y Vinson, S. B., 2022. A microsporidian pathogen of the tawny crazy ant (*Nylanderia fulva*). *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 190, 107748.
88. Porter, S. D., Vander Meer, R. K., Pesquero, M. A., Campiolo, S. y Fowler, H. G., 1995. *Pseudacteon* parasitoids of *Solenopsis* fire ants. *Biological Control*, vol. 5, no. 3, pp. 345-352.
89. Portuondo, E. y Matos Cobas, D. I., 2022. Claves para la identificación de las subfamilias, géneros y especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Cuba. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, no. 70, pp. 237-334.
90. Potiwat, R. y Sitcharungsi, R., 2015. Ant allergens and hypersensitivity reactions in response to ant stings. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, vol. 33, no. 4, pp. 267-275.
91. Potiwat, R., Tanyaratsrisakul, S. y Maneewatchararangsri, S., 2017. *Solenopsis geminata* (tropical fire ant) anaphylaxis among Thai patients: its allergens and specific IgE-reactivity. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, vol. 36, no. 2, pp. 101-108.
92. Potter, D. A., 1998. *Destructive turfgrass insects: biology, diagnosis, and control*. Ann Arbor: Ann Arbor Press.
93. Qgis Development Team, 2022. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation. Disponible en: https://qgis.org [Consultado: 24 de mayo de 2026].
94. Rabeling, C. y Cronin, A. L., 2021. The evolution of agriculture in ants: a review. *Myrmecological News*, vol. 31, pp. 119-146.

95. Ramalho, M. O., Nagatani, V. H., Alves, J. M. C., Silva, O. G. M., Fox, E. G. P., Souza, R. F., Kayano, D. Y., Harakava, R., Hilsdorf, A. W. S. y Morini, M. S. C., 2023. The facet of human impact: *Solenopsis invicta* Buren, 1972 spreading around the Atlantic Forest. *Diversity*, vol. 15, no. 2, 194.
96. Ramírez-Escobar, F. y Valenzuela, J. E., 2020. Hormigas invasoras en ecosistemas costeros del Caribe. *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 46, no. 1, e8732.
97. Richard, F. J. y Errard, C., 2009. Hygienic behavior and antimicrobial peptide production in leaf-cutting ant (*Acromyrmex*) colonies. *Insectes Sociaux*, vol. 56, pp. 267-274.
98. Sankovitz, M., Rivera, M. J., Manjarress, T. y Mathis, K. A., 2024. The role of ant-mediated biological interactions in agroecosystems. *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 117, no. 2, pp. 79-91.
99. Sarty, M., Abbott, K. L. y Lester, P. J., 2007. Community-level impacts of an ant invader and food supplementation on native ants. *Oecologia*, vol. 153, no. 2, pp. 401-411.
100. Sharma, P. y Sharma, S., 2025. Fungal biocontrol agents in the management of soil-borne pathogens, insect pests, and nematodes: mechanisms and implications for sustainable agriculture. *The Microbe*, vol. 7, 100391.
101. Styrsky, J. D. y Eubanks, M. D., 2007. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 274, no. 1607, pp. 151-164.
102. Tifgreen 328, s.f. *Tifgreen 328*. Sierra Vista Growers. Disponible en: https://sierravistagrowers.net/tifgreen-328/ [Consultado: 16 de mayo de 2026].
103. Travish, H., Gilbert, L. E. y Le Brun, E. G., 2022. Electrical equipment damage by *Nylanderia fulva*. *Southwestern Entomologist*, vol. 47, no. 2, pp. 321-330.
104. Uc Ipm, 2023. *Nylanderia fulva* scorecard. California Invasive Species Advisory Committee.

105. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), 2023. *Wasmannia auropunctata*. The IUCN Red List of Threatened Species.

106. USGA (United States Golf Association), 2022. *Green speed measurement guidelines*. Liberty Corner: Usga.

107. USGA (United States Golf Association), 2026. *Rules of Golf. Rule 16 – Relief from Abnormal Course Conditions*. Liberty Corner: Usga.

108. Valenciaga, N., Mora, C. y Fernández, R., 2024. Frecuencia de aparición de insectos asociados a pastos mejorados en Cuba. *Pastos y Forrajes*, vol. 47, no. 1, pp. 23-30.

109. VARCESPLAG, 2025. *Herramienta digital para el diagnóstico de plagas del césped en el Varadero Golf Club*. Matanzas: Universidad de Matanzas.

110. Varadero Golf Club, 2020. *The Course*. Disponible en: https://varaderogolfclub.com/the-course/ [Consultado: 16 de mayo de 2026].

111. Veraldi, S., Lunardon, L., Francia, C., Persico, M. C. y Barbareschi, M., 2008. Alopecia caused by the "barber ant" *Pheidole pallidula*. *International Journal of Dermatology*, vol. 47, no. 12, pp. 1329-1330.

112. Vittum, P. J., 2024. *IPM Handbook for Golf Courses*. Ann Arbor: Ann Arbor Press.

113. Vittum, P. J., Villani, M. G. y Tashiro, H., 1999. *Turfgrass insects of the United States and Canada*. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press.

114. Way, M. J., 1963. Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. *Annual Review of Entomology*, vol. 8, pp. 307-344.

115. Wensheng, L., et al., 2021. Predicting the global distribution of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae) under climate change using the MaxEnt model. *Insects*, vol. 12, no. 3, 222.

116. West Coast Turf, s.f. *Tifgreen 328 Bermuda Grass*. Disponible en: https://www.westcoastturf.com/Tifgreen-328-grass [Consultado: 16 de mayo de 2026].

117. Wetterer, J. K. y Porter, S. D., 2022. Genome-wide SNPs reveal the social structure and invasion pathways of *Solenopsis geminata*. *Biological Invasions*, vol. 24, pp. 3475-3489.

118. Wheeler, W. M., 1937. Ants of the genus *Acromyrmex* in Cuba. *Psyche*, vol. 44, no. 3, pp. 103-112.

119. Yang, T. C., Jianchu, M., Fu, G., Zhong, S., Ding, G., Ren, Z., Wei, L. y Lu, L., 2007. Ultraestructura de la glándula venenosa en la hormiga roja de fuego importada, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiología*, vol. 50, pp. 343-353.

120. Zanetti, R., Zanuncio, J. C. y Souza-Silva, M., 2019. Impact of *Acromyrmex* and *Atta* leaf-cutting ants on forest plantations: a review. *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 21, no. 3, pp. 243-255.