

Universidad Nacional

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Escuela de Ciencias Biológicas

Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Naturales

Informe Escrito Final

**Comunidad de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de Isla Caballo, Golfo de
Nicoya: estado actual y conocimiento ecológico local**

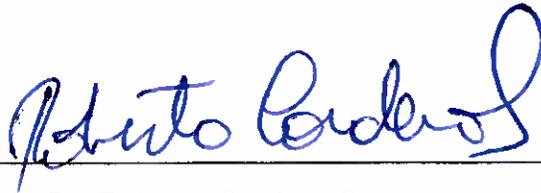
Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en
Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Naturales

Randall A. Montoya Solano

Campus Omar Dengo

Heredia, 2021

Este trabajo de graduación fue APROBADO por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Naturales.



Dr. Roberto Cordero Solórzano
Representante, Decano, quién preside



Dr. Meyer Guevara Mora
Representante, Unidad Académica



Dra. Ingrid Aguilar Monge
Tutora



M.Sc. Eduardo Herrera González
Asesor



M.Sc. Luis Alejandro Sánchez
Invitado especial

Resumen

Las abejas nativas sin aguijón son un grupo de insectos monofiléticos, clasificados dentro de la tribu Meliponini de la familia Apidae y se caracterizan por su comportamiento eusocial. Este grupo de abejas es reconocido por su importancia en los procesos ecológicos, como la polinización de los bosques tropicales pero también por tener una historia de relaciones con los seres humanos, que van desde la dimensión cultural, medicinal, alimenticia y económica. El estudio de las comunidades de Meliponini y de las abejas en general, sigue siendo necesario para llenar vacíos y comprender aspectos relacionados con su distribución y conservación. En Costa Rica, aunque han habido estudios muy importantes en distintas áreas, hay desactualización sobre el conocimiento de la apifauna en general y específicamente sobre la tribu Meliponini en. Particularmente, las islas han sido territorios poco conocidos y por lo tanto, poco estudiados sistemáticamente. A partir de los anteriores, se propuso realizar una evaluación del estado actual de la comunidad de abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo y del estado del conocimiento local, para proponer acciones para su conservación. Se encontraron dos especies de abejas sin aguijón en Isla Caballo, *Nannotrigona perilampoides* y *Plebeia frontalis*. El análisis de los recursos vegetales mostró que las fuentes alimentarias son abundantes y diversas, los sustratos naturales para la anidación son menos frecuentes debido a las características estructurales del bosque. Por último, el conocimiento ecológico local se caracterizó por saberes del entorno natural de la isla, necesarios para la identificación de amenazas para las abejas. Esto permitió establecer una serie de propuestas concretas, construidas desde el encuentro entre los saberes científicos y locales. Esta exploración se convirtió en el primer estudio sobre diversidad de abejas en Isla Caballo y permitió ampliar los registros de distribución de las especies. Pero además, se destaca la incorporación de saberes locales para la propuesta de acciones de conservación.

Agradecimientos

A la comunidad de Isla Caballo, por compartir su territorio y sus conocimientos conmigo. A doña Eulalia Peralta y a don Angel Rojas por la amistad de su hogar. A Elvis Benavides y a Jalilla Tabash Hernandez directores de la Unidad Pedagógica Isla Caballo durante la planeación y ejecución de este proyecto, al profesor Bryan Mora y a los y las estudiantes que me recibieron y compartieron su tiempo conmigo.

Un agradecimiento a Ingrid Aguilar Monge, Silvia Rojas Herrera y a Gorka Izurzu quienes generaron el flujo que me llevó a Isla Caballo. También a Alicia Fonseca Sánchez, Ema Duran, Fabián Araya, Fabián Sibaja Araya y a Rolando Calderón Fallas por dedicar de su tiempo durante alguna etapa de este proyecto. También a Eduardo Herrera, Jorge Mérida (MEX) y Ricardo Ayala (MEX) por el apoyo en la taxonomía.

Un especial agradecimiento a mi familia, a la que por dicha de la naturaleza me tocó y a la que por voluntad elegí y me eligió.

Este proyecto se desarrolló gracias a la confluencia unidades académicas y programas que la Universidad Nacional puso a mi disposición como lo es la Escuela de Ciencias Biológicas, el Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT) a través del Programa Integrado de Meliponicultura, el Programa Interdisciplinario Costero del Instituto de Estudios Sociales en Población (PIC-IDESPO), el Fondo para el Fortalecimiento de Capacidades Académicas Estudiantiles (FOCAES-Investigación) y los Fondos del Sistema para la Movilidad Académica Estudiantil del Programa de Intercambio Estudiantil.

Dedicatoria

in memoriam de Juan Luis Montoya Fernández
mi primer maestro sobre la naturaleza y abejas.

Índice

Miembros del tribunal.....	I
Resumen.....	II
Agradecimientos.....	III
Dedicatoria.....	IV
Índice.....	V
Índice de cuadros.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Abreviaturas o acrónimos.....	VIII
1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	4
1.3 Planteamiento del problema a investigar.....	7
1.4 Objetivos.....	9
2. Marco teórico.....	10
3. Marco metodológico.....	22
4. Resultados.....	29
4.1 Diversidad.....	29
4.2 Vegetación.....	31
4.3 Frecuencia de <i>A. mellifera</i>	36
4.4 Conocimiento ecológico local.....	37
4.5. Propuestas para la conservación de abejas sin aguijón en Isla Caballo.....	41
5. Discusión.....	43
6. Conclusiones y recomendaciones.....	52
7. Referencias bibliográficas.....	55
8. Anexos.....	63

Índice de cuadros

Cuadro 1. Estimadores de diversidad utilizados para el análisis de la comunidad de abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo, Costa Rica.....	27
Cuadro 2. Lista de los géneros de abejas de las tres familias encontradas en Isla Caballo, Costa Rica.....	29
Cuadro 3. Número de nidos y tipo de sustrato de las abejas Meliponini de cada punto registrado en Isla Caballo, Costa Rica.....	31
Cuadro 4. Lista de especies arbóreas de Isla Caballo, Costa Rica, clasificadas según la categoría de importancia para las abejas.....	33
Cuadro 5. Registro de especies de plantas utilizadas por las abejas Meliponini de Isla Caballo, Costa Rica, durante los muestreos realizados en el transecto entre marzo y setiembre del 2018..	35
Cuadro 6. Plan de acciones para la conservación de la abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo, Costa Rica, generados por los estudiantes de la UPIC.....	40
Cuadro 7. Propuestas para la conservación de las abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo, Costa Rica.....	42

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de Isla Caballo (Costa Rica) donde se detallan los sitios de muestreo de las abejas durante el año 2018.....	23
Figura 2. Abundancia de nidos de abejas Meliponini según el tipo de sustrato encontrados en Isla Caballo, Costa Rica, 2018.....	30
Figura 3. Frecuencia de las diez especies de árboles más abundantes en el muestreo de vegetación en Isla Caballo, Costa Rica.....	32
Figura 4. Proporciones de las categorías de importancia para las abejas de las especies de árboles del bosque de Isla Caballo. según la riqueza de especies y la abundancia de individuos registrados.....	34
Figura 5. Histograma con la clasificación diamétrica de los árboles registrados en el bosque de Isla Caballo, Costa Rica.....	36
Figura 6. Abundancia de abejas de la tribu Meliponini y la especie <i>A. mellifera</i> en cada muestreo realizado en el transecto de Isla Caballo, Costa Rica.	37

Abreviaturas o acrónimos

Abejas sin aguijón.....	ASA
Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales.....	CINAT
Escuela de Ciencias Biológicas.....	ECB
El Colegio de la Frontera Sur.....	ECOSUR
Instituto de Estudios Sociales en Población	IDESPO
Programa de Desarrollo Integral de Comunidades Rurales y Costeras del Golfo de Nicoya.....	PDICRC
Programa Integrado de Meliponicultura	PIM
Programa Interdisciplinario Costero.....	PIC
República de México.....	MEX
Reservar Karen Mogensen.....	RKM
Unidad Pedagógica Isla Caballo.....	UPIC
Universidad Nacional.....	UNA
Universidad Nacional Autónoma de México.....	UNAM
United Sates Departament of Agriculture.....	USDA

1.Introducción

1.1. Antecedentes

Caracterización histórica del estudio de Meliponini: Las abejas nativas sin aguijón (ASA) conforman la tribu Meliponini, de la familia Apidae (Hymenoptera). Se ha registrado su uso desde la época prehispánica en los Códices Mayas y posteriormente en los relatos de los cronistas españoles. El primer reporte para la ciencia occidental se realizó en 1557 por Hans Staden, el cual describe la recolecta de mieles de varias especies por pueblos indígenas en Brasil, este reporte es a su vez la primera información publicada sobre este taxón (Engels, 2013). Otros reportes iniciales los encontraremos a inicios del siglo XX, donde destacan la interconexión entre humanos y abejas (Quintal y Roubik, 2013).

Diversos aspectos de la biología de las ASA han sido estudiados, con algunas tendencias marcadas según la época, tal como lo detallan Quintal y Roubik (2013), quienes hacen un recorrido histórico del estudio de las ASA. La recopilación indica que durante la primera parte del siglo XX sobresalen los estudios en sistemas de comunicación de las abejas. Para la segunda mitad de este siglo, los años 70 se caracterizaron por la exploración en la estructura y funcionamiento de los nidos, el comportamiento y la meliponicultura (cría tecnificada de ASA para aprovechamiento). En la década de los años 80 ocurre una detallada etnografía sobre los pueblos indígenas de América y el uso de las abejas, paralelo a trabajos de integración de la literatura existente sobre abejas tropicales.

Durante los años 90, los impactos ambientales definieron las líneas de estudio, generando investigaciones sobre riesgos de extinción, polinización agrícola, impacto de agroquímicos, pérdida de bosques, introducción de especies exóticas así como la reducción de la abundancia de ASA. Finalmente, Quintal y Roubik (2013) se refieren a los estudios de los análisis de la composición fisicoquímica de la miel como un tema de interés actual. Esto se suma a la reciente recopilación sobre ecología química realizada por Leonhardt (2017), donde expone los estudios de ASA sobre comunicación química, feromonas, defensa, entre otras; y propone la necesidad de continuar el estudio de esta línea en estas especies.

Estudios sobre ecología: Los estudios sobre ecología de abejas se siguen considerando importantes, donde se destaca la exploración de la diversidad y la evaluación de las comunidades de abejas en el neotrópico, con análisis de riqueza y patrones de distribución a nivel local (Nates-Parra, Palacios y Parra-H, 2008; Rodríguez, Manrique y Velásquez, 2008; Fierro *et al.*, 2012). También las implicaciones ecológicas de la degradación ambiental por los disturbios humanos, que afectan las comunidades de abejas (Brown y Albrecht, 2001; Samejima *et al.*, 2004).

La vegetación es inherente a las abejas, debido a su uso como recurso alimentario y de anidación. El recurso floral es fundamental para el hábitat de las ASA, debido a que afecta positivamente la abundancia y diversidad (Bobadoye *et al.*, 2016). Existen recopilaciones que desde el final del siglo XX exponen listas de especies vegetales importantes para las ASA y para otras especies como *Apis mellifera* (tribu Apini), abarcando casi 300 especies de plantas neotropicales (Ramalho, Kleinert-Giovannini y Imperatriz-Fonseca, 1990). Sumado a esto, un trabajo reciente incluye 80 taxa entre especies y familias vegetales que son fuente de polen, así como 72 especies utilizadas para establecer nidos (Kajobe, 2013).

Manejo y educación ambiental: La reconocida importancia de las abejas y en especial mención de las abejas Meliponini ha generado la necesidad de complementar la investigación con actividades de divulgación, por lo que los procesos de educación ambiental desde la perspectiva del manejo y conservación de las ASA en los últimos años ha sido una nueva tendencia. En Australia, el desarrollo de procesos de educación ambiental se ha llevado a cabo en escuelas y con el desarrollo de iniciativas vía internet para la difusión de la información de manera masiva, se ha enseñado sobre la importancia de las abejas nativas, sus funciones y servicios, así como la necesidad de su conservación y la promoción de su manejo (Maginnity, 2013). De igual, manera la promoción de la meliponicultura ha sido llevada a cabo en comunidades mayas donde desde época prehispánica ha existido uso tradicional de la abeja *Melipona beecheii*, lo que ha llevado a algunas iniciativas a promover y rescatar dichos conocimientos (Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013).

Diversos procesos de educación ambiental enfocados en el manejo y conservación de las ASA se han desarrollado también en Brasil, existen aquellos con enfoque productivo dirigido a familias agrícolas para diversificar la producción (de Oliveira *et al.*, 2017). Así como proyectos con escuelas

públicas, enfocados a la sensibilización ambiental con el aporte de la extensión universitaria (Tavares *et al.* 2016.), sumado a esfuerzos por reconocer y complementar el conocimiento ecológico local de las comunidades rurales sobre las abejas nativas y su importancia ecológica (Marques *et al.* 2017)

En cuanto a las investigaciones realizadas en islas, no es frecuente encontrar estudios, sin embargo, algunas revisiones exponen algunos aspectos generales sobre las abejas y lo que implican las áreas geográficas insulares (Goulson, 2003; New, 2008). Principalmente se destacan los aspectos básicos a considerar cuando se trata de conservación de abejas: factores como la agricultura, el cambio del uso del suelo, principalmente la pérdida de bosque; y en particular Goulson (2003) explica los efectos negativos que potencialmente pueden causar la presencia de abejas exóticas como *A. mellifera*.

Investigación en Costa Rica: En cuanto a las investigaciones desarrolladas en Costa Rica, destaca la labor del Centro de Investigaciones Apícola Tropicales (CINAT) de la Universidad Nacional, donde además de investigación se recalca su labor en la promoción de la meliponicultura a través de la vinculación del PIM con las personas meliponiculturas. Dentro de las investigaciones se señala el amplio trabajo sobre la comunicación y reclutamiento de las ASA en la búsqueda de alimento, estos estudios se han realizado en especies como *Melipona costaricensis*, *Plebeia tica*, *Scaptotrigona pectoralis*, *Tetragonisca angustula* y *Trigona corvina* (Aguilar y Briceño, 2002; Aguilar, Fonseca y Biesmeijer, 2005; Jarau *et al.* 2010; Reichle *et al.*, 2010; Reichle *et al.*, 2011).

Por otra parte, durante las últimas dos décadas resaltan investigaciones sobre aspectos ecológicos en Costa Rica, principalmente los efectos de la composición del paisaje y la fragmentación del bosque. En el Pacífico Sur se ha observado como los cambios forestales afectan la riqueza de especies y con ello la polinización nativa y agrícola. La información disponible resalta la necesidad de conservar el bosque nativo por la importancia ecológica y económica de taxones como los Meliponini y Euglosini (Apidae) (Brosi, Daily y Ehrlich, 2007; Brosi *et al.*, 2008).

Dos descubrimientos recientes destacan en la taxonomía y en la medicina, el primero con el descubrimiento de una nueva especie de ASA para Costa Rica, *Nogueirapis costaricana* (Ayala y Engel, 2014) cuyo holotipo fue recolectado en Pococí, Limón, aumentando así la riqueza conocida. El otro corresponde a un estudio sobre actividad antimicrobiana de la miel de *T. angustula*, una de las

especies más comunes en los meliponarios, donde se descubrió que dicha miel afecta las biopelículas de *Staphylococcus aureus*, lo cual es un descubrimiento novedoso ya que los antibióticos conocidos no tienen la capacidad de afectar las biopelículas bacterianas (Zamora *et al.* 2017). Lo anterior antecedido de la observación de efectos significativos de actividad antibacterial y antioxidante (Aguilar, Herrera y Zamora, 2013; Zamora *et al.*, 2013)

Finalmente, el estudio de Slaa (2006) realizado en el bosque seco del Pacífico Norte de nuestro país, donde se realizó una investigación de dinámica de las poblaciones de ASA que logró determinar los periodos de establecimiento de colonias, así como de pérdidas de las mismas (mortalidad) abarcando 14 especies de ASA y *A. mellifera*. Por otra parte, Herrera y Aguilar (2014) reportan la lista de especies de ASA de la Reserva Karen Mogensen (RKM), Lepanto, Puntarenas, la cual consta de un total de 11 especies de Meliponini.

La información que se conoce sobre la diversidad de la apifauna de Costa Rica es desactualizada. Además, la experiencia en manejo de abejas a pesar de la tradición apícola y de manejo de ASA en la península de Nicoya, dicha actividad es rara en las islas del golfo de Nicoya, con esporádicos reportes y experiencias conocidas, pero no documentadas, y ningún antecedente en Isla Caballo, salvo el interés expresado de la comunidad en obtener información sobre dicha actividad.

1.2. Justificación

Las ASA tienen una reconocida relevancia ecológica, económica, medicinal y cultural: primero su importancia ecológica destaca por su rol de polinizadores de la vegetación de los bosques tropicales y cultivos, así como una variedad de relaciones simbióticas y evolutivas con diversas especies (Camargo, 2013). Además, son valiosas indicadores de calidad del ambiente (Jones, 2013). Por otra parte, económicamente la meliponicultura actualmente es una actividad complementaria, en un mercado pequeño pero con un aumento de la demanda por consumidores de las mieles de ASA (Alves, 2013). En cuanto a los aportes a la medicina, se reconoce la miel de las ASA para uso en medicina tradicional, donde se destaca el legado de la medicina Maya antigua (Rosales, 2013), pero además como se ha mencionado, se destacan las propiedades medicinales estudiadas de este producto, principalmente antibióticas (Aguilar, *et al.*, 2013; Zamora *et al.* 2013; Zamora *et al.* 2017). Por otra

parte también destaca el uso tradicional de culturas precolombinas, así como comunidades indígenas contemporáneas de América cuyo uso se registra desde la llegada de los españoles (Kent, 1984; Camargo, 2013; Jones, 2013).

A pesar de la reconocida importancia, diversos autores destacan la necesidad de continuar la indagación en ASA en temas como diversidad, taxonomía, distribución, dinámica de poblaciones, impactos ambientales y estudios de la vegetación utilizada (Goulson, 2003; Cortopassi-Laurino *et al.* 2006; Freitas *et al.* 2009; Murray, Kuhlmann y Potts, 2009). Precisamente para Costa Rica se detecta un vacío en las colecciones que no logra cubrir la mayor parte del país (Aguilar *et al.* 2013). El conocimiento básico de aspectos ecológicos de las especies es esencial para el desarrollo e implementación de estrategias de conservación (Goulson, 2003; Murray *et al.* 2009). Los estudios biológicos son necesarios a mediano y largo plazo, especialmente cuando se trata de recursos naturales que se pueden manejar y particularmente respecto a las especies de ASA, su manejo debe estar organizado para proveer idealmente a la agricultura y la vida silvestre con los servicios ecosistémicos esenciales (Cortopassi-Laurino, *et al.* 2006).

El estudio de la diversidad es fundamental para la construcción de un conocimiento taxonómico y ecológico más robusto, así lo señalaron Ricardo Ayala (UNAM-México), Terry Griswold (USDA-EE.UU.) y Remy Vandame (ECOSUR-México) en el X Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas, en Guatemala (Noviembre, 2017). Los tres expositores coincidieron en la necesidad del muestreo y el estudio de la diversidad de manera constante, principalmente en las regiones tropicales, ya que mucha de la sistemática actual y los factores que explican la distribución mundial necesitan de los estudios de diversidad y las colecciones entomológicas para afinar los resultados actuales. Agregan que, aunque la curva de especies para el grupo de las abejas tiende a ser estable, aún se proyecta para Centroamérica una mayor riqueza, por lo cual es necesario la revisión taxonómica así como el muestreo de los sitios donde hay vacíos de información.

Las islas son zonas geográficas particulares. De manera singular, las islas resultan ser áreas geográficas poco estudiadas, en Costa Rica generalmente es desconocida su diversidad. Se considera importante evaluarlas, ya que las abejas, en este tipo de áreas geográficas presentan una alta vulnerabilidad a los cambios antropogénicos e invasión de especies exóticas (New, 2008). Realizar

estudios de abejas nativas en islas podrían generar aspectos valiosos para el planteamiento de ideas para el manejo y conservación. Además, las principales amenazas que afectan las comunidades de abejas son los recursos vegetales y la presencia de especies exóticas (Freitas *et al.* 2009), por ello los estudios ecológicos que surjan deben incluir estos aspectos.

Es necesario esfuerzos en conservación para llenar los vacíos de conocimiento sobre las especies para despertar el interés público, a partir de la conocida importancia ecológica y económica de las abejas (Freitas *et al.* 2009). Esto se ha visto en experiencias de educación ambiental a través de la meliponicultura, demostrando la importancia de las abejas en la naturaleza y la posibilidad de obtener un beneficio económico con la comercialización de sus productos, donde se busca generar una conciencia ambiental de las personas implicadas en dicha actividad (de Oliveira *et al.* 2017.), lo anterior debe considerar la prevalencia de la comprensión ecológica sobre la explotación del recurso.

Con el proceso de conquista en América, la llegada de la abeja de la miel *A. mellifera* y cultivos como la caña de azúcar, los seres humanos nativos llegaron a ser separados de su entorno cultural, promoviendo una discontinuidad en la transmisión del conocimiento tradicional, incluyendo el relacionado con las ASA (Souza, Lopes y Pereira, 2013). Esto genera dos necesidades, monitorear las poblaciones de abejas exóticas y procurar que los procesos de educación ambiental enfocados desde la meliponicultura como estrategia de manejo o desde la conservación de los recursos naturales. Esta estrategia es importante para la difusión del conocimiento ambiental y tradicional. Además, los procesos científicos deben ir complementados con estrategias de evaluación del conocimiento ecológico local, mediante acciones dirigidas al intercambio de información entre la comunidad científica y la sociedad. El conocimiento ecológico local de las comunidades rurales permitiría combinar esa sabiduría popular con el conocimiento científico para proponer acciones de conservación más efectivas y comprensivas (Marques *et al.* 2017).

La posibilidad de observar y aprender con las ASA, podría despertar una sensibilización ecológica y de preservación ambiental lo que podrá contribuir para la formación de ciudadanos más conscientes y comprometidos con la vida de nuestro planeta (Tavares *et al.* 2016). En este proceso juegan un rol fundamental las universidades como generadoras y difusoras del conocimiento. El papel de las universidades en la interacción del conocimiento científico y popular se da a través de la

extensión universitaria, entendido este como un proceso educativo, cultural y científico que articula la enseñanza y la investigación de forma indisoluble y visibiliza la relación transformadora entre universidad y sociedad, siendo así el compromiso social, un elemento que caracteriza a la universidad latinoamericana (López, 2004; Tavares *et al.* 2016).

Se pretende aportar a la comunidad de la Isla Caballo, un proceso en el cual, mediante el complemento del conocimiento local y científico, se construya una vía de aprendizaje donde se valore la importancia ecológica de los recursos naturales de su entorno y como estos, además ofrecen beneficios desde distintas áreas. Lo anterior fundamentado mediante el estudio de la biodiversidad de abejas de la isla, contribuyendo así con datos sobre la distribución de las especies de Costa Rica, aportando información sobre la desconocida diversidad de Isla Caballo, para que sirva de sustento al conocimiento taxonómico y ecológico actual de la región. Además, se busca aportar de manera complementaria a la información científica, el conocimiento ecológico local, para integrar ideas y estrategias para la conservación de las especies.

1.3. Planteamiento del problema a investigar

Para la ciencia se ha detectado la necesidad de continuar con la exploración de la diversidad de la apifauna neotropical, con especial atención la región mesoamericana. El avance en la sistemática y la ecología de abejas requiere de colecciones con información de diversas regiones, en especial el estudio de localidades donde se desconoce la diversidad presente.

Para el ser humano se ha reconocido que las ASA aportan beneficios desde la economía, la medicina y las tradiciones. Para aprovecharlas es necesario reconocerlas como parte de nuestro entorno, así como adquirir ciertos conocimientos sobre la técnica de manejo. No obstante, para usar los recursos naturales de una manera adecuada se requiere conocer su estado actual, para identificar las ventajas y desventajas de nuestro entorno, así como las implicaciones ambientales de usar dichos recursos. Es por ello que además de reconocer que recursos y especies claves para las ASA conforman nuestro ambiente local, hay que detectar la presencia de posibles amenazas, así como la calidad de los factores limitantes.

Para las comunidades de ASA, se ha mencionado los factores que afectan el hábitat, dentro de los cuales se descartan actualmente en isla Caballo la agricultura, el uso de agroquímicos y la pérdida de hábitat debido a la ausencia de actividades económicas al interior del territorio, ya que los pobladores se dedican a la pesca artesanal (comunicación personal PDICRC, 2016). Así, según lo recopilado anteriormente, una de las amenazas principales a evaluar en el sitio de estudio es la presencia y frecuencia de la especie exótica de *A. mellifera*. Así como el principal factor limitante del hábitat de las ASA, la calidad del recurso vegetal.

Considerando lo anterior, se propone explorar la biodiversidad en Isla Caballo, su contexto ecológico y la relación con el ser humano. Es por tanto que se genera el planteamiento de ¿cómo es la diversidad de la comunidad de ASA en Isla Caballo, su estado actual, el conocimiento ecológico local y que acciones son necesarias para promover su uso y conservación?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el estado actual de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) y el conocimiento ecológico local para el planteamiento de recomendaciones de manejo y conservación de las especies presentes en Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la diversidad de la comunidad de abejas nativas con énfasis en las abejas sin aguijón, en Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica.
- Medir la calidad del recurso vegetal asociado como alimento o sustrato para las abejas sin aguijón en Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica.
- Estimar la frecuencia de aparición de la especie exótica *Apis mellifera* en Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica.
- Describir el conocimiento ecológico local entorno a las abejas nativas en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica.
- Enumerar acciones de manejo y conservación de las abejas sin aguijón en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica.

2. Marco Teórico

Tribu Meliponini: Dentro del orden Hymenoptera, encontramos las abejas. Una de las familias de este grupo es Apidae, que incluye a la subfamilia Apinae, que pertenece a un grupo monofilético de cuatro tribus: Apini, Bombini, Euglossini y Meliponini (Michener, 2013). Esta última, la tribu Meliponini, objeto de nuestro estudio, son conocidas como abejas sin aguijón (ASA) y poseen tres características diagnósticas. 1) En las hembras de Meliponini la estructura del aguijón puede estar reducido, modificado o no funcional para picar. Esta es la característica principal que le otorga el nombre de “abeja sin aguijón”. 2) Además, las abejas Meliponini poseen una corbícula, la cual consiste en una estructura en la tibia posterior, lisa, algunas veces cóncava, rodeada de vellos largos, cuya función es la de transportar el polen hacia el nido. Por último, 3) la ausencia de venas en las celdas submarginales en el ala anterior. (Wille, 1983; Michener, 2013).

La tribu Meliponini tiene una distribución pantropical, su posible origen fue en Gondwana y su fósil más antiguo conocido se trata de *Cretotrigona prisca*, del cretácico tardío, hace unos 65-96 Ma, encontrado en un ámbar en New Jersey, EE.UU. (Camargo 2013; Michener, 2013; Quintal y Roubik, 2013). Actualmente se conocen más de 600 especies en 56 géneros y la mayor diversidad se encuentra en el neotrópico, con más de 400 especies, en 33 géneros (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006; Camargo, 2013; Michener, 2013).

La distribución neotropical es hacia el norte de Cuba y los estados de Tamaulipas y Sonora en México, hasta el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Michener, 2013). Altitudinalmente la distribución presenta estratificación, la riqueza de especies es mayor entre los 200-500 msnm, mientras es menor entre los 700-1000 msnm y para alturas mayores a los 1000 msnm la riqueza disminuye drásticamente (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006). Esta tribu junto con las abejas del género *Apis* suelen dominar las comunidades de abejas en los trópicos, esto debido a sus numerosas y perennes colonias (Meléndez, Meneses y Kevan, 2013).

Costa Rica registra más de 650 especies de abejas, de las cuales, 253 especies son de la subfamilia Apinae (Griswold *et al.* 1995; Freitas *et al.* 2009). Mientras para la tribu Meliponini en Costa Rica, Aguilar *et al.* (2013) registran 58 especies en 20 géneros, posteriormente Ayala y Engel

(2014) aportarian un nuevo registro con el descubrimiento de la más reciente especie en Costa Rica del género *Nogueirapis*.

Las abejas sin aguijón son insectos eusociales que viven en colonias, los nidos permiten el resguardo de las mismas, son permanentes y hechos por las obreras, cada colonia posee una reina reproductiva y ambas representan las dos castas de hembras de la colonia (Wille, 1983; Michener, 2013). Una población de abejas sociales sería una población de colonias, las colonias tienen una o pocas reinas reproductivas y una mayor cantidad de obreras no reproductivas (Murray *et al.* 2009), esto es, que se considera a la colonia como la unidad reproductiva de una población de Meliponini. El proceso de enjambre, es decir la generación de una nueva colonia, es el proceso de reproducción en la población de Meliponini. Es un proceso lento el cual incluye la preparación del futuro nido antes del traslado del enjambre, así como la provisión de materiales de construcción y alimento para la colonia fundadora de parte de la colonia madre que incluso continúa con frecuencia después del enjambre (Slaa, 2006).

Los sitios de anidación dan protección a la colonia y les ayuda a protegerse de enemigos naturales, así como mantener condiciones internas del nido estables, por ejemplo, la regulación de la temperatura. Están contruidos principalmente de cerumen, una mezcla a partir de la cera secretada por las abejas, propóleos y resinas de la vegetación. Algunas especies utilizan en ciertas partes del nido barro, heces de vertebrados y carroña como complemento (Michener, 2013).

La forma y sitio donde se construye el nido es variable, incluye cavidades naturales o artificiales y algunos son expuestos, fuera de cavidades. Otras lo hacen dentro de termiteros u hormigueros expuestos. Los nidos pueden variar según las especies, pero mantiene un patrón básico con celdas de cría dentro de una cámara de cría, rodeado de un involucro laminado con potes de almacenamiento de miel y polen alrededor y con un batumen (estructura dura en los extremos del nido) que define los límites del nido y por último, la estructura de entrada, llamada piquera, que continúa del exterior al interior en un tubo interno (Wille, 1983; Michener, 2013).

Vegetación como recurso fundamental: La mayoría de los sustratos utilizados para establecer nidos por las abejas sin aguijón son los árboles. Estas son generalistas y raramente se

encuentra preferencia por alguna especie de árbol en particular, lo que se considera importante es la estructura, la mayoría de los nidos se encuentran en árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 50-60 cm y un porcentaje muy pequeño de nidos se encuentra en árboles muertos (Eltz *et al.* 2002, Samejima *et al.*, 2004; Kajobe, 2013, Melendez *et al.* 2013). Entre otros tipos de nidos destacan los subterráneos, en nidos de otros insectos sociales y nidos arbóreos expuestos (Camargo, 2013).

La disponibilidad de sitios de anidación puede influir en la composición de la comunidad de abejas (Murray *et al.*, 2009). La reducción de árboles grandes reduce la disponibilidad de sitios de anidación afectando a las ASA (Samejima *et al.*, 2004) ya que la disponibilidad de cavidades con la capacidad de albergar nidos es un factor limitante para las Meliponini (Michener, 2013). De manera general, se puede decir que los bosques maduros ofrecen una estructura vegetal adecuada que favorece a las comunidades de ASA, pero para casos específicos existe evidencia de que hay especies que aparentemente no se ven afectadas por perturbaciones como *Tetragonisca angustula*, la cual puede ser abundante en sitios tanto alterados como no alterados (Melendez *et al.*, 2013).

La vegetación es importante para la alimentación y anidación de las ASA. Su alimentación consiste en polen y néctar al igual que toda la familia Apidae, de la cual sus especies son los visitantes florales más abundantes de los trópicos (Hrncir y Maia-Silva, 2013). El polen provee la única fuente de proteína a las abejas que es necesaria para el desarrollo larval y también suple otras necesidades como lípidos, esteroides, vitaminas y minerales, mientras el néctar por su parte es llevado desde las flores hasta el nido para alimentar larvas y preparar la miel, ambos componentes tomados de un amplio rango de especies (Kajobe, 2013). El polen es la principal fuente proteica y es el único que es exclusivamente de origen floral, ya que el néctar puede ser obtenido de fuentes extraflorales (Eltz *et al.*, 2002).

El recurso alimenticio es el principal factor limitante, debido a que la densidad de nidos está determinada por la disponibilidad de alimentos o por la competencia por lo mismos (Eltz *et al.*, 2002). En algunos casos se ha determinado que la disponibilidad de árboles no se considera factor limitante, en contraste con la disponibilidad de recurso floral (Silva, Ramalho y Monteiro, 2013), el cual incluye herbáceas y arbustos entre otros hábitos. La mayoría de abejas sin aguijón son forrajeras generalistas y usualmente colectan gran variedad de plantas como alimento, generando un traslape en la dieta en

varias especies de Meliponini en términos de las fuentes de alimentación utilizadas. Lo que implica una competencia debido al uso de recursos comunes, provocando una reducción en la eficiencia de forrajeo en los parches de comida y disminuye la cosecha de polen y néctar de la colonia, la supervivencia de una colonia depende del éxito de los forrajeros en la colecta de carbohidratos y polen (Hrncir y Maia-Silva 2013).

Se ha observado que las fuentes de polen en abejas sin aguijón no muestran una fuente dominante, si no una variabilidad de recursos de polen, así como un observado traslape de recursos entre especies. La tribu Meliponini es catalogada como especialistas con mieles monoflorales y en otras como generalistas con mieles heteroflorales. Esto depende de las plantas con floración disponible, número de flores, contenido de azúcares y agua del néctar y condicionado también a cada especie de abeja. (Barth, 2013).

Las especies de plantas utilizadas más importantes son árboles, arbustos, hierbas, trepadoras (lianas-bejucos), en orden de importancia (Kajobe, 2013). Las plantas de floración masiva ofrecen más del 90% de la entrada nutricional anual de la colonia (Hrncir y Maia-Silva 2013). En los bosques existen especies de plantas que solo ofrecen polen, o solo néctar, en los bosques tropicales maduros, más del 25% solo provee polen, en algunos casos un sexo solo provee polen y aroma y el otro sexo solo aroma debido a su condición dioica (Roubik y Moreno, 2013). Además, las abejas utilizan determinadas especies de plantas por un periodo limitado. Durante un limitado periodo de floración hay un movimiento significativo de abejas entre plantas de la misma especie. Esto favorece a una exitosa polinización cruzada (Kajobe, 2013).

Si bien la vegetación resulta ser de suma importancia como fuente alimenticia, la diversidad y riqueza de la tribu Meliponini también se ve reflejada en el comportamiento de sus distintas especies. El polen y el néctar son principal fuente alimentaria, pero algunas especies presentan excepciones, algunas son necrófagas y otras especies toman las reservas de recursos de otras especies de ASA, lo que se ha denominado como ladronas (Sánchez y Vandame 2013).

Importancia de las ASA: De la misma manera que las plantas son importantes para abejas sin aguijón, recíprocamente las abejas son importantes para la vegetación y para el ecosistema, ya que

durante su búsqueda de polen producen la polinización de las plantas. Es importante subrayar que la familia Apidae es la principal visitadora floral de los trópicos y utiliza una amplia riqueza de especies como fuente de polen (Ramalho *et al.* 1990; Hrnccir y Maia-Silva, 2013; Kajobe, 2013). La importancia de las ASA en el fenómeno de la polinización de los ecosistemas naturales resulta indispensable, pero además, Cortopassi-Laurino *et al.* (2006) recopilan que las abejas sin aguijón pueden ser consideradas como una alternativa ante la abeja *Apis* para la polinización de cultivos comerciales.

Otros aspectos importantes de las abejas sin aguijón están en el ámbito cultural y medicinal. Algunas especies de Meliponini han sido especies utilizadas desde tiempos precolombinos, el manejo, crianza y producción de este grupo se le conoce como meliponicultura. Actualmente y de manera general en el neotrópico esta actividad es llevada a cabo por diversos grupos étnicos y comunidades rurales de manera rústica, con características locales de acuerdo con el conocimiento regional y tradicional (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006; Aguilar *et al.* 2013).

Manejo de las ASA: Los primeros indicios de la meliponicultura ocurrieron en el área dominada por la civilización maya en Mesoamérica y raramente ocurrió en el resto del trópico americano (Jones, 2013). La importancia cultural de las ASA ha sido registrada a través del tiempo por las comunidades tradicionales, los orígenes de la meliponicultura surgen en tiempos precolombinos y los reportes se remontan a los registros españoles acerca de los antiguos pueblos mayas, dicha práctica tenía una importancia cultural basada en una especie llamada Xunan-Kab (*Melipona beecheii*) registrada con ideogramas en los códices maya (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006, Souza *et al.* 2013). En dicha cultura los usos eran diversos y de alta importancia cultural mediante la medicina y rituales religiosos (Rosales, 2013).

En el sur de América, otro pueblo tiene a las ASA como componente cultural importante. Los Kayapó es una cultura de Brasil donde las ASA tiene un importante rol etnobiológico, nombran y clasifican 34 etnoespecies, de las cuales realizan manejo de nueve especies (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006). Hasta el día de hoy son considerados grandes expertos en el uso tradicional de las abejas sin aguijón (Souza *et al.* 2013). Los insectos sociales forman parte fundamental en el modelo de mundo natural del universo Kayapó. Aprovechan resinas y cerumen para sus artefactos y medicina (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006).

En Brasil encontramos a los Guaraní-m'byá quienes utilizan sus productos para actividades ceremoniales y medicinales, así como el pueblo Kaiabi que reconoce 27 etnoespecies (Souza *et al.* 2013). Mientras que, en África, los pueblos Batwa, Abayanda, Bakiga y Bafumbira en el bosque de Bwindi usa la miel de una ASA llamada *Meliponula ferruginea*, entre otras especies, también para uso medicinal (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006).

La meliponicultura en Centroamérica se origina de los mayas de la península de Yucatán, que fue difundida a otras culturas indígenas centroamericanas, práctica que fue desarrollada en el Pacífico de Costa Rica, particularmente en Nicoya (Kent, 1984; Aguilar *et al.* 2013, Jones, 2013). En Costa Rica, la miel y cerumen fueron productos vendidos por indígenas para pagar impuestos a los conquistadores, principalmente los habitantes de la península de Nicoya. Esta zona fue importante para la producción de miel en el mercado nacional hasta épocas tempranas del siglo XX (Souza *et al.* 2013). La práctica de la meliponicultura en Nicoya, reportada por Kent (1984), actualmente es menos prevalente. Particularmente en Sta. Cruz, Hojanca, Filadelfia y Miramar son reconocidas por su meliponicultura tradicional. En las demás regiones del país dicha práctica es menos común en relación con estas zonas (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006).

La meliponicultura resulta ser una actividad culturalmente relevante. Se observa además que, en las comunidades tradicionales e indígenas, es frecuente el registro de la miel para uso medicinal. En Latinoamérica, esta práctica también es habitual, el uso de la miel de ASA es principalmente más para uso medicinal que como edulcorante (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006). Las mieles se han registrado en usos como antiséptico de uso tópico, el propóleo presenta múltiples aplicaciones farmacológicas como antiinflamatorio, antioxidante, antimicrobiano y antiviral. En Centro y Suramérica es valorada tradicionalmente por sus usos contra la tos, infecciones en garganta, fiebre y para el tratamiento de cataratas oculares (Jones, 2013). Aplicaciones médicas de estos productos siguen ocurriendo intensivamente en diversas comunidades indígenas de Centro y Suramérica (Souza *et al.* 2013). En Costa Rica de manera particular, la miel de ASA tiene reputación de ser mejor que la miel de *A. mellifera* para el tratamiento de quemaduras y heridas, y se ha demostrado actividad antibacteriana superior a la de *A. mellifera* en mieles de *T. angustula* y *M. beecheii* (Zamora *et al.*, 2013). Además, se

ha encontrado recientemente una significativa actividad antibiótica sobre las biopelículas bacterianas (Zamora *et al.*, 2017).

Las ASA por su importante relación con los humanos, resultan ser objetos de manejo y explotación. Lo que deriva en una actividad económica complementaria en las comunidades rurales en un contexto de un mercado pequeño y restringido en Latinoamérica, pero emergente (Alves, 2013). Por tal motivo es necesario recopilar las amenazas que afectan de manera global a las ASA para considerarlos como parámetros a evaluar.

Conservación de las ASA: Las amenazas en ASA, se definen a partir de los principales recursos requeridos, estos son la alimentación como factor fundamental, complementado con la disponibilidad de sitios de anidación y la competencia. Estos aspectos afectan los tamaños poblaciones, originados por factores determinantes como la pérdida de hábitat, fragmentación, sobreexplotación, especies introducidas, contaminación y cambio climático (Murray *et al.* 2009). Esto ha provocado que desde el Siglo XX la meliponicultura ha estado bajo amenaza, debido a la deforestación y urbanización que reducen las áreas de forrajeo y los potenciales sitios de nidos que funcionan como reservas que pueden ser obtenidas para actividades de meliponicultura (Jones, 2013).

Los factores que afectan a las comunidades de ASA, los podemos clasificar por sus efectos, ya sean estos directos o indirectos (Roulston y Goodell, 2011): Los efectos directos consisten en la disponibilidad y abundancia del recurso alimentario, la disponibilidad de sitios de anidación y los riesgos incidentales los cuales incluye la agricultura, los depredadores y parásitos o enfermedades. Mientras que en los efectos indirectos consisten en manejo o uso del suelo, paisaje, especies invasivas, y la perturbaciones o alteraciones ambientales. Los autores catalogan estos últimos como indirectos porque surgen de los impactos generales que influyen a las poblaciones de abejas primariamente a través de cambios subsecuentes en factores que tiene mayor impacto directo.

El factor principal con efecto directo que determina en mayor magnitud el estado de las poblaciones y comunidades de abejas es la disponibilidad de alimento. La densidad floral local y la abundancia poblacional están relacionadas positivamente. Esta abundancia de recursos debe contemplarse espacial y temporalmente. La disponibilidad de recursos incluye la consideración de

factores como la calidad y composición (Roulston y Goodell, 2011). La distribución de recursos florales determina la estructura y la composición de la comunidad de abejas y al ser las abejas forrajeras de polen obligatorias se genera una relación abejas-flores en cuanto abundancia y riqueza de manera positiva (Murray *et al.* 2009).

La disponibilidad de sitios de anidación que también es un factor con efectos directos, al igual que la disponibilidad de alimento se ve afectada principalmente por actividades humanas, como por ejemplo la deforestación que afecta la frecuencia de los sitios disponibles (Eltz *et al.* 2002). De manera particular esta actividad afecta a las poblaciones removiendo la vegetación nativa, suprimiendo o cambiando el recurso floral y de anidamiento (Freitas *et al.* 2009). Los efectos de la deforestación en Brasil se han determinado de manera negativa sobre especies de ASA del género *Melipona* (Brown y Albrecht, 2001). La estructura de la vegetación local limita el recurso de anidación. Los bosques maduros o las cercanías a parches de bosque favorecen la disponibilidad de sitios de anidación. Aunque en algunos estudios la densidad de nidos es mejor explicada por la disponibilidad de polen, es decir, determinado por el recurso alimenticio, la disponibilidad de sitios de anidación se considera como un factor potencialmente limitante, debido a que la disponibilidad de sitios de anidación procura el aumento del tamaño de las poblaciones (Roulston y Goodell, 2011).

La agricultura genera también efectos directos sobre las comunidades de abejas, ya sea por el cambio de uso del suelo y la exposición a depredadores (Roulston y Goodell, 2011). Pero la principal amenaza de esta actividad surge en las prácticas para el manejo de plagas y es que la contaminación en general y el uso indiscriminado de pesticidas ha producido muerte de muchas colonias de abejas nativas (Jones, 2013). Lo que genera no solo un impacto ecosistémico, también una consecuencia negativa por el aporte que las abejas entre otros polinizadores generan a la producción agrícola a través de la polinización (LeBunh *et al.*, 2016).

En cuanto a los principales factores con efectos indirectos antropogénicos tenemos el manejo de la tierra, principalmente el uso de suelo en pastizales que reduce la abundancia y diversidad de recursos florales. También los disturbios por fuego, que genera cambios en la estructura y composición vegetal. Además, el contexto del paisaje, ya que la abundancia y riqueza estimada de abejas en un área específica está relacionada con el tipo, cantidad o conectividad del área que se encuentran alrededor

(Roulston y Goodell, 2011). La distancia al bosque es un factor importante en la composición de abejas, en Costa Rica se ha observado que en el borde de los bosques la proporción de abejas nativas fue mayor que la de *Apis*, mientras que las áreas de paisaje rural, la proporción fue la opuesta (Brosi *et al.*, 2007). La comunidad de abejas responde a los tamaños de fragmento del bosque, forma, aislamiento y contexto del paisaje, estas variables en los bosques húmedos de la zona Sur de Costa Rica no muestran efecto en la abundancia y la riqueza, pero sí en la composición de la comunidad de abejas (Brosi *et al.*, 2008).

Finalmente, la presencia de especies exóticas e invasivas se les considera responsables de efectos indirectos ya que principalmente especies de plantas e insectos pueden cambiar la disponibilidad o composición de los recursos o generar competencia por los mismos (Roulston y Goodell, 2011). De manera específica, la presencia de *A. mellifera* ha generado una importante discusión sobre su efecto negativo sobre las poblaciones de ASA (Goulson, 2003; Freitas *et al.*, 2009; Roulston y Goodell, 2011; Jones 2013; Villanueva-Gutierrez *et al.*, 2013).

A. mellifera es quizás el insecto de mayor distribución y el más abundante del planeta. Ha sido introducido a casi todos los países. Originaria de África, oeste de Asia y sureste de Europa, domesticada hace al menos 4000 años, pero su interacción con el humano es difícil de determinar el origen. Las poblaciones ferales ocurren actualmente en Asia, Norte y mitad de Suramérica, así como Australia. Además, la variedad africana *A. mellifera scutellata* se extiende en el neotrópico incluso el norte de América luego de su introducción en Brasil en 1957 (Goulson, 2003).

La introducción de *A. mellifera* se considera un ejemplo clásico de los efectos de las especies exóticas sobre las poblaciones de especies nativas. En América la introducción de *A. mellifera* ocurre con la llegada de las variedades europeas en el S. XVI y de *A. mellifera scutellata* una variedad africana en el Siglo XX. Se considera que la introducción de esta especie tuvo un impacto social positivo con la producción y colecta de miel. Sin embargo, grandes poblaciones de *A. mellifera* pueden generar impactos negativos en las poblaciones de abejas sin aguijón y en la meliponicultura (Freitas *et al.* 2009). En México, por ejemplo, se le atribuye a *A. mellifera*, ser una de las principales causas la disminución de poblaciones de *Melipona beecheii*, una especie de alto valor cultural y económico en dicho país (Freitas *et al.*, 2009; Villanueva-Gutierrez *et al.*, 2013). *A. mellifera* ha sido utilizada por

siglos como polinizadores de cultivos, pero hay casos específicos para los cuales esta especie no es capaz de llevar a cabo esta función, principalmente en plantas nativas. Incluso se considera en algunos casos parasitismo floral, es decir, el uso del recurso floral sin una eficiente transferencia del polen, por lo tanto un posible ausencia de polinización (Goulson, 2003).

Dentro de los posibles efectos negativos de las abejas exóticas se consideran: competencia con los visitantes de flora nativa por los recursos florales. Competencia con organismos nativos por sitios de anidación. Transmisión de parásitos o patógenos a organismos nativos. Cambios en la composición de semillas de plantas nativas, incrementos o decrecimiento. Así como polinización de hierbas exóticas (Goulson, 2003).

Goulson (2003) en un amplio desarrollo de este tema indica que no existe evidencia indiscutible para demostrar impactos negativos de la competencia de las abejas introducidas, dado a las dificultades metodológicas para realizar rigurosos experimentos, pero a su vez, esto no puede ser interpretado como la ausencia de competencia. Agrega que varios autores han concluido que la competencia de la abeja *Apis* con los organismos nativos es inevitable. Esto porque es razonable predecir que las abejas introducidas compitan con las abejas nativas debido a que son muy similares en términos del nicho ecológico.

Otro aspecto que es necesario rescatar de Goulson (2003) es que recopila que incrementos en las poblaciones de *A. mellifera* están asociados con disturbios ambientales antropogénicos, lo que puede explicar el declive de abejas. Esto nos debe evocar a que la mayor parte de las acciones que causan efectos negativos sobre las comunidades de abejas nativas tienen como factor común las acciones humanas, por lo que no se deben considerar las especies animales, por exóticas o invasivas como dañinas, ya que su presencia y expansión se debe a la ausencia de prácticas de conservación y manejo de los recursos naturales.

Abejas e islas: En cuanto al abordaje de la conservación en Islas, además de la categorización de los factores en aquellos que tienen efectos directos e indirectos, las afectaciones en los insectos en islas se pueden categorizar en internos y externos. Internas tienen que ver con los cambios en los ecosistemas de la isla por actividades humanas, y las externas son los impactos de las especies exóticas

(New, 2008). Los factores internos son los mismos que se han abordado: pérdida de hábitat y cambio, agricultura, cambio de uso de suelo. Por tanto, las categorías que plantea New (2008) para la conservación de insectos en islas, a partir de lo propuesto por Roulston y Goodell (2011), trata sobre factores con efectos indirectos y además, todos ellos de origen antrópico. New (2008) destaca nuevamente la influencia especies exóticas, es por su parte el tema clave en la conservación de insectos en islas.

Cualquier especie representa una importancia ecológica que justifica su conservación, en el caso de las abejas, Murray *et al.* (2009) destaca la importancia de estos insectos en la restauración ecológica ya que debido a la dificultad en la islas o sitios aislados de que las abejas logren llegar y establecerse, puede ser un factor limitante en procesos de polinización, por ello la importancia de conservar poblaciones y comunidades saludables. Resalta que la pérdida de riqueza, es decir la extinción de especies, puede llevar a una reducción de la polinización y que las interacciones o las redes de planta- polinizador, pueden ser tolerantes, pero no inmunes a la extinción.

Ser humano y valorización de su entorno: La conservación de las especies en entornos donde se convive con comunidades humanas, hace necesario establecer estrategias y acciones que permitan educar ambientalmente y generar un diálogo que permita explorar el conocimiento local sobre el entorno ambiental. Lo anterior, para reconocer fortalezas y debilidades de la conservación de la naturaleza y el manejo de los recursos naturales. Esto debido a que las comunidades son fuente de información teórica y práctica basada en la observación de la biología y la ecología de los animales distribuidos en su región (Marques *et al.*, 2017). Cuando este conocimiento es retenido por un grupo específico de personas para referirse a su entorno este es llamado conocimiento ecológico local (Olsson y Folke 2001). Los estudios que han incluido este conocimiento local y el involucramiento de las comunidades humanas han generado mejores resultados en acciones de conservación y planes de manejo.

Marques *et al.* (2017) destacan que los jóvenes adolescentes y los niños juegan un rol importante en la construcción de este conocimiento local en áreas rurales, dado que ellos llevan el conocimiento formal obtenido en sus centros educativos o en sus hogares y transmiten sus experiencias sobre las prácticas familiares en el uso de la tierra y en el ambiente escolar-colegial. La educación

ambiental provee herramientas para que las personas actúen directamente sobre la calidad del ambiente y los proyectos científicos pueden ser llevados a cabo para que los ciudadanos involucrados aprendan acerca del ambiente e induce a los interesados en los procesos de investigación científica. Generando una integración de saberes , el local y el científico, se pueden lograr mejores resultados.

3. Marco metodológico

3.1. Sitio de estudio

Isla Caballo se ubica en el Golfo de Nicoya (09,98 N; 84,96 O), mediciones realizadas con la información del Atlas de Costa Rica (2014) se obtiene que se encuentra a 11,8 Km al oeste de la ciudad de Puntarenas. Esta Isla presenta una forma alargada y un área de 3,6 Km², con un largo máximo de 6,1 Km y un ancho máximo de 1,1 Km. Se encuentra dentro de la zona de vida del bosque tropical seco de transición a húmedo (Janzen, 1991) se clasifica como bosque semideciduo deciduo (Gómez, 1986). Se localiza a 4 Km de la línea continental y a aproximadamente 700 m de la isla más cercana, I. Bejuco.

Durante los recorridos realizados se ha observado que la cobertura predominante es el bosque, los asentamientos humanos se localizan a lo largo de la costa con pocas casas a lo interno del territorio insular, el cual se caracteriza por ser muy irregular y con importante pendiente. Existen muy pequeñas áreas de manglar, el cual fue explotado por los primeros pobladores que llegaron durante la primera mitad del siglo XX (comunicación personal, PDICRC, 2016). Frecuentan asociaciones vegetales de bromelias y cactáceas. Se destaca la ausencia de ganadería y agricultura como actividad económica, esto debido a la escasez de agua no ha sido posible el desarrollo de la agricultura, así como los intentos de mantener ganado bovino en la parte interna, así lo reseñan los miembros de la comunidad de Isla Caballo.

3.2. Objeto de estudio:

Esta investigación tiene como objeto de estudio a las abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de Isla Caballo, las cuales son reconocidas de manera taxonómica como la tribu Meliponini de la familia Apidae.

3.3. Diseño de investigación:

Esta investigación incluye como parte de su diseño, tres parcelas de muestreo, donde se aplicaron al menos dos metodologías para dos distintos objetivos, los que se señalarán más adelante. Las parcelas se identifican como PM1, PM2 y PM3 (Figura 1). Cada una de estas parcelas presentaba forma cuadrangular con 50 m de lado, para un área por parcela de 2 500 m² y un área total de 7 500 m². Estas parcelas se ubicaron al interior de la isla y separadas entre sí de manera equidistante, una ubicada hacia el centro de la isla y dos hacia los extremos. Además, se utilizaron los senderos existentes en la

isla para el muestreo de abejas. Los demás sitios de la isla que no abarcan el sendero no se recorrieron por falta de acceso debido al tipo de terreno y la elevada pendiente, aspecto que se detectó en un proceso de premuestreo.

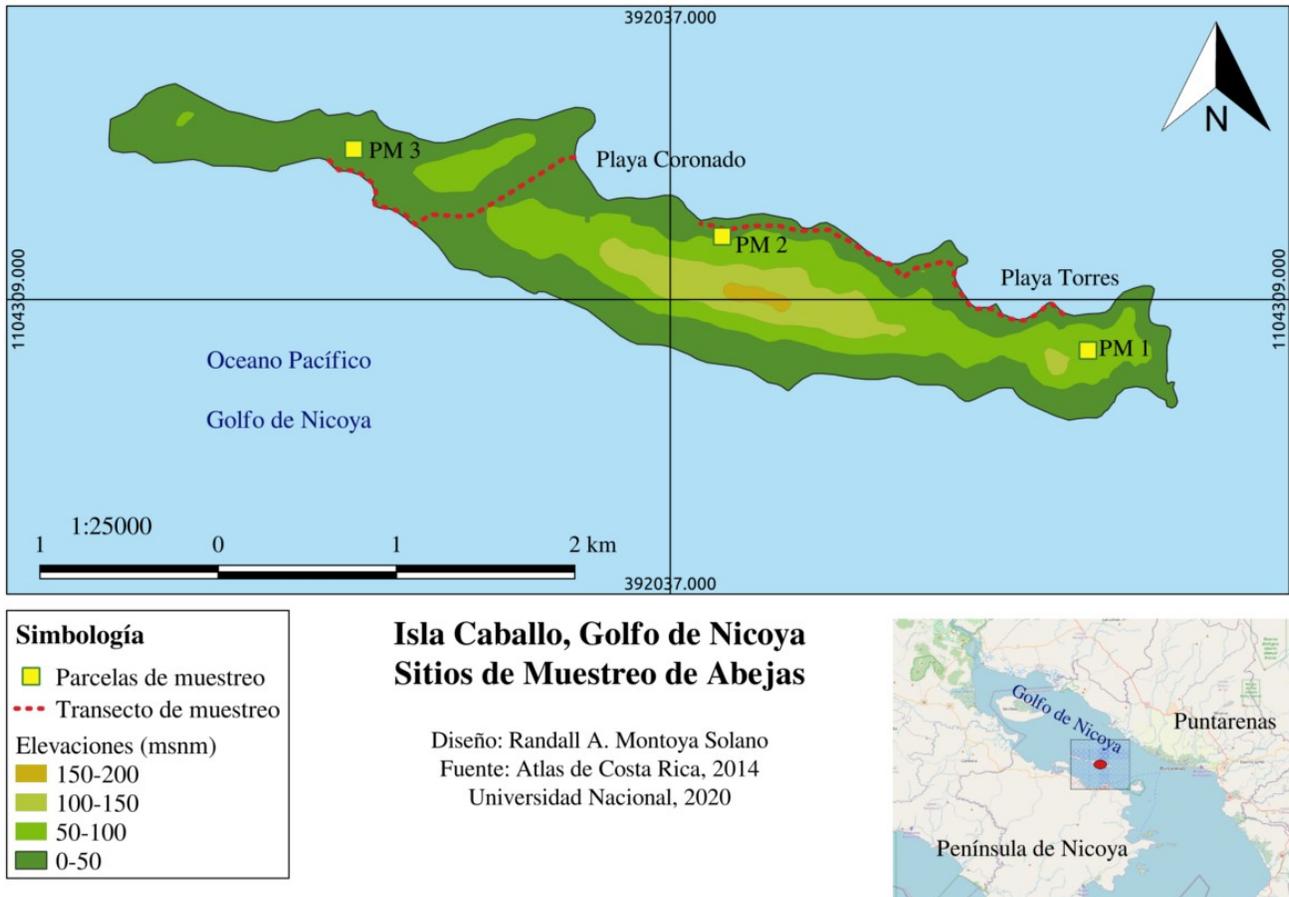


Figura 1. Mapa de Isla Caballo (Costa Rica) donde se detallan los sitios de muestreo de las abejas (cuadros amarillos) durante el año 2018.

3.3.1 Diversidad de abejas: Se utilizaron cuatro métodos para describir la diversidad de especies de ASA que se encuentran en Isla Caballo.

Primero, se realizó una lista de especies a partir de la recopilación e identificación de los especímenes almacenados en la colección de referencia del CINAT, colectados en Isla Caballo producto de la pasantía realizada por el proponente en el PDICRC que incluyó muestreos durante el 2016 y el 2017 en los mismos sitios donde se desarrolló el muestreo de este proyecto.

Segundo, se realizaron muestreos a partir del método de trampas de plato, según se especifica en el protocolo para la detección y monitoreo de comunidades de polinizadores de la FAO (LeBuhn *et al.* 2016), el cual consiste en el uso de recipientes en forma de taza o plato, de colores blanco, amarillo y azul, con agua jabonosa en el fondo para romper la tensión superficial y una solución de agua con miel que se rocea sobre la unidad como atrayente. Para ello, en las parcelas de muestreo se colocaron 25 trampas por parcela, distribuidas de manera uniforme separadas entre sí cada diez metros. Las trampas permanecieron activas durante la mañana (06:00-12:00 hrs) y se instalaron la tarde previa a la captura. Estas trampas se colocaron por tres muestreos, entre marzo y mayo del 2018, pero se descartó continuar su uso debido a que no se lograron capturas y demandó tiempo de instalación.

Tercero, se realizaron muestreos por búsqueda intensiva y captura de red, mediante recorridos de los transectos que comunican los distintos sitios de la isla. (06:00-10:00 hrs). El recorrido es de 4,1Km (Figura 1) y para abarcarlo en su totalidad en el horario definido se requirió dividir el trayecto en dos partes y realizarlo en dos días consecutivos. Se realizaron seis muestreos, desde marzo hasta setiembre del 2018, cumpliendo aproximadamente un muestreo por mes.

Cuarto, se realizó un muestreo de los nidos, en las parcelas y transecto. Para cada nido se colectaron un máximo de 10 obreras que fueron preservadas para su identificación (Silva *et al.*, 2013). Además, se registró información complementaria como tipo de sustrato y coordenadas para considerar tal información en el análisis de estrategias de manejo. Este muestreo también se ejecutó de marzo a setiembre aproximadamente cada mes.

Para cada uno de los muestreos especificados, los especímenes fueron preservados para su identificación en el Programa Integrado de Meliponicultura (PIM) del CINAT y se almacenaron en la colección de referencia de dicha unidad académica (Anexo 1). La información generada se utilizó para luego determinar la riqueza y frecuencia de ASA del sitio de estudio.

4.3.2. Recurso vegetal: En cada parcela se midieron las características vegetales que se consideran determinantes para las poblaciones de ASA: el DAP (a 1,3 m) y especie. Para los árboles que no fue posible identificarlos *in situ*, se colectó una muestra botánica para su identificación posterior en el

herbario Anastasio Alfaro de la Escuela de Ciencias Biológicas. Solamente se consideraron los árboles con un DAP igual o mayor a 10 cm.

4.3.3. Frecuencia de *A. mellifera*: Para determinar la frecuencia de la especie exótica, se registró junto con los muestreos de riqueza en las parcelas y en transectos las colectas de *A. mellifera*, donde la frecuencia fue determinada por el número de ocasiones en que la especie fue registrada en cada visita en relación con las observaciones totales de abejas, esto es número abejas Meliponini más el número de abejas melíferas.

4.3.4. Conocimiento ecológico local: Para estudiar el conocimiento local entorno a las abejas sin aguijón de la isla y el entorno ambiental, se realizaron tres talleres con los estudiantes de secundaria de Isla Caballo, pertenecientes a la Unidad Pedagógica Isla Caballo (UPIC), dicho grupo se seleccionó por las características mencionadas anteriormente sobre la importancia de los jóvenes en los procesos de transmisión de información del hogar-centro educativo y viceversa (Marques *et al.* 2017). Se contó con la participación de 11-15 estudiantes en cada taller con rango de edad desde los 13 a los 27 años con una edad promedio de 16 años.

En el primer taller se aplicó una encuesta (Anexo 2) para evaluar el conocimiento sobre las abejas, así como una entrevista grupal (Anexo 3) para la descripción del conocimiento local, donde todas las personas participantes se sentaron en círculo e iban conversando según las preguntas de una lista previamente elaborada. Esta sesión fue complementada con una actividad de educación ambiental sobre la biología de las abejas nativas y como aprender a reconocerlas. La encuesta y la lista de preguntas se construyó con aspectos como el reconocimiento de especies, uso de los recursos naturales locales no marinos, conocimiento sobre recurso vegetal y el bosque, valoración del entorno ecológico y reconocimiento de amenazas, así como la importancia de las abejas en su entorno.

El segundo taller, a partir del análisis del conocimiento local de los estudiantes, se abordó una breve charla para complementar la información recopilada incluyendo aspectos sobre biología de las abejas, factores de amenaza y conservación. Con esto posteriormente se propusieron acciones desde la vivencia comunal para la conservación de las abejas. Para ello se realizó una actividad con cuatro grupos de trabajo, donde a partir de una lista de posibles amenazas que fueron explicadas previamente

en la charla, los estudiantes seleccionaban cuales existían en el territorio y las localizaban en un mapa. También de una lista de posibles acciones para la conservación, que fueron previamente definidas, los estudiantes seleccionaban cuales acciones se podrían realizar, cuándo, responsables y posibles instituciones colaboradoras (Anexo 4).

En el tercer taller, se realizó una actividad de cierre donde se ejecutaron algunas prácticas con fines lúdicos, como la degustación de mieles de tres especies de abejas, elaboración de trampas para captura de enjambres de abejas sin aguijón, videos y ejercicios de evaluación del conocimiento incorporado en el proceso. Esto incluye asociación de especies de abejas, exposición del póster con los resultados generados por los estudiantes (Anexo 5) y la aplicación de dos instrumentos, uno similar al del taller 1, para evaluar los cambios generados en el proceso (Anexo 6) y otro para retroalimentación del taller.

Para la lista de preguntas utilizadas se contó con la revisión y asesoría de Silvia Rojas, socióloga y coordinadora del Programa Interdisciplinario Costero del IDESPO. Para la encuesta se contó con la revisión nuevamente de Silvia Rojas, así como de Emma Durán, antropóloga y académica del Centro Universitario Turrialba de la UNED.

3.4 Descripción de análisis realizado:

Diversidad de abejas: Para determinar la riqueza específica se analizaron todos los especímenes colectados por los distintos métodos, así como la información de referencia de la colección del CINAT.

Se realizó la función de acumulación de especies no paramétrica Chao2, además, se realizó un análisis de la dominancia a partir del índice de Simpson y de equidad con el índice de Pielou (Moreno, 2001).

Cuadro 1: Estimadores de diversidad utilizados para el análisis de la comunidad de abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo, Costa Rica.

Estimador	Formula	Descripción	Fuente
Índice de Simpson (Dominancia)	$\lambda = \sum p_i^2$	Donde p_i = abundancia relativa de la especie i . Indica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie.	Moreno, 2001.
Equidad de Pielou	$J' = H' / H'_{\max}$	Donde H' corresponde al índice de Shannon-Wiener: $H' = -\sum p_i \ln p_i$. Así J' estandariza los valores máximos y mínimos de H' desde 0 a 1, donde 1 es la situación en que todas las especies son igualmente abundantes.	
Chao2	$Chao2 = S + L^2 / 2M$	Donde S es la riqueza específica, L corresponde al número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”) y por último M es número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.	

Recurso vegetal: A partir de la composición se obtuvo la frecuencia de especies de importancia para las abejas según las listas de especies presentadas por Ramalho *et al.* (1990), Poveda y Sánchez-Vindas (1999), Aguilar *et al.* (2013) y Kajobe (2013). Las especies vegetales se clasificaron en tres tipos de categorías según su importancia: a) alimentaria: son aquellas que se reportan como fuente de néctar y/o polen, b) anidación: son aquellas que se reportan como sustrato de anidación, c) alimentaria y anidación: cuando la especie brinda sustrato para anidación, así como polen y/o néctar. También se realizó una caracterización general de la comunidad vegetal respecto a la composición de especies y estructura según su clasificación diamétrica.

Frecuencia de *A. mellifera*: De manera descriptiva se obtuvo la frecuencia con que ocurren las abejas Meliponini y *A. mellifera*. Se realizó una comparación respecto al número de observaciones por visita de *A. mellifera* y las Meliponini. Para determinar si existe diferencia entre la frecuencia de cada grupo taxonómico en el sitio de estudio, se aplicó una prueba de Chi cuadrado.

Conocimiento ecológico local: La información generada de la entrevista grupal se utilizó para realizar un análisis cualitativo según la guía planteada por Fernández (2006) para el método de análisis de texto libre a través de códigos. Por otra parte, los datos generados de cada pregunta de los instrumentos fueron sistematizados para generar análisis de frecuencias. Para la identificación de amenazas se realizó una lista con las amenazas indicadas. Además, con las recomendaciones de acciones para la conservación se integraron las sugerencias de los cuatro grupos un plan de acción general.

4. Resultados

4.1. Diversidad

En total se analizaron 356 especímenes de abejas de Isla Caballo, de los cuales 138 de capturas previas estaban en la colección del CINAT, 218 fueron capturados en los muestreos de este proyecto y constituyen nuevos aportes para el acervo de la colección. El 78,55% de las muestras correspondieron a especímenes de la familia Apidae, el 14,78% correspondió a la familia Halictidae y el 6,67% a la familia Megachilidae y se lograron identificar 15 géneros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Lista de los géneros de abejas de las tres familias encontradas en Isla Caballo, Costa Rica.

Familias de abejas		
Apidae	Halictidae	Megachilidae
<i>Apis</i>	<i>Augochlora</i>	<i>Coleoxys</i>
<i>Centris</i>	<i>Augochlorella</i>	
<i>Euglossa</i>	<i>Augochloropsis</i>	
<i>Eulaema</i>	<i>Lasioglossum</i>	
<i>Gaesischia</i>		
<i>Nannotrigona</i>		
<i>Paratetrapedia</i>		
<i>Peponapis</i>		
<i>Plebeia</i>		
<i>Xylocopa</i>		

En total 178 muestras correspondieron a abejas de la tribu Meliponini, representando un 50% de los especímenes. Se encontraron dos especies de abejas Meliponini, *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1878) y *Plebeia frontalis* (Friese, 1911) (Anexo 1). Dentro de las abejas solitarias se destaca la presencia del género *Peponapis*, especialista en cucurbitáceas que anidan en el suelo, y *Xylocopa* que nidifican en galerías y túneles en madera.

En cuanto a los métodos de muestreo el 61% de los especímenes fueron capturados mediante la búsqueda intensiva en el sendero con la red, mientras que el 39% de las muestras proviene del muestreo de nidos. Por otra parte, no se registró ninguna captura con el método de trampas plato.

Se registraron un total de 13 nidos de Meliponini, 10 de la especie *N. perilampoides* (76,9%) y tres de la especie *P. frontalis* (23,1%) (Figura 2). Solo el 30,8% del total de los nidos utilizó el concreto como sustrato, todos de la especie *N. perilampoides*. Las especies de árboles que albergaron nidos se dividen en dos familias botánicas. El 53,8% de los nidos se hallaron en árboles de la familia Moraceae, específicamente del género *Ficus*, mientras que el 15,4% en árboles de la familia Fabaceae, particularmente *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (guanacaste) y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (madero negro).

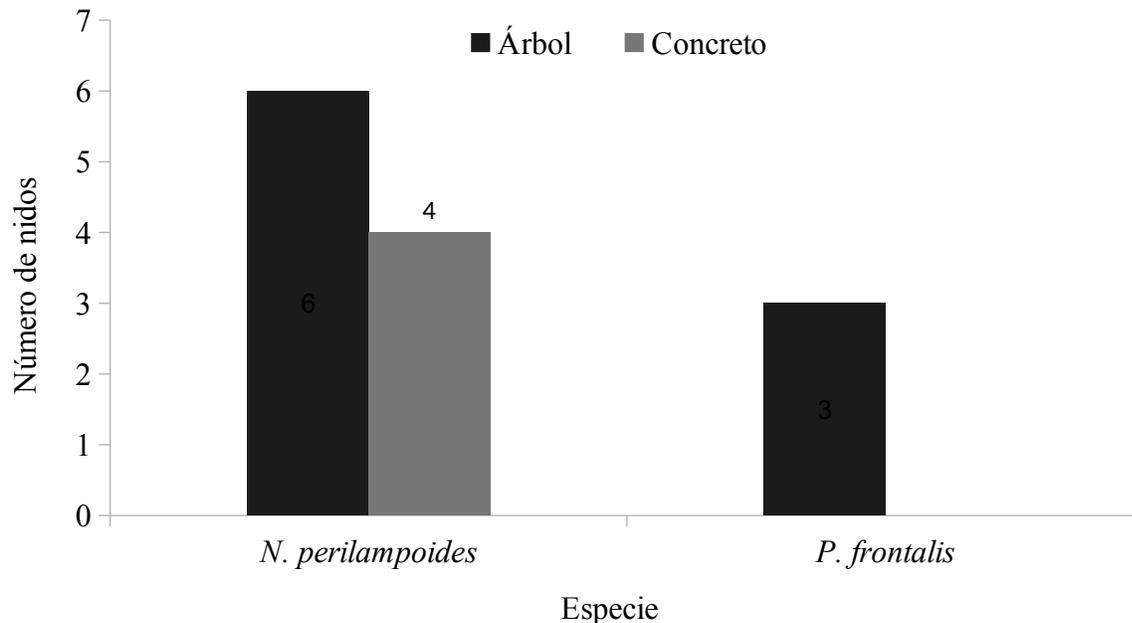


Figura 2. Abundancia de nidos de abejas Meliponini según el tipo de sustrato encontrados en Isla Caballo, Costa Rica, 2018.

De los seis puntos donde se encontraron el total de nidos, el 76,9 % se encontraban agregados, es decir, se encontraban dos o más nidos en un mismo punto. La especie *N. perilampoides* presentó el 60% de sus nidos agregados mientras que *P. frontalis* el 100%. Cada punto registrado tuvo en promedio 2,17 ($\pm 1,33$) nidos. El punto registrado como el punto 2 tuvo el mayor agregado con 4 nidos

(Cuadro 3). Este punto, junto con los puntos 3 y 4 se encuentran entre sí a una distancia promedio de 0,65 m, conformando un complejo de tres puntos donde se formó un sitio de alta densidad que registró el 61,5% del total de nidos encontrados. Este punto de alta densidad le corresponde a la especie *N. perilampoides*.

Cuadro 3. Número de nidos y tipo de sustrato de las abejas Meliponini de cada punto registrado en Isla Caballo, Costa Rica.

Punto	Nido por especie		Sustrato	Coordenadas	
	<i>P.frontalis</i>	<i>N. perilampoides</i>		Latitud	Longitud
1	3	0	Árbol	9,9893167	-84,9815667
2	0	4	Concreto	9,9928833	-84,9899667
3	0	3	Árbol	9,9929833	-84,9898000
4	0	1	Árbol	9,9930167	-84,9897667
5	0	1	Árbol	9,9873333	-84,9727333
6	0	1	Árbol	9,9891667	-84,9968167

Con respecto a la composición de la comunidad, utilizando como datos las colectas de especímenes en el transecto, para una riqueza de dos especies la comunidad de abejas Meliponini en Isla Caballo mostró una alta equitatividad y homogeneidad ($J' = 0,99$). Además, el índice de Simpson indica que hubo una dominancia compartida ($\lambda = 0,50$) por ambas especies. Por otra parte, utilizando como datos para el análisis los nidos, los índices muestran que la comunidad de abejas Meliponini en Isla Caballo mantuvo una alta homogeneidad, aunque con un valor más bajo en el índice, ($J' = 0,78$) y la dominancia no fue compartida en este caso, su valor fue mayor ($\lambda = 0,64$). Por otra parte, el número de especies observadas es el mismo que el número de especies esperadas según los estimadores de riqueza (Chao 2 = 2).

4.2. Vegetación

En 2 500 m² se contabilizaron un total de 196 árboles, distribuidos en 32 especies de 17 familias. La familia con mayor riqueza fue Fabaceae con 8 especies, representando un 25% de la riqueza. Las diez especies más abundantes abarcaron el 77,6% del total de las muestras registradas (Figura 3). La familia con mayor abundancia fue Anacardiaceae con 48 muestras lo que equivale a un 24,5%, esto se asocia a que la especie más abundante fue *Spondias mombin* (jobo) representando el 22,4% de los individuos totales.

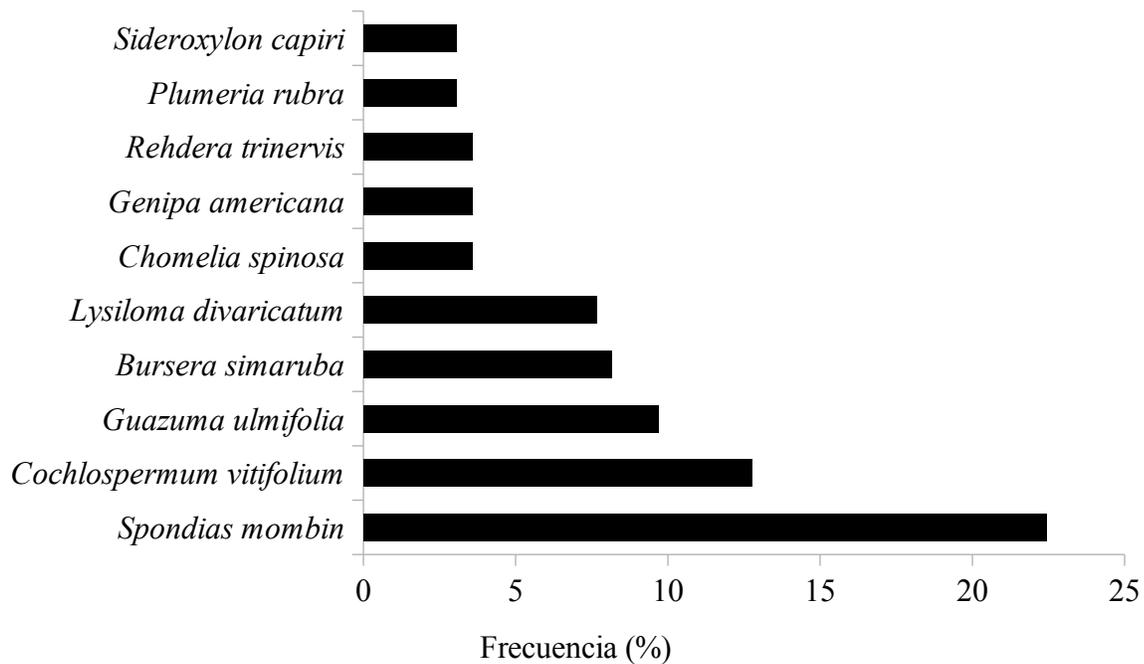


Figura 3. Frecuencia de las diez especies de árboles más abundantes en el muestreo de vegetación en Isla Caballo, Costa Rica.

El 65,6% (21 spp) de las especies arbóreas encontradas se encuentran reportadas como de importancia para las abejas (Cuadro 4), esto representó en aspectos de abundancia el 77% de los individuos. La principal categoría de importancia fue la alimentaria con el 40,6% de las especies y el 37, 8% de los individuos. La categoría con menor representación fue la de importancia de anidación con el 6,3% de las especies que acumularon el 4,6% de los individuos (Figura 4).

Cuadro 4. Lista de especies arbóreas de Isla Caballo, Costa Rica, clasificadas según la categoría de importancia para las abejas.

Familia	Especie	Importancia		Referencia
		Anidación	Alimentaria	
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	x		Aguilar, 2013.
	<i>Spondias mombin</i>	x	x	Aguilar, 2013; Kajobe, 2013; Poveda y Sánchez-Vindas, 1999; Ramalho et al, 1990.
	<i>Spondias purpurea</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999; Ramalho et al, 1990.
Araliaceae	<i>Sciadodendron excelsum</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	x	x	Aguilar, 2013.
Cordiaceae	<i>Cordia alliodora</i>	x	x	Aguilar, 2013; Ramalho et al, 1990.
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	x	x	Aguilar, 2013; Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	x	x	Aguilar, 2013; Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>		x	Ramalho et al, 1990.
	<i>Lonchocarpus sp</i>		x	Ramalho et al, 1990.
	<i>Lysiloma divaricatum</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
	<i>Samanea saman</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Malvaceae	<i>Pachira quinata</i>	x	x	Aguilar, 2013; Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Rubiaceae	<i>Calycophyllum candidissimum</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
	<i>Genipa americana</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Salicaceae	<i>Casearia tremula</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>		x	Poveda y Sánchez-Vindas, 1999.
Urticaceae	<i>Cecropia sp</i>		x	Kajobe, 2013.
Verbenaceae	<i>Rehdera trinervis</i>	x		Aguilar, 2013.

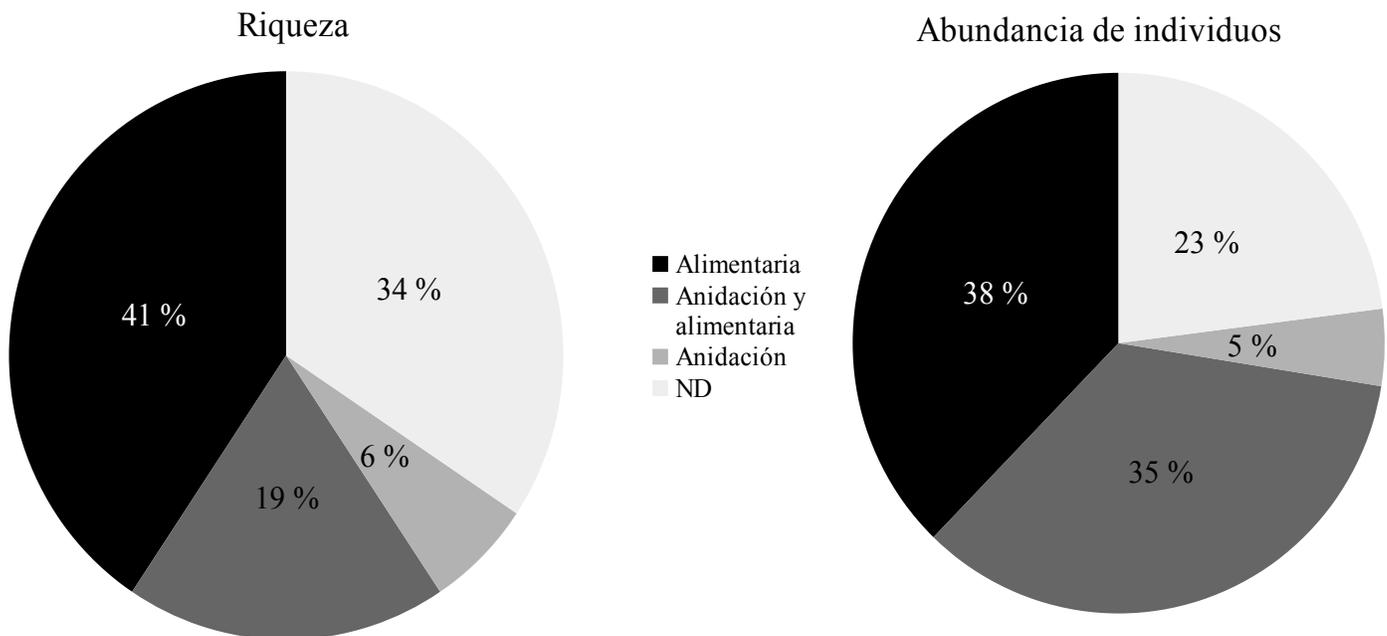


Figura 4. Proporciones de las categorías de importancia para las abejas de las especies de árboles del bosque de Isla Caballo, según la riqueza de especies y la abundancia de individuos registrados. ND= especies que no están reportadas como de importancia para las abejas.

Registros *in situ*: Durante los muestreos se pudo registrar el uso y visitación de algunas especies de plantas por parte de las abejas (Cuadro 5). Se destaca el uso de la herbácea *Tridax procumbens* (Asteraceae), la cuál es la especie para la que hubo mayor registro de visitación, en cinco de los seis muestreos. En esta especie también se registraron especímenes de *A. mellifera*.

Cuadro 5. Registro de especies de plantas utilizadas por las abejas Meliponini de Isla Caballo, Costa Rica, durante los muestreos realizados en el transecto entre marzo y setiembre del 2018.

Planta			Especie de Abeja
Familia	Especie	Uso	
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Alimentación	<i>N. perilampoides</i> <i>P. frontalis</i>
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Alimentación	<i>N. perilampoides</i> <i>P. frontalis</i>
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Anidación	<i>N. perilampoides</i>
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Anidación	<i>N. perilampoides</i>
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Alimentación	<i>N. perilampoides</i>
Moraceae	<i>Ficus spp</i>	Anidación	<i>N. perilampoides</i> <i>P. frontalis</i>

Respecto a la estructura diamétrica del bosque esta mostró una distribución de J invertida. La mayor cantidad de individuos se registra en las categorías menores, mientras que las categorías intermedias y mayores la abundancia en menor. Específicamente, el 70,1% de los individuos se encuentra en las primeras dos categorías inferiores, esto abarca árboles que van desde los 10 cm a los 38 cm de DAP (Figura 5). Las cuatro categorías superiores registraron solamente un individuo, a excepción de la categoría de 94-108 cm que registró dos árboles. El DAP máximo que se registró fue de 121, 5 cm para la especie *Bursera simaruba*.

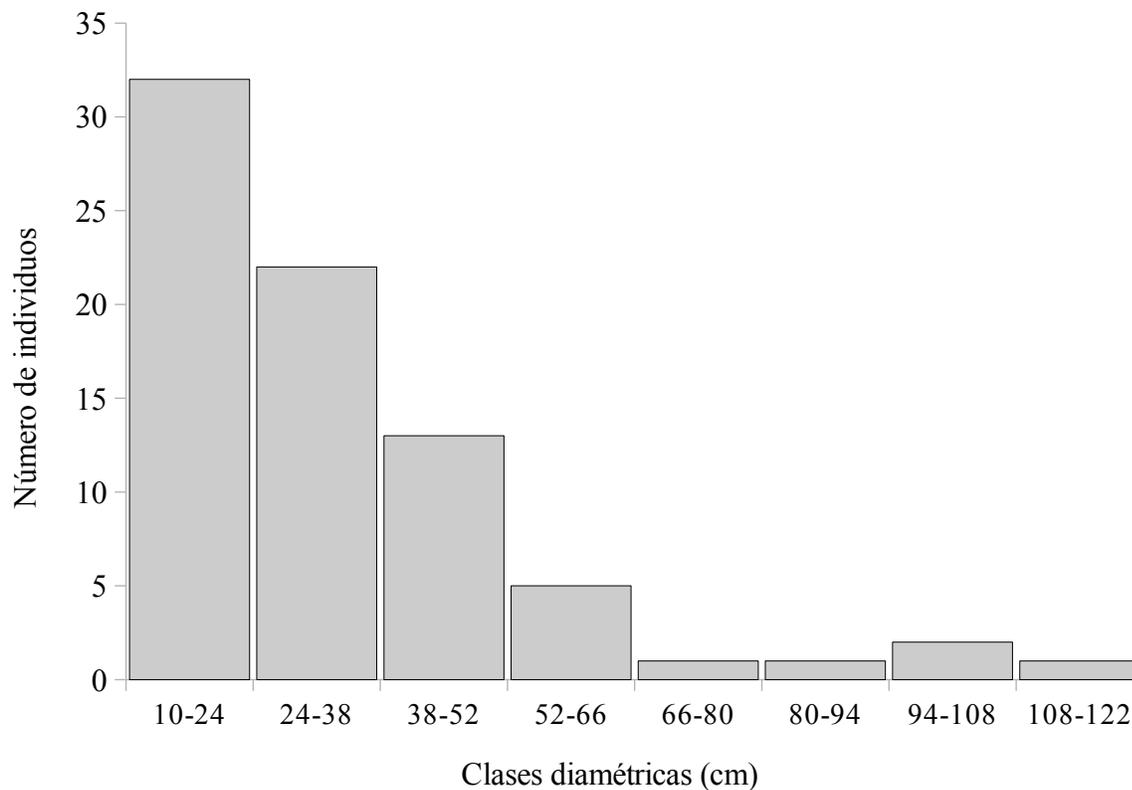


Figura 5. Histograma con la clasificación diamétrica de los árboles registrados en el bosque de Isla Caballo, Costa Rica.

4.3. Frecuencia de *A. mellifera*

Abundancia de nidos: Se registraron dos nidos de *A. mellifera*, en contraste con los 13 nidos de Meliponini reportados. En relación con el total de nidos de abejas, los nidos de *A. mellifera* representaron el 13,33%, en consecuencia, el análisis de Chi-cuadrado mostró que la mayor proporción correspondió a los nidos de Meliponini 86,67% ($X^2 = 8.0667$, $gl = 1$, $p = 0.004509$).

Abundancia de individuos: El total de abejas colectadas entre las especies de Meliponini y de *A. mellifera* en el transecto fue de 87 especímenes, donde *A. mellifera* representó el 41,38% de las observaciones y las Meliponini el 58,62%. El análisis de Chi-cuadrado mostró que el número de individuos en el campo se encontraron en la misma proporción ($X^2 = 2.5862$, $gl = 1$, $p = 0.1078$). Esta proporción no fue constante a lo largo de los muestreos, en dos muestreos alguno de los grupos estuvo ausente y solamente en el muestreo 3 las proporciones fueron la misma ($X^2 = 0.125$, $gl = 1$, $p = 0.7237$) (Figura 6).

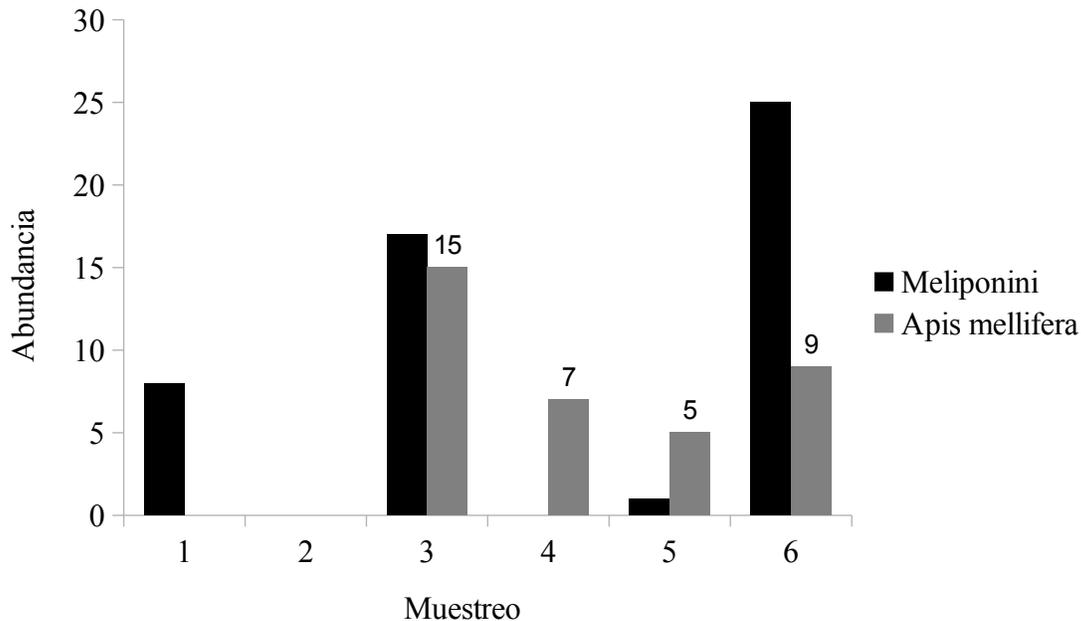


Figura 6. Abundancia de abejas de la tribu Meliponini y la especie *A. mellifera* en cada muestreo realizado en el transecto de Isla Caballo, Costa Rica.

4.4. Conocimiento ecológico local

Estado inicial: El ejercicio de entrevista grupal en el que participaron 15 estudiantes, reveló que la percepción sobre el bosque se relaciona con la recreación, identificando este como un sitio agradable asociado con la frescura y la sombra, con actividades como la caminata y el ejercicio. Además, se reportó que hay una zona donde se encuentra el bosque mejor conservado, que se ubica en un sitio llamado “El Tempisque”, que se localiza en las partes altas del sector de Playa Torres. Se destaca como parte de la flora reconocida por el grupo especie como, el tempisque (*Sideroxylon capiri*), el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guarumo (*Cecropia sp.*), quebracho (*Lysiloma divaricatum*), pochote (*Pachira quinata*), matapalo, guanábana (*Annona muricata*), laurel (*Cordia alliodora*) y chilamate.

Respecto a los resultados de la encuesta inicial, también participaron 15 estudiantes. Se encontró que el grupo expresa que el bosque es sitio donde más ha observado abejas (31,8%) seguido por la casa (22,7%) y el colegio y la playa (ambos 18,2%). Además, identificaron que los lugares para

la anidación de las abejas son en su mayoría los árboles (68,2%) y que el 18,2% de las ocasiones se indica que estos nidos se ubican en los troncos.

A pesar de esta asociación, los estudiantes en un 67,8% de las ocasiones, no logró identificar o diferenciar qué es una abeja, frecuentemente fueron confundidas con avispa o moscas. Solamente la abeja *A. mellifera* fue reconocida ampliamente por un 86,7 % de los participantes. En concordancia con lo anterior, al recopilar los nombres de las abejas el 46,9% de los hacían referencia a avispa y el 37,5% eran denominaciones que hacían referencia a la abeja de la miel *Apis mellifera*.

Se indicó que por lo general las abejas son avistadas diariamente (33%) u ocasionalmente (33%). La mayoría reconoció que existe más de un tipo de abeja (93,3%), una parte indicó que existen menos de diez especies (46,7%) y otra parte igual expresó que hay más de diez especies (46,7 %). Sobre las abejas Meliponini, solo una pequeña parte del grupo (33,3%) dice conocer alguna especie de abeja sin aguijón, pero no se registró ningún nombre común.

En cuanto a la percepción que se tiene sobre las abejas esta es en mayor frecuencia positiva (66,7%) por su beneficios e importancia, mientras que la percepción negativa es de 20%, catalogadas como molestas o peligrosas. Otra parte del grupo no tuvo definida una percepción al respecto (13,3%). Sin embargo, no solo las personas que las perciben como positivas la consideran importantes, en total el 86,7 % las considera como tal. Este reconocimiento se lo debió principalmente a la producción de miel (66,7%), pero de manera rara se consideraron la importancia alimentaria, medicinal o ecológica. En relación con esta última, se indicó que la importancia de la visita de flores por parte de las abejas es principalmente para obtener recursos alimentarios (76,5%) y raramente se le atribuyó su importancia a la función polinizadora (11,8%).

Relacionado a la percepción positiva de la abeja como productora de miel, se encontró que la mayoría ha consumido miel de abeja, un 93,3%. La mayoría reportó la existencia de solo un tipo de miel, pero un 20% dice conocer más de un tipo, sin embargo, se asoció la palabra miel como un producto elaborado a base de fruta (miel de mango, miel de jocote, entre otros), no se hizo referencia a alguna miel de otra especie de abeja. Respecto a la consulta, sobre si conocen algún otro producto de las abejas además de la miel, la mayoría indicó que no lo hay o que no lo sabían (86,7%).

Existe un interés mayoritario por el aprendizaje en el manejo de las abejas (73,3%), relacionado a dos principales aspectos, en primer lugar, por la preocupación de riesgo por ataques de abejas. Por otra parte, se considera el manejo de interés para la conservación y el uso o aprovechamiento de las abejas. Respecto al manejo, también se consultó si sabían que era la meliponicultura. La mayoría del grupo la desconocía (93,3%), solo una persona (6,7%) indicó saberlo y detalló que era una práctica para obtener miel.

Estado actual: En la encuesta final el grupo de estudiantes fue de 11 personas. Se encontró que respecto a la observación el 90,9% del grupo reportó que la frecuencia en la que observa abejas es diaria. En contraste, la capacidad para diferenciar abejas de otro tipo de insectos se mantuvo baja. Específicamente el éxito de identificación pasó de un 22,2% a un 28,8%. Sin embargo, el éxito para reconocer a las abejas sin aguijón registró un aumento de un 20% a un 45,5%.

Sobre la incorporación de información al conocimiento local, al recopilar nuevamente los nombres de abejas, la cantidad de nombres que hacía referencia a avispas bajó de un 46,9% a un 6,3%. De igual manera los nombres reportados que hacen referencia a *A. mellifera* bajaron de un 37,5% a un 12,5%. Por otra parte, los reportes de nombres que hacen referencia a abejas nativas aumentaron de 0% a un 37,5%, donde destaca la incorporación del nombre común de una de las especies de Meliponini de la isla, la abeja chicopipe (*N. perilampoides*).

Sobre la diversidad de abejas, se encontró que el grupo tuvo una percepción de mayor riqueza de abejas, el 72,7% de las personas indicó que en Isla Caballo hay más de 10 especies de abejas. Sobre las abejas Meliponini, de un 33% se aumentó a un 63,6% las personas que aseguraron conocer al menos una especie de abeja sin aguijón. Además, de un amplio desconocimiento sobre la meliponicultura donde solo el 6,7% reportó saber que es, ahora el 54,5% indica saber de que se trata.

Aunque la percepción positiva sobre las abejas fue una característica desde el inicio del proceso, esta aumentó de 66,7% a un 100% manteniendo el reconocimiento de la importancia de las abejas (90,9%). En esta percepción, la producción de miel paso a ser menos importante, de un 66,7% pasó a un 12,5%, mientras que la importancia ecológica tuvo mayor reconocimiento, pasando de un

6,7% a 62,5%. En especial se reconoce que las abejas tienen importancia en la actividad pesquera de la comunidad porque favorecen a la polinización de los manglares (54,5%).

Amenazas: Se detectaron tres principales problemáticas ambientales reportadas por los cuatro grupos de trabajo: 1) quema de basura, 2) quema del bosque y 3) lanzamiento de basura. La quema de basura fue el evento más frecuente con un 34% de los reportes. Otras actividades que se reportaron en menor frecuencia fueron la corta de árboles y la presencia de abejas *A. mellifera* en la cercanía a los centros de población, donde además se reportaron ataques hacia animales domésticos por parte de esta especie. Una actividad que solamente fue reportada por un grupo fue el uso de venenos o agroquímicos, pero no se especificó el fin de su uso.

Conservación: Sobre la conservación de las abejas nativas, los grupos de trabajo determinaron actividades prioritarias y completaron un plan de línea base (Cuadro 6). Las principales propuestas se clasificaron en el manejo, la prevención y la acción. El manejo mediante la meliponicultura y la implementación de prácticas amigables relacionadas a la agricultura de subsistencia que se practica en la comunidad. La prevención mediante la búsqueda de la erradicación del uso del fuego en el bosque. Por su parte la acción se manifiesta a través del cultivo de plantas que ofrecen alimento a las abejas.

Cuadro 6. Plan de acciones para la conservación de las abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo, Costa Rica, generados por los estudiantes de la UPIC.

Prioridad	Acción para la conservación	Tiempo de ejecución	Responsable	Colaboración
1	Erradicar quemas intencionales en el bosque	Corto plazo	Comunidad	Bomberos
1	Cultivo de plantas con abundante floración en jardines, patios o casas	Mediano plazo	Comunidad	UNA-ICE
2	Implementación de agricultura o huertas orgánicas	Mediano plazo	Comunidad	UNA-UPIC
2	Reforestación de áreas abiertas	Mediano plazo	Comunidad	MINAE-UCR
2	Implementación de la meliponicultura para la conservación	Corto plazo	Comunidad	Universidades

Nota: Se determina el corto plazo a máximo un año, por su parte el mediano plazo a más un año y menos cinco años. Prioridad 1= acción sugerida por tres grupos de trabajo, prioridad 2 = acción sugerida por dos grupos de trabajo. UNA= Universidad Nacional, ICE = Instituto Costarricense de Electricidad, UPIC= Unidad Pedagógica Isla Caballo, MINAE = Ministerio de Ambiente y Energía, UCR = Universidad de Costa Rica.

4.5. Propuestas para la conservación de abejas sin aguijón en Isla Caballo:

Se identifican dos factores que representan una amenaza a la conservación de las abejas nativas, el primero la baja disponibilidad de sitios para la anidación debido a la estructura del bosque. El segundo factor identificado en el conocimiento local es el riesgo de incendios por el manejo que se realiza en la comunidad a los residuos sólidos a través del uso del fuego. Ante esto se propone una serie de acciones a seguir para contribuir a la conservación de abejas en Isla Caballo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Propuestas para la conservación de las abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo, Costa Rica.

Amenaza	Acción para la conservación	Estrategia	Meta
Riesgo de incendios forestales por quema de residuos sólidos.	Solicitud de cumplimiento de la gestión de residuos por parte de la Municipalidad de Puntarenas.	Recurrir a las instancias correspondientes para el cumplimiento de la gestión integral de residuos sólidos por parte de la Municipalidad de Puntarenas.	Apertura de un proceso de solicitud de gestión de residuos sólidos en Isla Caballo.
	Capacitación sobre aprovechamiento de residuos sólidos valorizables.	Disminuir la cantidad de residuos sólidos que se desechan mediante la capacitación en el uso y/o gestión de residuos valorizables.	Capacitación para el uso y gestión de residuos valorizables. Plan o proyecto de gestión de residuos valorizables.
	Programa preventivo incendios forestales.	Incorporar a la comunidad de Isla Caballo y sus organizaciones comunales en el Programa Nacional de Manejo del Fuego del SINAC.	Un plan para la prevención de incendios forestales en Isla Caballo. Grupo de voluntarios capacitados como bomberos forestales.
Baja disponibilidad de árboles con las características adecuadas para el establecimiento de nuevas colonias de abejas.	Implementación de una meliponicultura enfocada a la conservación.	Ofrecer sustratos artificiales para la anidación de las abejas nativas y capacitar a personas interesadas en su manejo y rescate cuando sea requerido. Esta práctica es ideal para la especie <i>N. perilampoides</i> .	Un grupo de personas capacitadas en manejo de abejas nativas. Un meliponario comunitario con las especies de Isla Caballo.
	Habilitación de sustratos artificiales en el bosque.	Facilitar en el interior del bosque sustratos sellados que no requieran manejo humano. Esta práctica podría ser enfocada para <i>P. frontalis</i> , especie menos frecuente.	Un grupo de personas capacitadas en monitoreo de abejas nativas e instalación de sustratos. Sustratos artificiales establecidos a lo largo de la isla.

5. Discusión

Comunidad de abejas sin aguijón

Este fue el primer estudio sistematizado sobre la diversidad de abejas que se realizó en Isla Caballo. Se logró una lista preliminar de los géneros de las tres familias presentes (Apidae, Halictidae y Megachilidae) y un estudio detallado de la comunidad de abejas Meliponini.

Este estudio, produjo aportes sobre los vacíos de conocimiento generalizados en el trópico americano. Como lo indican Freitas *et al.* (2009), el principal problema sobre la ciencia de abejas en Latinoamérica es el vacío de información sobre diversidad, taxonomía, distribución e impactos de las actividades humanas sobre las especies. En este particular, se da un aporte sobre la biodiversidad en la isla, nuevos registros sobre la distribución de las especies de Meliponini y la identificación de las amenazas presentes en el sitio de estudio.

En Costa Rica, la riqueza de abejas sin aguijón reportada es de 59 especies (Aguilar *et al.* 2013; Ayala y Engel, 2014). En sitios cercanos a Isla Caballo, con condiciones climáticas y ecológicas similares como la Reserva Karen Mogensen (RKM) en la Península de Nicoya (Puntarenas, Lepanto) se han registrado hasta 11 especies de abejas Meliponini (Herrera y Aguilar, 2014). Por otra parte, Slaa (2006) encontró en Abangares 14 especies y en el Parque Nacional Guanacaste (PNG) se registraron un total de 9 especies de abejas (Barquero-Elizondo *et al.* 2019). Hay una amplia diferencia en cuanto a la riqueza de especies respecto a los sitios señalados, donde Isla Caballo muestra una riqueza baja con una representación del 3,4% del total de las especies reportadas en Costa Rica. Se propone que existen al menos dos factores que influyen en la dinámica de una comunidad insular, el primero sería los recursos vegetales y el segundo la confluencia de los aspectos biogeográficos de la isla y características biológicas de las abejas Meliponini.

Influencia de los recursos vegetales: Eltz *et al.* (2002) y Silva, *et al.* (2013) exponen que el recurso alimentario es el factor más importante y determinante para las comunidades de abejas sin aguijón. En Isla Caballo los resultados demostraron que el bosque contiene recursos alimentarios diversos y abundantes para la comunidad de abejas, por lo que no sería un factor que muestre indicios para limitar la riqueza de abejas por competencia o por colonización.

Por otra parte, la disponibilidad de sustratos naturales para la anidación fue un recurso poco abundante en el sitio de estudio. El establecimiento de nuevas especies podría ser limitado por la disponibilidad de sitios para reclutamiento de nuevas colonias. Esto debido a la importancia que se ha demostrado la disponibilidad de árboles con la estructura adecuada para el establecimiento de nidos (Samejima *et al.* 2004; Kajobe, 2013, Melendez *et al.* 2013). En particular, en el bosque seco de Brasil las abejas sociales y en particular las de la tribu Meliponini, fueron más abundantes en los sitios con estados sucesionales tardíos, donde se encuentran los árboles más grandes (Alvarenga *et al.*, 2020). En Isla Caballo los hallazgos mostraron que hay sitios con una alta densidad de nidos, una parte de estos utilizando sustratos artificiales en sitios sin cobertura boscosa, pero con árboles grandes, esto a pesar de estar rodeado de bosque, pero este bosque se caracterizó por una baja frecuencia de árboles aptos para la anidación. Por lo tanto, para el caso particular de Isla Caballo se sugiere que el recurso limitante que influyó en la distribución espacial de la comunidad de abejas fue los sitios de anidación.

La composición de las especies arbóreas también puede tener efectos en colonización. Se han encontrado tendencia sobre la preferencia por el uso de determinadas especies para anidar, aunque se desconocen los factores de selección de la especie (Moreno y Cardozo, 1997; Fonte *et al.*, 2009; Barquero-Elizondo *et al.*, 2019). En el bosque seco del Parque Nacional Santa Rosa, Barquero-Elizondo *et al.* (2019) encontraron que el 50% de los nidos se encontraban en la especie *Quercus oleoides*. Esto muestra que no solo la estructura sino además, las características específicas del árbol afecta la colonización. En Isla Caballo las especies vegetales que registraron nidos de abejas Meliponini no se encuentran dentro de las más abundantes, por el contrario, no se registraron en las parcelas del interior del bosque.

En una primera proposición se tiene que los sitios de anidación son un recurso limitante para la comunidad de abejas nativas sin aguijón de Isla Caballo. Esto puede influir el tamaño, composición y distribución de la comunidad.

Influencia de la condición geográfica y el comportamiento reproductivo: En las abejas sin aguijón no todas las especies hacen nidos al interior de los árboles, algunas construyen nidos expuestos y otras subterráneos (Wille, 1983; Roubik, 2006; Michener, 2013). Esto quiere decir que el recurso

vegetal puede ser limitante para unas especies, pero no para otras. Se propone que deben existir otros factores que limiten o determinen la composición de la comunidad de Meliponini en Isla Caballo. Se sugiere que hay una sinergia de aspectos biogeográficos y biológicos que afectan la colonización de una isla, en el caso particular de las abejas sin aguijón

Primero, se debe tomar en cuenta su condición geográfica y los factores predominantes que determinan la cantidad y composición de especies en una isla a partir del equilibrio que hay entre la inmigración y la extinción. Estos factores son la distancia de la isla al continente y el tamaño, es decir, el área, donde las islas grandes o cercanas favorecen a la inmigración e islas pequeñas o lejanas favorecen la extinción (Simberloff, 1974; Simberloff y Abele, 1976; MacArthur y Wilson, 2001). En el caso de Isla Caballo, el factor de distancia es relevante por su ubicación geográfica en el Golfo de Nicoya, donde la distancia a la línea continental es de 4 Km, pero es una isla de solamente 3,6 Km². Por lo tanto, la distancia como el área de la isla son factores que podrían incidir en el número de especies encontradas. Un estudio, al menos sobre la riqueza en las demás islas del Golfo de Nicoya, donde hay otras islas más grandes y cercanas al continente, permitiría describir con detalle esta hipótesis, donde el número de especies sería influido en cada isla por los postulados de la teoría de biogeografía de islas.

Segundo, para el caso particular de la comunidad estudiada, la influencia de estos aspectos biogeográficos se debe analizar en integración con el comportamiento reproductivo de las abejas Meliponini. Es decir, las características de Isla Caballo y los aspectos biológicos de las especies pueden influir en la composición actual la comunidad. Principalmente se debe tomar en cuenta el proceso de reproducción-colonización de las abejas Meliponini. Cada colonia nueva se origina de la división natural de una colonia madre, donde esta última busca un espacio adecuado para establecer un nuevo nido, donde previo a la llegada de la nueva reina se inicia el proceso de construcción del nido con recursos del nido madre, cuando el nido está preparado la nueva colonia se instala, pero esta sigue dependiendo del nido originario por semanas o meses (Wille, 1983; Roubik, 2006; Slaa, 2006, Vollet-Neto *et al.*, 2018; Roubik, 2020).

Tercero, integrado la situación biogeográfica Isla Caballo y el comportamiento reproductivo de las especies se debe incluir en consideración el rango de vuelo de las abejas sin aguijón. Este puede ser

desde unos 300 m para especies pequeñas del género *Plebeia* (3-4mm de tamaño corporal) como el presente en la isla, o hasta de 2000-2700 m para especies del género *Melipona* que son las especies más grandes (13-15mm de tamaño corporal) (Wille, 1983, Kunh-Neto *et al.* 2009; Rodrigues y Ribeiro, 2014). Esto supone un escenario complejo para la colonización de una o cualquier especie de Meliponini nueva en un territorio insular como el estudiado, donde la colonización está limitada por el rango de vuelo y la estrategia de reproducción-colonización con el componente de cuidado y dependencia de los nuevos nidos hacia el nido madre. Es decir, para que una colonia de cualquier especie de abeja sin aguijón colonice Isla Caballo, debe superar la barrera de la distancia, la distancia directa 4Km es un límite casi imposible, pero el corredor de islas desde el continente hasta Isla Caballo también presenta barreras. Entre la península de Nicoya a Isla Venado, la corta distancia y pequeñas islas con manglar entre los dos territorios puede favorecer la colonización. Pero luego, la colonización iría de Isla Venado hacia Isla Bejuco donde existe una barrera aproximada de 600 m de mar. Por último, de este lugar a Isla Caballo otra barrera de 700 m de mar.

En integración, el comportamiento reproductivo y colonización de las abejas Meliponini así como las condiciones biogeográficas limitan la colonización de las islas. Roubik y Camargo (2012) en un análisis sobre el descubrimiento de una especie endémica en islas panameñas, concluyen que ríos y espacios oceánicos evitan la dispersión de colonias de abejas sin aguijón, incluso como las del género *Melipona* que son de mayor tamaño. Agregan que, aunque no se puede descartar la posibilidad de colonización por troncos flotantes con nidos, en las islas marinas se favorece la hipótesis de dispersión por vía terrestre y que las especies descubiertas debieron haberse establecido cuando estas estaban conectadas al continente. Por otra parte, Zanella *et al.* (1998) estudiaron islas de la región de Paraná en Brasil y detectaron una baja riqueza de abejas sin aguijón en relación a otros grupos taxonómicos. Concluyeron que las barreras de agua son un obstáculo para la colonización debido al rango de vuelo y al comportamiento reproductivo de estas especies, además, propusieron que las tres especies de abejas encontradas pudieron haberse establecido cuando las islas estaban conectadas a tierra o pudieron haber sido introducidas por humanos para aprovechamiento. Los hallazgos en Isla Caballo también mantienen esa tendencia, donde solo hay dos especies de abejas Meliponini y otros 13 géneros de otros grupos de abejas, que podría representar un número igual o mayor de especies.

Estado actual.

La evaluación de los recursos vegetales muestra una alta disponibilidad de recursos alimentarios, pero se identifican dos amenazas: la primera a través del análisis de la estructura del bosque y se refiere a la baja disponibilidad de sitios para anidación. La segunda detectada a través del conocimiento ecológico local y es el riesgo de incendio en un bosque del tipo caducifolio debido a la quema de residuos sólidos.

La estructura del bosque en la Isla Caballo es muy similar a la encontrada en la Isla San Lucas (Puntarenas), donde la mayor proporción de árboles corresponde a las menores clases diamétricas (10-40cm), es decir una distribución en forma de “J” invertida. Esto significa que es una vegetación en estados tempranos de sucesión, donde hay baja abundancia de clases intermedias y mayores (Kalacska. *et al.*, 2004; Ferreira-Nunes *et al.* 2014). En el estudio realizado Isla San Lucas se catalogó como un bosque secundario joven de máximo 25 años (Vargas y Hidalgo-Mora, 2013). En el caso de Isla Caballo, la similitud encontrada se debe a que también es un bosque en recuperación, se registró explotación maderera para producción de carbón con un auge alrededor de los años 1950-60, también se reportó la presencia temporal de ganadería (PIC, Eulalia Peralta, Angel Rojas, Felipe Torres, comunicación personal).

Esta información histórica y las características estructurales permiten concluir que el bosque de Isla Caballo es también un bosque secundario joven, aunque no se puede determinar con exactitud su edad, esto porque las actividades se desarrollaron de manera heterogénea y asincrónicas, siendo la ganadería la más reciente. Aunque hay ausencia de pastizales, en el bosque aún se pueden encontrar alambres de púas e indicios de la línea de cerca. Esto permitiría entender el porqué la poca disponibilidad de árboles grandes para el establecimiento de nidos. Por otra parte, la diversidad y abundancia de abejas sin aguijón podría ser distinta en el pasado, pero no hay registros de la apifauna ni de la estructura y composición vegetal que permitan generar una conclusión detallada al respecto.

Se puede sintetizar que el bosque de Isla Caballo cuenta con una buena proporción de fuentes de alimentación para la comunidad de abejas. Por ejemplo, hay al menos 21 especies árboles que representan más tres cuartas partes del total de árboles del bosque que son fuente de alimento, además

la herbácea *T. procumbens* resulto ser una especie con floración disponible y visitada durante la totalidad del periodo de muestreo. Por otra parte, dadas sus características de bosque secundario joven no cuenta con abundantes árboles con potencial para la anidación, pero conforme avance el proceso de sucesión esta condición será más favorable debido a la presencia de especies arbóreas reconocidas por su frecuencia en el uso de las abejas para la anidación.

Por otra parte, respecto al riesgo que ocurra un incendio forestal, la información brindada por los estudiantes fue confirmada por la observación de campo, donde en distintas ocasiones, al menos tres, se observó la quema de residuos sólidos en la playa, junto a las residencias y en el borde del bosque. La señora Eulalia Peralta (comunicación personal) recuerda un evento de incendio forestal que puso en riesgo a la comunidad, además, indica que solo hay dos formas de gestionar los residuos, se queman o se llevan a Puntarenas en las pangas que se usan para la pesca.

Esta situación causa una alarma si sumamos que el sitio de estudio está en el Pacífico de Costa Rica, zona ya catalogada como vulnerable a incendios forestales, con causas identificadas como las quemas en sitios aledaños al bosque y en particular la quema de basura (Moraga, 2010; CONIFOR, 2014; Masís y Lizano, 2020). Siendo estos los mismos elementos identificados en Isla Caballo y se suma a otros factores de riesgo encontrados como las condiciones ambientales. La sequía prolongada con vientos fuertes y un bosque seco transición a húmedo de tipo caducifolio que se caracteriza por altas temperaturas y bajas precipitaciones, como las presentes en Isla Caballo, son determinantes en el riesgo de incendios (Masís y Lizano, 2020).

Los efectos de los incendios forestales son variados, desde el riesgo para seres humanos, afectación atmosférica, así como la afectación a la fauna y al bosque, provocando además, retrocesos en el proceso de regeneración y sucesión natural (Jones y Álvarez, 2018). Para la comunidad de abejas sin aguijón de Isla Caballo, esto significa en primer lugar muerte de colonias, luego pérdida de recursos alimentarios por la muerte de vegetación, así como pérdida de sitios para la anidación debido a la eliminación de sustratos por pérdida inmediata a causa del fuego, así como por el retraso en el proceso de sucesión natural del bosque.

Por último, respecto a la influencia de la especie exótica *A. mellifera*, no se logró demostrar ni descartar una posible afectación. Sin embargo, comparten el mismo espacio para la alimentación, como se registró en el transecto de muestreo, utilizando el mismo recurso floral, incluso en ocasiones siendo la única especie presente en el pecoreo. Esta especie representa competencia para las abejas Meliponini, aunque no se puede determinar en qué nivel incide en la dinámica de la comunidad de Meliponini. En una investigación realizada en una isla del noroeste del Océano Pacífico se encontró que *A. mellifera* representaba un impacto negativo para las especies de abejas solitarias nativas por competencia sobre el recurso alimentario (Kato *et al.*, 1999). Por otra parte, la estrategia de colonización de *A. mellifera* es más rápida que las abejas sin aguijón, además, su rango de vuelo es más amplio (Roubik y Wolda, 2001). Por ejemplo, la familia Rojas Peralta (comunicación personal) indicó que han observado enjambres de *A. mellifera* cruzando el mar durante las tareas de pesca. Esto significa que la población de *A. mellifera* tiene una ventaja sobre cualquier otra especie de Meliponini que intente colonizar el territorio insular, ya que la barrera que representa el mar no le afecta en igual magnitud.

Se ha propuesto que grandes poblaciones de *A. mellifera* puede tener efectos negativos en las poblaciones de abejas Meliponini (Freitas *et al.*, 2009; Villanueva-Gutierrez *et al.*, 2013). En el caso de Isla Caballo, proporcionalmente presentó una menor cantidad de nidos de *A. mellifera* pero en el campo representó una misma proporción de individuos respecto a las abejas Meliponini, lo cual podría estar influenciado por el tamaño de las colonias y las estrategias de comunicación.

Algunos estudios no han detectado ningún impacto de *A. mellifera* sobre las poblaciones de abejas nativas (Paini, 2004). Roubik y Wolda (2001) han encontrado que a pesar de que *A. mellifera* tiene un mayor rango de vuelo y más eficiencia para tomar los recursos. En sus observaciones, luego de diez años de establecerse la especie exótica, no se demuestra un decline en las poblaciones de abejas nativas. Otras conclusiones sugieren que la coexistencia y competencia se presentan, pero que probablemente puede ser más determinante la adecuada disponibilidad de recursos alimentarios que la presencia de especies exóticas (Garza-González y Canto, 2020). En el escenario de Isla Caballo, suscribir esta conclusión en el contexto de la disponibilidad de alimento podría favorecer la coexistencia en las condiciones ambientales y de uso del bosque actuales donde hemos encontrado que existe alta abundancia y variedad de recursos alimentarios. Es decir, en tanto el estado de conservación

del bosque se mantenga o mejore, hay un menor riesgo de un impacto negativo de la presencia de *A. mellifera* sobre la comunidad de abejas sin aguijón en Isla Caballo.

Conocimiento ecológico local.

El uso del adjetivo “local” es porque dentro de las definiciones para abordar los saberes de las comunidades, al referirnos a saber local se entiende desde donde la gente está hablando y actuando, es decir, los saberes se expresan desde el espacio y tiempo en el que se está conviviendo con el entorno ambiental (Albuquerque y Alves, 2016). Para los estudiantes de secundaria, en el espacio y momento donde se inició este proceso, los saberes sobre las abejas no representaban un componente importante en su conocimiento, pero si encontramos información sobre el bosque y su entorno inmediato. Por ejemplo, se logró detectar uno de los dos principales riesgos para las abejas que se registraron en esta investigación. La incorporación de los saberes locales y tradicionales ha demostrado ser una ayuda para llenar vacíos académicos en algunas investigaciones (Donovan y Puri, 2004; Albuquerque y Alves, 2016) así como para crear o sugerir propuestas de manejo (Olsson y Folke, 2001).

Para la finalización de este proceso, se incorporó no solamente nuevos saberes específicos sobre las abejas, sino se mejoró su percepción y en especial sobre su importancia ecológica. Además, permitió identificar oportunidades como el deseo de aprender a manejar abejas y conocer sobre la meliponicultura. Lo anterior es similar a lo encontrado en otras experiencias, por ejemplo, Marques *et al.* (2017) en una propuesta de trabajo con abejas y conocimiento local en una población con edades entre 10-15 años, detectaron inicialmente que estas eran poco conocidas, sin embargo, los resultados finales demostraron un mayor conocimiento y un cambio de perspectiva ya que esta era inicialmente negativa. La experiencia de Tavares *et al.* (2016) manifiesta el mismo patrón, una ausencia de conocimientos sobre las abejas sin aguijón en niños de escuela que se contrasta con el conocimiento adquirido al final del proceso mediante el acercamiento con las abejas. Lacerda *et al.* (2018) también encontró un mismo escenario, pero, además similar a nuestros resultados, el reconocimiento de la importancia ecológica de las abejas aumentó al final del proceso.

Sobre la propuesta de utilizar la meliponicultura como un proceso de aprendizaje y conservación, algunos procesos didácticos se han llevado satisfactoriamente con esta práctica de manejo desde la educación ambiental, donde desde el aprender haciendo se valora su importancia a

nivel integral. Se ha propuesto que esta experiencia puede fortalecer el reconocimiento de su importancia ecológica y su vez económica (de Oliveira *et al.*, 2017), es decir, lo abordado en esta etapa de diálogo de saberes podría consolidarse. Estos procesos de aprendizaje tienen efectos en la conservación de las abejas sin aguijón y la inclusión de personas jóvenes tiene un potencial impacto en la conservación y mejoramiento de la calidad de los servicios ecosistémicos (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006). Por lo tanto, el abordaje con las personas jóvenes de Isla Caballo es estratégico y se debe estimular su participación con nuevas herramientas que les involucre directamente en el manejo y la conservación. A nivel de conservación de insectos polinizadores, se ha destacado que uno de los conocimientos necesarios para la práctica de la conservación es el entrenamiento para los conservacionistas en la ecología de la polinización y la conservación (Dicks *et al.*, 2013).

El aprendizaje sobre los insectos polinizadores favorece a incrementar las percepciones positivas sobre estos. Las dimensiones humanas son necesarias para la conservación, en el estudio de los polinizadores, la investigación que incorpora los aspectos socioculturales, que hace el vínculo ciencia-sociedad está creciendo y es necesario impulsarla para fines de conservación (Hall y Martins, 2020). Además, otras experiencias sugieren la implementación de capacitación sobre meliponicultura para en que un futuro las comunidades puedan obtener beneficios de manera integral y sustentable (Contreras-Escareño *et al.*, 2019), las cuales no deben ser necesariamente abordadas desde la producción, sino como un espacio comunal y un aporte ambiental con los beneficios ecológicos ya reconocidos.

Un factor de porqué la meliponicultura podría ser adecuada para la conservación de las abejas, es que se podría favorecer a la comunidad de las abejas presentes en el territorio al ofrecer nuevos sustratos artificiales para la anidación. Una estrategia de manejo activa a partir de las técnicas de la meliponicultura enfocadas no al aprovechamiento sino a la creación y manejo de nido artificiales, podría solventar la ausencia temporal de sustratos naturales debido al estado de sucesión actual del bosque, el cual aún no cuenta con una proporción de árboles maduros.

6. Conclusiones y recomendaciones

La diversidad de abejas de Isla Caballo está compuesta por tres familias y 15 géneros, siendo la familia Apidae la más abundante en relación con el número de especímenes colectados y géneros determinados. La diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón, en Isla Caballo, se puede describir como de baja riqueza, con solo la presencia de *N. perilampoides* y *P. frontalis*. Esta comunidad es homogénea con una dominancia que favorece levemente a la especie que es relativamente un poco más abundante, *N. perilampoides* que registró un número mayor de nidos, pero respecto a individuos en campo presento dominancia compartida con a *P. frontalis*

Respecto a las razones que podrían explicar la baja riqueza de Isla Caballo se ha analizado que las especies de abejas sin aguijón tienen un complejo proceso de colonización en el que existe una sinergia de factores que les afecta, primer lugar, por la condición insular, las especies deben superar las barreras geográficas para establecer una colonia. Los espacios marinos son barreras importantes para la distribución de abejas Meliponini. Como se advirtió, para el caso de Isla Caballo, no solamente deben cruzar hasta 700 m de mar en el escenario más favorable, llegando desde Isla Bejuco, sino que esa distancia debe ser abarcada por un periodo de hasta dos meses, momento en el que un nido llega a ser completamente independiente. El rango de vuelo para especies pequeñas es el principal factor limitante para llegar al territorio. Aunque para las especies de mayor tamaño este factor afectaría en menor medida, debe entrar a competir por los pocos espacios disponibles para anidar.

Sobre la calidad del recurso vegetal, se encontró que el estado actual del bosque ofrece un alta abundancia y variedad de fuentes de alimentación. Sin embargo, la disponibilidad de sitios para la anidación que se encontró en el bosque es baja y esto afecta la distribución espacial de los nidos. Este factor podría afectar a especies con mayor rango de vuelo que por su tamaño corporal necesitaría la presencia de árboles de diámetros superiores a los 50 cm. Este factor es limitante tanto para posibles nuevas especies como para las especies que actualmente conforman la comunidad. Por otra parte, los árboles del género *Ficus* son el grupo taxonómico de plantas que fue más utilizado para anidación e incluso podría ser un grupo de especies clave para proteger.

Respecto a la presencia de *A. mellifera* en Isla Caballo puede representar competencia para la comunidad de abejas sin aguijón, ya que utilizan el mismo espacio y se registró uso compartidos de

algunas plantas. Sin embargo, el estado del bosque actual según su composición posee abundancia y diversidad de recurso alimentario que podría favorecer la coexistencia de ambos taxones.

Sobre el diálogo de saberes generado en el proceso de investigación se considera favorable. Se generaron insumos importantes para el análisis de la conservación de las especies de abejas estudiadas, pero a la vez, las personas participantes incorporaron en su conocimiento información nueva, con una perspectiva ecológica y generada en el territorio de su comunidad. Se desarrolló una doble vía de aprendizaje sobre el valor del entorno natural del territorio y la importancia ecológica de las abejas.

El conocimiento ecológico local respecto a las abejas fue básico, pero se reconoce su importancia ecológica y una amplia percepción positiva. Además, hay un interés para ampliar el conocimiento sobre las abejas y en especial sobre su manejo. Los saberes respecto con el entorno natural local permitió detectar amenazas a la conservación de las abejas.

Respecto a la conservación, como fortalezas se destaca la importancia del bosque como fuente de alimentación, así como en la percepción positiva sobre las abejas y un enriquecimiento de los saberes locales. También el interés por aprender sobre su manejo enfocado al bienestar ecológico, que puede ser transmitido a otras personas miembros de la comunidad. Lo anterior es una base sobre la cual se deben atender las amenazas a la conservación como el riesgo de incendios forestales por la ausencia de una adecuada gestión de residuos sólidos, el cual requerirá de un proceso comunal y apoyo institucional. Por otra parte, el interés de la comunidad por conservar su naturaleza se debe proyectar a la protección del bosque para enfrentar la baja disponibilidad de árboles con las características adecuadas para el establecimiento de nuevas colonias de abejas.

El análisis sobre la comunidad de abejas de Isla Caballo genera las bases para nuevas propuestas de investigación. Por ejemplo, se recomienda estudiar las poblaciones de abejas nativas sin aguijón con un enfoque integral en la región del Golfo de Nicoya, donde se evalué las condiciones biogeográficas de las islas y los territorios continentales, el estado del bosque y la disponibilidad de recursos así como factores climáticos para tener un panorama más amplio de qué variables influyen en la composición y dinámica de una comunidad de abejas Meliponini. Incluso incluir una evaluación de

genética de poblaciones y su asociación con las condiciones biogeográficas permitiría un entendimiento con mayor profundidad e incluso una identificación de ecotipos.

Por último, la conservación de abejas en Isla Caballo, según las acciones planteadas, tendría un efecto sombrilla sobre otros aspectos ambientales y ecológicos. Por ejemplo, la prevención de incendios favorecerá no solo a las demás especies animales sino a la cobertura vegetal de la isla y su proceso de sucesión natural junto con las funciones ecológicas y servicios ecosistémicos que esto implica. Asimismo, la búsqueda de una adecuada gestión de residuos permitiría procurar no solo una adecuada salud ambiental sino también en temas de salud humana.

7. Referencias bibliográficas

- Aguilar, I., y Briceño, D. (2002). Sounds in *Melipona costaricensis* (Apidae: Meliponini): effect of sugar concentration and nectar source distance. *Apidologie*, 33(4), 375-388.
- Aguilar, I., E. Herrera y G. Zamora (2013) Stingless bees of Costa Rica. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 113-124). New York, EE.UU.:Springer.
- Aguilar, I., Fonseca, A., y Biesmeijer, J. C. (2005). Recruitment and communication of food source location in three species of stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Apidologie*, 36(3), 313-324.
- Albuquerque, U.P. y Alves, A.G.C. (2016). What is ethnobiology. En: Albuquerque, U.P. y Alves, R.R.N. (Ed.), Introduction to ethnobiology (pp. 19-24). Springer, Cham.
- Alvarenga, A. S., Silveira, F. A., dos Santos Júnior, J. E., de Novais, S. M. A., Quesada, M., & de Siqueira Neves, F. (2020). Vegetation composition and structure determine wild bee communities in a tropical dry forest. *Journal of Insect Conservation*, 1-12.
- Alves RM. (2013). Production and Marketing of Pot-Honey. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 541–56). New York, EE.UU.:Springer.
- Ayala, R., y Engel, M. S. (2014). A new stingless bee species of the genus *Nogueirapis* from Costa Rica (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Melittology* 37, 1-9.
- Barquero-Elizondo, A. I., Aguilar-Monge, I., Méndez-Cartín, A. L., Hernández-Sánchez, G., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, W., ... & Mesén-Montano, I. (2019). Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 70-91.
- Barth, O. M. (2013). Palynology Serving the Stingless Bees. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 285-294.). New York, EE.UU.:Springer.
- Bobadoye, B. O., Ndegwa, P. N., Irungu, L., Ayuka, F., y Kajobe, R. (2016). Floral Resources Sustaining African Meliponine Bee Species (Hymenoptera: Meliponini) in a Fragile Habitat of Kenya. *Journal of Biology and Life Science*, 8(1), 42-58.
- Brosi, B. J., Daily, G. C., y Ehrlich, P. R. (2007). Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications*, 17(2), 418-430.

- Brosi, B. J., Daily, G. C., Shih, T. M., Oviedo, F., y Durán, G. (2008). The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. *Journal of Applied Ecology*, 45(3), 773-783.
- Brown, J. C., y Albrecht, C. (2001). The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. *Journal of Biogeography*, 28(5), 623-634.
- Camargo JMF (2013) Historical biogeography of the Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae) of the Neotropical region. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 19–34.). New York, EE.UU.:Springer.
- Comisión Nacional sobre Incendios Forestales (CONIFOR). (2014). Estrategia Nacional de Manejo Integral del Fuego en Costa Rica 2012-2021.
- Contreras-Escareño, F., Echazarreta, C. M., Gusmán-Nóvoa, E., & Macías-Macías, J. O. (2019). Traditional Knowledge and Potential Use of Stingless Bees (Hymenoptera: Meliponinae) in the Manantlan Sierra, Jalisco, Mexico. *Sociobiology*, 66(1), 120-125.
- Cortopassi-Laurino, M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Roubik, D. W., Dollin, A., Heard, T., Aguilar, I., ... y Nogueira-Neto, P. (2006). Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, 37(2), 275.
- Dicks, L. V., Abrahams, A., Atkinson, J., Biesmeijer, J., Bourn, N., Brown, C., Brown, M. J. F., Carvell, C., Connolly, C., Cresswell, J. E., Croft, P., Darvill, B., De Zylva, P., Effingham, P., Fountain, M., Goggin, A., Harding, D., Harding, T., Hartfield, C., ... Sutherland, W. J. (2013). Identifying key knowledge needs for evidence-based conservation of wild insect pollinators: A collaborative cross-sectoral exercise. *Insect Conservation and Diversity*, 6(3), 435–446.
- Donovan D.G. y Puri K.K. (2004). Learning from traditional knowledge of non-timber forest products: Penan Benalui and the autoecology of *Aquilaria* in Indonesian Borneo. *Ecol Soc*, 9(3):1–23
- Eltz, T., Brühl, C. A., Van der Kaars, S., y Linsenmair, E. K. (2002). Determinants of stingless bee nest density in lowland dipterocarp forests of Sabah, Malaysia. *Oecologia*, 131(1), 27-34.
- Engels, W. (2013). Staden's first report in 1557 on the collection of stingless bee honey by Indians in Brazil. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 229-240.). New York, EE.UU.:Springer.
- Fernández, L. (2006). ¿Cómo analizar datos cualitativos? *Butlletí LaRecerca* , 7, 1-13.

- Ferreira-Nunes, Y. R., Rodrigues da Luz, G., de Souza, S. R., da Silva, D. L., das Dores Magalhães-Veloso, M., Espírito-Santo, M. M., y dos Santos, R. M. (2014). Floristic, structural, and functional group variations in tree assemblages in a Brazilian Tropical Dry Forest: effects of successional stage and soil properties. En Sánchez-Azofeifa, A., Powers, J.S., Fernandes, G.W. y M. Quesada (Ed.), *Tropical dry forests in the Americas: Ecology, conservation and management*, 325-346.
- Fierro, M. M., Cruz-Lopez, L., Sanchez, D., Villanueva-Gutierrez, R., y Vandame, R. (2012). Effect of biotic factors on the spatial distribution of stingless bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in fragmented neotropical habitats. *Neotropical entomology*, 41(2), 95-104.
- Fonte, L., Betancourt, D., Demedio, L. y Aguilar, I. (2009). *Gliricidia sepium*: Leguminosa forrajera útil como habitáculo de *Melipona beecheii* en sistemas agrarios. *Revista Biocenosis*, 22 (1-2).
- Freitas, B. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Medina, L. M., Kleinert, A. D. M. P., Galetto, L., Nates-Parra, G., y Quezada-Euán, J. J. G. (2009). Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40(3), 332-346.
- Garza-González, D. y Canto, A. 2020. Abejas nativas y abejas africanizadas: ¿amigas o enemigas? *Desde el Herbario CICY*, 12, 58-63.
- Gómez, L. D. (1986) *Vegetación de Costa Rica, Apuntes para una Biogeografía Costarricense. Vegetación y Clima de Costa Rica. Volumen 1. Costa Rica, San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.*
- Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 1-26.
- Griswold, T., Parker, F. D., y Hanson, P. E. (1995). The bees (Apidae). En: Hanson, P. E. y Gauld, I. D. (Ed.), *The Hymenoptera of Costa Rica* (pp 650-691.). Oxford, Oxford University Press.
- Hall, D. M., & Martins, D. J. (2020). Human dimensions of insect pollinator conservation. *Current Opinion in Insect Science*.
- Herrera, E. y Aguilar, I. (2014). Las abejas nativas sin aguijón (Apidae, Meliponini) de la Reserva Karen Mogensen (Puntarenas, Lepanto). Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales, Heredia, C.R. 44 p.

- Hrncir, M., Maia-Silva, C. (2013) On the diversity of foraging-related traits in stingless bees. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 201–215.). New York,EE.UU.:Springer.
- Janzen, D. H. (Ed.). (1991). *Historia natural de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Jarau, S., Dambacher, J., Twele, R., Aguilar, I., Francke, W., y Ayasse, M. (2010). The trail pheromone of a stingless bee, *Trigona corvina* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), varies between populations. *Chemical Senses*, 35(7), 593-601.
- Jones, G., & Álvarez, B. (2018). Dinámica de incendios en el Área de Conservación Guanacaste 1997-2017: perspectivas ecológicas para el manejo integral del fuego. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 16(31), 51-70.
- Jones, R (2013) Stingless bees: a historical perspective. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 219–227.). New York,EE.UU.:Springer.
- Kajobe, R. (2013). Important Bee Plants for African and Other Stingless Bees. IEn: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 315–335). New York,EE.UU.:Springer.
- Kalacska, M., Sanchez-Azofeifa, G. A., Calvo-Alvarado, J. C., Quesada, M., Rivard, B., y Janzen, D. H. (2004). Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. *Forest ecology and management*, 200(1-3), 227-247.
- Kato, M., Shibata, A., Yasui, T., & Nagamasu, H. (1999). Impact of introduced honeybees, *Apis mellifera*, upon native bee communities in the Bonin (Ogasawara) Islands. *Researches on Population Ecology*, 41(2), 217–228.
- Kent, R. B. (1984). Mesoamerican stingless beekeeping. *Journal of Cultural Geography*, 4(2), 14-28.
- Kuhn-Neto, B., Contrera, F. A., Castro, M. S., & Nieh, J. C. (2009). Long distance foraging and recruitment by a stingless bee, *Melipona mandacaia*. *Apidologie*, 40(4), 472-480.
- Lacerda D. C. D. O., Montenegro, M. L., Medeiros, M. B., Martins, C. F., & Silva, R. V. A. (2018). Uso da Meliponicultura como Ferramenta na Educação Ambiental. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1).
- LeBuhn, G. S., Droege, E., Connor, B., Gemmill-Herren y N., Azzu. (2016). Protocol to detect and monitor pollinator communities. Roma, Italia: FAO.

- Leonhardt, S. D. (2017). Chemical Ecology of Stingless Bees. *Journal of chemical ecology*, 43(4), 385-402.
- López, O. (2004). *La Universidad del Siglo XXI*. San José, Costa Rica: Guayacán.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (2001). *The theory of island biogeography* (Vol. 1). Estados Unidos: Princeton University Press.
- Maginnity, S. (2013). Using stingless bees as an educational tool in Australian schools. En P. Vit y D.W. Roubik. (Ed.). *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes; Mérida, Venezuela. Recuperado de <https://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35292>
- Marques, M. F., Hautequestt, A. P., Oliveira, U. B., de Freitas Manhães-Tavares, V., Perkles, O. R., Zappes, C. A., y Gaglianone, M. C. (2017). Local knowledge on native bees and their role as pollinators in agricultural communities. *Journal of Insect Conservation*, 21(2), 345-356.
- Masís, R. y Lizano, M. (2020). ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE ÁREAS QUEMADAS EN LA REGIÓN CHOROTEGA, COSTA RICA ENTRE 2001 Y 2015. *Caminhos de Geografia*, 21(73), 40-52.
- Meléndez, V., Meneses, L. y P.G. Kevan. (2013). Effects of Human Disturbance and Habitat Fragmentation on Stingless Bees. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 269-282.). New York,EE.UU.:Springer.
- Michener, C.D. (2013). The Meliponini. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 3–18.). New York,EE.UU.:Springer.
- Moraga, J. C. (2010). Evaluación del riesgo ante incendios forestales en la cuenca del Río Tempisque, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(45), 33-64.
- Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España. M&T Manuales y Tesis SEA.
- Moreno F. A. y Cardozo A. F. (1997). Abundancia de abejas sin aguijón (Meliponinae) en especies maderables del Estado de Portuguesa, Venezuela. *Vida Silvestre Neotropical*, 6(1-2),53-56.
- Murray, T. E., Kuhlmann, M., y Potts, S. G. (2009). Conservation ecology of bees: populations, species and communities. *Apidologie*, 40(3), 211-236.
- Nates-Parra, G., Palacios, E., y Parra, A. (2008). Efecto del cambio del paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae) en Meta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1295-1308.

- New, T. R. (2008). Insect conservation on islands: setting the scene and defining the needs. *Journal of Insect Conservation*, 12(3-4), 197-204.
- de Oliveira, J., Freitas Junior, E., Silva, F., Golze, V., y Peruca, R. (2017). Abelhas Nativas na Educação Ambiental. *Cadernos De Agroecologia*, 11(2). Recuperado de <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/21743>
- Olsson, P., y Folke, C. (2001). Local ecological knowledge and institutional dynamics for ecosystem management: a study of Lake Racken watershed, Sweden. *Ecosystems*, 4(2), 85-104.
- Paini, D. R. (2004). Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*)(Hymenoptera: Apidae) on native bees: a review. *Austral ecology*, 29(4), 399-407.
- Poveda, L. J. y Sánchez-Vindas, P. E. (1999). Árboles y Palmas del Pacífico Norte de Costa Rica: Claves Dendrológicas. *Editorial Guayacán. San José*.
- Quintal RB, Roubik DW (2013) Melipona bees in the scientific world: western cultural views. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 247–259). NewYork,EE.UU.:Springer.
- Ramalho, M., Kleinert-Giovannini, A., y Imperatriz-Fonseca, V. L. (1990). Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and *Trigonini*) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie*, 21(5), 469-488.
- Reichle, C., Aguilar, I., Ayasse, M., y Jarau, S. (2011). Stingless bees (*Scaptotrigona pectoralis*) learn foreign trail pheromones and use them to find food. *Journal of Comparative Physiology A*, 197(3), 243-249.
- Reichle, C., Jarau, S., Aguilar, I., y Ayasse, M. (2010). Recruits of the stingless bee *Scaptotrigona pectoralis* learn food odors from the nest atmosphere. *Naturwissenschaften*, 97, 519-524.
- Rodrigues, F. y Ribeiro, M. F. (2014). Influence of experience on homing ability of foragers of *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sociobiology*, 61(4), 523-528.
- Rodríguez, S., Manrique, A., y Velásquez, M. (2008). Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) en bosque seco tropical en Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(4), 523-530.
- Rosales, G. R. O. (2013). Medicinal Uses of *Melipona beecheii* Honey, by the ancient Maya. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 229-240.). NewYork,EE.UU.:Springer.
- Roubik, D. (2006). Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37(2), 124-143.

- Roubik, D. (2020). Nest Structure: Stingless Bees. En: C. Starr. (Ed.), *Encyclopedia of Social Insects* (pp. NI). Springer Nature, Switzerland.
- Roubik, D. W., y de Camargo, J. M. F. (2012). The Panama microplate, island studies and relictual species of *Melipona* (*Melikerria*) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Systematic Entomology*, 37(1), 189-199.
- Roubik, D. y Moreno, P.J.E. (2013) How to be a bee-botanist using pollen spectra. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 295–314.). New York, EE.UU.: Springer.
- Roubik, D. W., y Wolda, H. (2001). Do competing honey bees matter? Dynamics and abundance of native bees before and after honey bee invasion. *Population Ecology*, 43(1), 53-62.
- Roulston, T. A. H., y Goodell, K. (2011). The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual review of entomology*, 56, 293-312.
- Samejima, H., Marzuki, M., Nagamitsu, T., y Nakasizuka, T. (2004). The effects of human disturbance on a stingless bee community in a tropical rainforest. *Biological Conservation*, 120(4), 577-587.
- Sánchez, D y Vandame, R. (2013). Stingless bee food location communication: From the flowers to the honey pots. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 187–199.). New York, EE.UU.: Springer.
- Silva, M. D. E., Ramalho, M., y Monteiro, D. (2013). Diversity and habitat use by stingless bees (*Apidae*) in the Brazilian Atlantic Forest. *Apidologie*, 44(6), 699-707.
- Simberloff, D. S. (1974). Equilibrium Theory of Island Biogeography and Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 161–182.
- Simberloff, D. S., y Abele, L. G. (1976). Island Biogeography Theory and Conservation Practice. In *Science* (Vol. 191, Issue 4224, pp. 285–286).
- Slaa, E. J. (2006). Population dynamics of a stingless bee community in the seasonal dry lowlands of Costa Rica. *Insectes Sociaux*, 53(1), 70-79.
- Souza, B. A., Lopes, M. T., y Pereira, F. M. (2013). Cultural aspects of meliponiculture. In Vit, P. y Roubik, D.W. (eds). *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes; Mérida, Venezuela. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35619>

- Tavares, M. G., de Araujo, J. M., Santana, W. C., Elizeu, A. M., de Amaral Silva, L., dos Santos Ladeira, J., ... y Neto, J. L. (2016). Abelhas sem ferrão: Educação para Conservação–Interação Ensino-Pesquisa-Extensão voltada para o Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, 7(2), 113-120.
- Vargas, G., y Hidalgo-Mora, J. E. (2013). Sucesión de un bosque tropical seco en la Isla San Lucas, Puntarenas, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 5(2), 261-269.
- Villanueva-Gutiérrez, R., Colli-Ucán, W., Tuz-Novelo, M., y Gracia, M. A. (2013). Recuperación de saberes y formación para el manejo y conservación de la abeja *Melipona beecheii* en la Zona Maya de Quintana Roo, México. En Vit, P. y Roubik, D.W. (eds). *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes; Mérida, Venezuela. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35293>
- Vollet-Neto, A., Koffler, S., dos Santos, C. F., Menezes, C., Nunes, F. M. F., Hartfelder, K., ... y Alves, D. A. (2018). Recent advances in reproductive biology of stingless bees. *Insectes Sociaux*, 65(2), 201-212.
- Wille, A. (1983). Biology of the stingless bees. *Annual review of entomology*, 28(1), 41-64.
- Zamora, G., Arias, M. L., Aguilar, I., y Umaña, E. (2013). Costa Rican pot-honey: its medicinal use and antibacterial effect. En: P. Vit, S.R.M. Pedro y D. Roubik. (Ed.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 507-512.). New York, EE.UU.: Springer.
- Zamora, L. G., Beukelman, C. J., van den Berg, A. J. J., Aerts, P. C., Quarles van Ufford, H. C., Nijland, R., y Arias, M. L. (2017). An insight into the antibiofilm properties of Costa Rican stingless bee honeys. *Journal of Wound Care*, 26(4), 168-177.
- Zanella, F. C., Schwartz, D. L., y Laroca, S. (1998). Tropical Bee Island Biogeography: Diversity and abundance. *Biogeographica*, 74(3), 103-115.

8. Anexos

Anexo 1. Fotografías.



Anexo 1.1. Caja de la colección de abejas del CINAT con los especímenes de Isla Caballo.



Anexo 1.2. Vista lateral del espécimen IC041 correspondiente a la especie *Nannotrigona perilampoides*, mide 5 mm.



Anexo 1.3. Vista lateral del espécimen IC284 correspondiente a la especie *Plebeia frontalis*, mide 4-5mm.



Anexo 1.4: Piquera de un nido de *Nannotrigona perilampoides* con cinco abejas en la entrada, localizado en árbol del género *Ficus* en Isla Caballo.



Anexo 1.5: Vista de la piquera de un nido de *Plebeia frontalis* en un árbol de *Ficus sp* en Isla. En la parte superior se observa como referencia de tamaño una hormiga cortahojas del género *Atta*.



Anexo 1.6: Detalle de la piquera de *Plebeia frontalis* con una abeja en la entrada del nido en un árbol del género *Ficus* en Isla Caballo.



Anexo 1.7: Desarrollo del trabajo grupal durante el tercer taller en la UPIC.

Anexo 2. Instrumento utilizado en el primer taller en Isla Caballo.

Comunidad de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de Isla Caballo, Golfo de Nicoya: estado actual y conocimiento ecológico local.

El presente cuestionario pretende recopilar el conocimiento ecológico local en torno a las abejas nativas, para construir acciones y estrategias de conservación de las abejas sin aguijón en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica. La información es confidencial. Agradecemos de antemano su colaboración.

Nombre: _____

Masculino () Femenino ()

Edad: _____ años.

Lugar de residencia: _____

¿Como se llaman los siguientes insectos? Ver imágenes de la pizarra.

a _____

b _____

c _____

d _____

e _____

f _____

¿Dónde hacen los nidos las abejas?

() Ramas de árboles

- Construcciones humanas
- Suelo
- Troncos de árboles
- Otros: _____

Cuántos tipos de abejas hay en la Isla?

- Ninguna
- Solo una especie
- Varias, menos de 10 especies
- Muchas especies, más de 10

¿Cuáles nombres de abejas conoce usted?

En una palabra, como considera usted que son las abejas para el ser humano:

Yo pienso que las abejas son: _____.

¿Conoce alguna especie de abeja sin aguijón?

- Si, ¿Cuál?: _____
- No

¿Tienen alguna importancia las abejas?

No

Si, Cuál?:

¿Ha probado la miel de abeja?

Sí, ¿De cuál?: _____

No

Conoce más de un tipo de miel?

Sí, ¿Cuáles?

No

¿Qué otros productos ofrecen las abejas?

¿A usted le gustaría aprender a manejar las abejas?

Sí

No

¿Porqué o para qué?:

¿Que tan frecuente se observan las abejas donde usted vive?

Diariamente

Ocasionalmente

Raramente

Casi nunca

¿Porque es importante que las abejas visite las flores del bosque?

¿De dónde viene la miel que almacenan las abejas?

¿Sabe que es la meliponicultura?

Sí, Mencione:

No

¿Cuáles son los usos y beneficios de las miel de abejas sin aguijón?

Ninguno

No lo sé

Alimenticio

Medicinal

Cultural (fiestas, arte, tradiciones, religión, historias)

Otro: _____

¿En dónde ha observado abejas?

Durante navegación

En la playa

Casa

Colegio

Bosque

Otro: _____

¿Usted ha notado que la cantidad de abejas han disminuido?

No

Sí

¿Por qué cree usted que estén desapareciendo?

Anexo 3. Entrevistas grupal para el primer taller en Isla Caballo

Entrevista grupal con estudiantes de 7 y 8 año del colegio de la Unidad Pedagógica Isla Caballo.
Taller 1. TFG

Miércoles 1 de agosto, 2018.

¿De que manera se usa el bosque?

Para caminar de un lugar a otro es fresco, sobra, ejercicio caminando. |

¿Cuáles son los árboles más comunes? ¿Cuáles son los que recuerdan cuando piensan en el bosque?

Guanacaste, guarumo, quebracho, pochote, matapalo, guanábana, laurel, chilamate.

¿Donde está el más conservado o intacto?

En el tempisque, al centro de la Isla, de Playa Torres hacia arriba, en el cerro.

¿Conocen de alguien que haya usado las abejas?

En la Isla no, pero en Isla venado conocen de alguien que tiene abejas para producir miel. Apis, haciendo referencia a la imagen de la pizarra de *Apis mellifera*. De las que pican.

¿Ustedes creen que existe alguna relación entre las abejas y la pesca?

“Si se puede sacar miel de las abejas”. (Como actividad económica).

“Las abejas tienen conexión hasta con el ser humano, pienso yo que sí”.

“Cada vez hay menos”.

¿Aquí se hace agricultura?

La huerta del colegio.

En el tiempo de antes si se practicaba la agricultura. Ahora no.

Algunos tienen huertos pequeños (para auto consumo).

¿Ustedes saben de que se alimentan las abejas?

Polen.

¿Saben que es la polinización?

Lo que transportan las abejas. Algo de la abejas. De la naturaleza.

Como toman el polen de las flores para hacer la miel.

Anexo 4. Instrumento para el segundo taller en Isla Caballo.

Universidad Nacional

Escuela de Ciencias Biológicas

Centro de Investigaciones Apícolas y Tropicales

Programa Interdisciplinario Costero

Trabajo Final de Graduación: Comunidad de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de Isla Caballo, Golfo de Nicoya: estado actual y conocimiento ecológico local.

Randall A. Montoya Solano

Instrucciones: A partir del mapa de Isla Caballo ubique lo siguiente:

Marque con un círculo, tres zonas de la Isla donde usted ha visto un bosque en buen estado, sin alteraciones causadas por los humanos.

Marque con una X sitio donde usted ha observado que se ha realizado agricultura

Marque con un triángulo los sitios donde ha visto huertas

Señale con el número que corresponda los sitios donde usted ha observado alteraciones que afectan al bosque y las abejas

1. Corta de árboles
2. Lanzamiento de basura
3. Presencia de abejas africanizadas
4. Uso de venenos o agroquímicos
5. Quemadas de basura
6. Quemadas en el bosque



A partir de las amenazas para las abejas y de las acciones que favorecen a la conservación. Mencione tres acciones que se pueden realizar en Isla Caballo para beneficio de las abejas nativas, cuando y donde se puede hacer, quien lo puede en la comunidad y que institución debe colaborar:

Acción:	Quando: Este año, el próximo año, dentro de cinco años. A partir de mañana...	Quien en Isla Caballo lo debe hacer:	Institución que colabore:.
1.			
2.			
3.			

Acciones POSITIVAS que favorecen a las abejas Nativas	Acciones que causan efectos NEGATIVOS a las abejas nativas
Reforestación de áreas abiertas.	Deforestación, corta de árboles en el bosque
Cultivo de plantas con abundante floración en jardines, patios o casas.	Presencia de especies exóticas e.g abeja africanizada.
Implementar agricultura o huertas orgánicas.	Uso de venenos o agroquímicos.
Erradicar quemas intencionales en el bosque.	Pérdida de recursos florales.
Implementación de la meliponicultura para la conservación.	Incendios forestales

Anexo 5. Material gráfico generado con la información de la investigación y el conocimiento ecológico local.

Abejas Nativas Comunes de Isla Caballo





Abeja carpintera



Abeja de las orquídeas



Abeja sin aguijón
Chicopepe



Abeja mielera



Abeja cortahojas



Abeja cortahojas



Centris



Abeja de las orquídeas



Melicido

Amenazas

-  **Incendios forestales y quema de basura**
-  **Deforestación**
-  **Especies exóticas en la Isla**

Conservación

-  **Melponicultura**
-  **Sembrar plantas con flores**
-  **Erradicar incendios forestales**
-  **Disminuir quemas de basura**
-  **Reforestar áreas abiertas**











Anexo 6. Instrumento utilizado en el tercer taller en Isla Caballo.

Comunidad de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de Isla Caballo, Golfo de Nicoya: estado actual y conocimiento ecológico local.

El presente cuestionario pretende recopilar el conocimiento ecológico local en torno a las abejas nativas, para construir acciones y estrategias de conservación de las abejas sin aguijón en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica. La información es confidencial. Agradecemos de antemano su colaboración.

Nombre: _____ Nivel: _____

Masculino () Femenino () Edad: _____ años.

Lugar de residencia: _____

¿Como se llaman los siguientes insectos? Ver imágenes de la pizarra.

a _____ d _____

b _____ e _____

c _____ f _____

Cuántos tipos de abejas hay en la Isla?

- () Ninguna
- () Solo una especie
- () Varias, menos de 10 especies
- () Muchas especies, más de 10

¿Cuáles nombres de abejas conoce usted?

En una palabra, como considera usted que son las abejas para el ser humano:

Yo pienso que las abejas son:_____.

¿Conoce alguna especie de abeja sin aguijón?

Sí, ¿Cuál?:_____

No

¿Tienen alguna importancia las abejas?

No

Sí, Cuál?:

¿Ha probado la miel de abeja?

Sí, ¿De cuál?:_____

No

Conoce más de un tipo de miel?

Sí, ¿Cuáles?

No

¿A usted le gustaría aprender a manejar o usar las abejas?

Sí

No

¿Porqué o para qué?:

¿Que tan frecuente se observan las abejas donde usted vive?

Diariamente

Ocasionalmente

Raramente

Casi nunca

¿Porque es importante que las abejas visite las flores del bosque?

¿De dónde viene la miel que almacenan las abejas?

¿Sabe que es la meliponicultura?

Sí, Mencione:

No

¿Conoce alguna relación entre las abejas y la pesca?

Si

No

¿Cual?