



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**Departamento de Enseñanza, Investigación y
Servicio en Agroecología**

**RIQUEZA DE ABEJAS SILVESTRES EN CUATRO HÁBITATS
DEL ÁREA RECREATIVA NACIONAL DEL RÍO
CHATTAHOOCHEE, ATLANTA, GEORGIA, EE.UU.**

TESIS PROFESIONAL

Que como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

PRESENTA

MELINA LOZANO DURÁN

Chapingo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2014



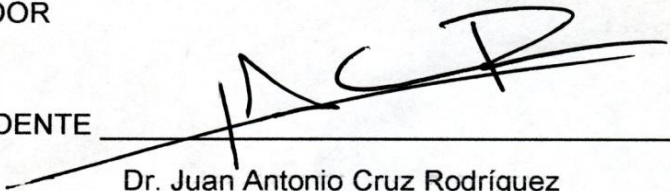
DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



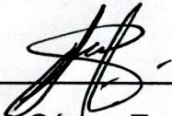
La presente tesis titulada "RIQUEZA DE ABEJAS SILVESTRES EN CUATRO HÁBITATS DEL ÁREA RECREATIVA NACIONAL DE RÍO CHATTAHOOCHEE, ATLANTA, GEORGIA, EE.UU" fue realizada por la C. Melina Lozano Durán bajo la dirección del Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez, ha sido revisada y aprobada por el Jurado Examinador, como requisito parcial para obtener el título de INGENIERO EN AGROECOLOGÍA.

JURADO EXAMINADOR

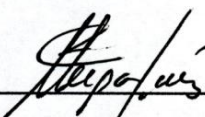
PRESIDENTE


Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez

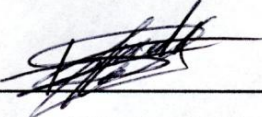
SECRETARIO


M.C Laura Gómez Tovar

VOCAL


Biol. Alejandro J. Tecpa Jiménez

SUPLENTE


M.C David Delgado Viveros

SUPLENTE


M.C Elia Patlán Martínez

Chapingo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2014.

EN MEMORIA DE:

Priscilla Louise Nalls (1947-2013)

Elizabeth Shaw Phelps (1960-2014)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer con todo mi corazón a mi awesomer esposo y compañero Chris Barrow, a mi mamá Esperanza, a mis latosos papás Arturo y Don Jorge, a mis todavía más latosos hermanos Matz y Alda, a mi amiga de la vida Itzel y hermana mayor Brenda (Editora de Agrociencia-COLPOS), a los que están lejos pero siempre cerca “Los Barrow” y “Los Davises”. GRACIAS por haberme apoyado intelectual y espiritualmente, y sobre todo haber creído en mí con su amor y paciencia. También a mi tan paciente (llegándole a Zen) tutor el Balú (aka Juan Antonio) y a mí diverso y rico jurado calificador: Laura, Elia, Alejandro y David; que creyeron en mi amenaza de titularme en meses, y ¡me apoyaron y aguantaron! Y también a los que me inspiraron cuando llegue y me fui, Inocencio y Ocampo.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deepest gratitude to my love-life partner Christopher Barrow (SERO-GIS Program) who supported me all the way throughout this journey. To Chris Furqueron (SERO) and Carol DiSalvo (WASO) who gave me the opportunity of this project. To Sam Droege (USGS), who taught me and guided me to learn about bees, and still does... To the Chattahoochee River National Recreation Area staff which includes: Allyson Read, Paula Capece and the Management Division, for all their support. To Genevieve Goddard-Pritchett, and to “**All**” the members of the Bee Monitoring Yahoo Group, who contributed to this document with their knowledge, thank you so much!!!

Dedico esta tesis a todos aquellos que se interesen en la conservación y preservación de las valiosas especies polinizadoras y no polinizadoras, que todo ser tiene un por qué, aunque no sea para nuestra humana y ciega explotación.

This curious world which we inhabit is more wonderful than it is convenient, more beautiful than it is useful, it is more to be admired and enjoyed than used.

Thoreau, 1837.

CONTENIDO

Agradecimientos y Dedicatoria	i
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN GENERAL	3
1. INSECTOS POLINIZADORES: IMPORTANCIA Y ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN	6
1.1 La función y el estado de los polinizadores	6
1.2 Consecuencias de la disminución de los polinizadores en sistemas naturales y agrícolas	9
1.2.1 Sistemas Naturales	9
1.2.2 Sistemas Agrícolas	10
1.3 Principales grupos de polinizadores	12
1.4 Alternativas para su conservación	14
1.4.1 Diversidad de flores para el pecoreo	15
1.4.2 La creación y protección de sitios para nidos	17
A. Construcción de nidos artificiales	17
B. Protección de sitios para nidos	18
1.4.3. La protección contra plaguicidas	20
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	23
 2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RIQUEZA DE ABEJAS SILVESTRES DE LA UNIDAD COCHRAN SHOALS-CRNRA	 24
2.1 Introducción	24
2.2 Antecedentes	27

2.3 Método	29
2.3.1 Caracterización del área de estudio	29
2.3.2 Zonas para el inventario de abejas	32
2.3.3 Proceso de colecta e identificación de abejas	34
2.3.4 Análisis comparativo de la riqueza de abejas	35
2.4 Resultados	37
2.4.1 Riqueza de especies de la Unidad Cochran Shoals	37
2.4.2 Riqueza de especies de las áreas	37
2.4.3 Análisis de conglomerados de la riqueza	
de especies en las áreas de colecta	40
2.4.4 Nuevos registros de abejas para el estado de Georgia	42
2.5 Discusión	44
2.5.1 Control de plantas invasoras	46
2.5.2 Influencia de las características estructurales de	
la vegetación en las áreas de colecta y el grado de	
perturbación humana	49
2.6 Propuesta de estrategias de conservación de especies de abejas	
silvestres	49
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Especies de abejas silvestres colectadas en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, Atlanta, GA. 2011.	53
Cuadro 2.- Composición de vegetación de las áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA,2012.	55
Cuadro 3.- Propuesta de estrategias de conservación y protección para abejas silvestres, propuestas para cada área de colecta de la Unidad Cochran Shoals	58
Cuadro 4.- Propuesta de esquema de siembra de vegetación nativa para la creación de áreas para el pecoreo en las diferentes áreas de colecta	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Riqueza de especies de abejas silvestres de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA,2012.	60
Figura 2.- Riqueza de especies de abejas silvestres en cuatro áreas de estudio en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA,2012	61
Figura 3.- Gráfica de conglomerados de las especies de abejas silvestres de las cuatro áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2014	62
Figura 4.- Gráfica de conglomerados de la vegetación de las áreas de colecta	63

Figura 5.- Mapa de ubicación de las áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA,2014.	64
--	----

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Todas las imágenes fotográficas son propiedad de la autora de este documento.

Serie A.- Áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals, (IG)- Área con pastos exóticos-Invasores	65
Serie B.- Áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals, (PL)- Derecho de vía de tubería de gas con vegetación secundaria	66
Serie C.- Áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals, (WS) - Área de humedal con arbustos emergentes	67
Serie D.- Áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals, (FF)- Bosque inundable estacional de tierras bajas o llanura de inundación	68
Serie E.- Colecta de especímenes y proceso para la identificación	69
Fotografía 1.- Nuevos registros para el Estado de Georgia, familia Megachilidae, <i>Osmia collinsiae</i>	70
Fotografía 2.- Nuevos registros para el Estado de Georgia, familia Halictidae, <i>Lasioglossum oblongum</i>	71
Fotografía 3.- Nuevos registros para el Estado de Georgia, familia Apidae, <i>Holcopasites calliopsidis</i> ,	

abeja parasítica no polinizadora	71
Fotografía 4.- Abejas silvestres nativas sobre	
estructuras florales. <i>Bombus impatiens</i> sobre <i>Solanum carolinense</i>	72
Fotografía 5.- Abejas silvestres nativas sobre	
estructuras florales. <i>Bombus sp</i> sobre <i>Chameachrista sp</i>	72
Fotografía 6.- Abejas silvestres nativas sobre	
estructuras florales, <i>Lasioglossum sp.</i> sobre <i>Ranunculus bulbosus</i>	73
Fotografía 7.- Abejas silvestres nativas sobre	
estructuras florales, <i>Lasioglossum sp.</i> sobre <i>Ranunculus sp</i>	73
Fotografía 8.- Abejas silvestres nativas sobre	
estructuras florales, <i>Xylocopa sp.</i> sobre <i>Solidago nemoralis</i>	74
LITERATURA CITADA	75

RESUMEN

En este proyecto de investigación se realizó un análisis comparativo de la riqueza de especies de abejas en cuatro hábitats (IG, PL, WS, FF) del Área Recreativa Nacional del Río Chattahoochee (CRNRA), localizada en la ciudad de Atlanta, Georgia, EE.UU. El trabajo forma parte de los esfuerzos que realizan la administración de CRNRA y Coevolution Institute, para conocer el estado de las especies polinizadoras y desarrollar estrategias para su conservación. En cada área se colectaron las abejas mediante la técnica de “bee bowls”, durante un periodo de ocho meses; los especímenes se determinaron a nivel de especies con el apoyo del Centro de Investigaciones de Fauna Silvestre Patuxent (USGS). La estimación y la comparación de la riqueza de abejas se realizó con base en las curvas de acumulación de especies (EstimateS, V. 8.2.0, 2012) y mediante un análisis de conglomerados con el programa NTSYSpc (V.2.1, 2000). En total se registraron 79 especies de abejas que pertenecen a 26 géneros y cinco familias; ocho especies son nuevos registros para el estado de Georgia. En el sitio IG (área con pastos exóticos-invasores) se observó la mayor riqueza de abejas (55 especies), con una estimación del índice Chao2 de hasta 65 especies; en este lugar predominan pastos y otras herbáceas que se controlan de forma mecánica. En los sitios PL (derecho de vía de tubería de gas con vegetación secundaria) y WS (área de humedal con arbustos emergentes), además de herbáceas presenta especies arbustivas, y en ambos casos se registró una riqueza de 50 especies, sin embargo el índice Chao2 estima hasta 94 especies en el primero y 83 en el segundo. FF (bosque inundable estacional de tierras bajas o llanura de inundación), donde aumenta la cantidad de árboles y no se realizan estrategias de control de invasoras, se capturaron solo 13 especies y Chao2 estimó 18.4, que es mucho menor a la de las otras tres áreas. La riqueza y composición de especies de abejas se relaciona en mayor grado con la estructura de la vegetación y dado que el control de plantas en el área es mecánico, el sitio IG con la estructura vegetal más simple y la mayor intervención humana, no presentó la menor riqueza de especies.

Palabras clave: riqueza de abejas nativas, estructura de la vegetación, impacto humano, control de invasoras.

ABSTRACT

A comparative native bee species richness analysis was conducted in four different areas (IG, PL, WS and FF) in the Chattahoochee River National Recreation Area, located in the city of Atlanta, Georgia, USA. This research project comes from the collaborative efforts between CRNRA and the Coevolution Institute, to establish pollinator species status and developed conservation strategies. In each area, native bees were collected using the bee bowl sampling technique during an eight month period; specimens were identified to species level by the Patuxent Wildlife Research Center (USGS). The species accumulation curves program (EstimateS V 8.2.0, 2012) and a cluster analysis of the program NTSYS pc (V.2.1, 2000) were used to estimate and compare the bee species richness. A total of 79 species were captured belonging to 26 genera and five families – eight new state records were recorded for Georgia. In the IG area (non-native invasive grasses), the highest bee species richness number was observed (55 species), while the indicator Chao2 estimated a maximum of 65 species; grasses and other small shrubs species can be found here and are managed with mechanical control. The PL (pipeline right-of-way/early successional field) and WS (emergent scrub/shrub wetland) areas both registered 50 species; however, Chao2 estimates 94 species in PL, and 83 species in WS. Both of these areas have herbaceous species and shrub species. FF (floodplain/ seasonally flooded bottomland forest), where tree species are more prevalent and there is no invasive plant management control, only 13 species were captured and Chao2 estimated 18.4 species – the lowest species richness in comparison with the rest of the areas. Bee species richness and composition is clearly associated to vegetation structure of each area. While mechanical control for invasive plant species is used, the IG area, with a simpler vegetation structure and more human impact, does not demonstrate the lowest species richness.

Key words: native bee species richness, vegetation structure, human impact, invasive vegetation.

INTRODUCCION GENERAL

Se estima que uno de cada tres bocados de comida que las personas consumen, provienen directamente del resultado de la polinización animal. El grupo polinizador más importante son las abejas, y debido al uso de plaguicidas (insecticidas y herbicidas) y la destrucción y fragmentación de hábitats naturales y semi-naturales, de los cuales dependen estas especies para su reproducción y alimentación, sus poblaciones se están viendo seriamente afectadas.

En 2006 el Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos (NPS, por sus siglas en inglés), firmo un Acuerdo de Entendimiento con el Coevolución Institute (MOU, 2007) el cual coordina la Campaña de Protección a Polinizadores de América del Norte (NAPPC, por sus siglas en inglés), una coordinación única de esfuerzos internacionales que fue designada para reducir en medidas cuantitativas la extinción de especies polinizadoras y la pérdida de sus hábitats. El Área Recreativa Nacional del Río Chattahoochee (CRNRA, por sus siglas en inglés) forma parte del NPS y está comprometida a promover la conservación y manejo apropiado de las poblaciones de animales polinizadores, a través de programas de cooperación. Es así que en el 2011 a través de la Oficina Regional del Sureste (SERO-NPS, por sus siglas en inglés) se propuso iniciar un inventario de especies de abejas nativas para realizar una evaluación y comparación de riqueza de especies en la unidad Cochran Shoals, la más cercana al área metropolitana de la ciudad de Atlanta.

La polinización es un proceso biótico que tiene un alto valor económico y ecológico, el primero se da en el contexto de la agricultura y la amplia variedad de comodidades

resultado de este; a nivel global el servicio de polinización animal es fundamental para el 30% de la dieta humana y la mayor parte de la producción de fibras (ejemplo, algodón), aceites comestibles, bebidas alcohólicas, y medicinas elaboradas con plantas (Buchmann & Nabhan, 1996). En el contexto ecológico, la polinización es la base del funcionamiento de los ecosistemas terrestres del mundo, ayudando a su diversidad y su continuidad. Las áreas naturales protegidas son consideradas de gran importancia para estudios ecológicos, ya que son indicadores del estado de las poblaciones de fauna y flora (Droege, 2012). Además de que se estas áreas se han convertido en reservorios ecológicos, debido al constante desarrollo urbano, agrícola e industrial (Black *et al.*, 2007).

Con base en lo anterior se planteó el presente proyecto de investigación, para iniciar un análisis comparativo de la riqueza de abejas nativas silvestres en cuatro áreas biológicamente distintas y con diferente manejo en la Unidad Cochran Shoals.

Se evaluó el impacto de los sistemas de manejo para el control de plantas invasoras, sobre la composición y riqueza de abejas silvestres, además se elaboró un inventario de abejas silvestres, y se propusieron una serie de estrategias para promover la conservación y protección las especies de abejas silvestres nativas y sus hábitats en CRNRA.

Esta tesis se divide en dos capítulos, el primer capítulo abarca la situación actual de las especies polinizadoras, los grupos más importantes y estrategias para su conservación; el segundo capítulo se desarrolla en base al análisis de la riqueza y composición de las especies de abejas que se encontraron, información de CRNRA y las características

estructurales y de manejo de las áreas de colecta; el método empleado para la colecta de insectos, el análisis de resultados y su interpretación en base al control de plantas invasoras y estructura vegetal; así como propuestas para la protección y conservación de las especies de abejas que se identificaron con este proyecto.

1. INSECTOS POLINIZADORES: IMPORTANCIA Y ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN

1.1 La función y el estado de los polinizadores

La polinización es un servicio del ecosistema definido como la transferencia de polen de la antera (órgano masculino) de una flor al estigma (órgano femenino) de la misma u otro individuo de la misma especie; este proceso requiere de un vector biótico (animales) u abiótico (viento o agua) para que esta transferencia sea exitosa y la planta se reproduzca (Proctor *et al.*, 1996). De las 240,000 especies vegetales del mundo aproximadamente 220,000 requieren de la polinización animal; entre ellas se encuentran el 70% de cultivos agrícolas para consumo humano (Buchmann & Nabhan, 1997).

Se estima que alrededor de 200,000 especies de animales ayudan a las plantas con flor a reproducirse y para ello existen diferentes estrategias de polinización. Los primeros animales polinizadores se cree fueron especies de escarabajos y moscas, que se calcula aparecieron al mismo tiempo que las primeras plantas con flor, hace 1.3 millones de años (Proctor *et al.*, 1996). Las plantas con flores han evolucionado con sus respectivos polinizadores, y han desarrollado diferentes estrategias para atraer a sus polinizadores específicos. Estas estrategias incluyen: olores dulces, colores llamativos e intensos, y la promesa de alimento que puede ser néctar, polen, o aceites (Proctor *et al.*, 1996).

Entre los animales que actúan como polinizadores se encuentran: aves, murciélagos, abejas, escarabajos, mariposas y moscas. La disponibilidad de los polinizadores

depende de la existencia de una diversa gama de hábitats donde puedan alimentarse y completar sus ciclos reproductivos exitosamente (Buchmann & Nabhan, 1997).

El grupo más importante de polinizadores son los insectos, debido a que son el taxón más grande y diverso, y muchas de sus especies dependen directamente de polen y néctar para sobrevivir y reproducirse (Proctor *et al.*, 1996. Michener, 2002., Shepherd *et al.*, 2003). En áreas de clima tropical el 95% de la vegetación requiere de la polinización entomófila y en áreas de clima templado el 75%. Además, los insectos representan el 25% de la dieta de mamíferos y el 95% de la dieta de aves (Adamson, 2014).

Se estima que el servicio de polinización genera 117 mil millones de dólares al año alrededor del mundo (Inouye, 2012). El estimado económico del valor de la polinización de cultivos para consumo humano por parte de las abejas silvestres nativas, se aproxima a los 3 mil millones de dólares al año tan sólo en los Estados Unidos (Mader *et al.*, 2011).

Desafortunadamente desde 1990 la diversidad de especies polinizadoras está decayendo de forma acelerada, debido a múltiples factores como enfermedades, parásitos, fragmentación de hábitat, etc. (The Xerces Society, 2013). Algunos ejemplos son: abejorros (*Bombus sp.*), abejas productoras de miel (*Apis mellifera*), mariposas (por ejemplo, *Lycaeides Mellissa samueli*) y murciélagos (por ejemplo, *Myotis lucifugus*). Esto trae como consecuencia que los ecosistemas agrícolas y naturales se encuentren en peligro, exponiéndonos a la desaparición de vegetación nativa y la

disminución de ciertos productos agrícolas de alto valor alimenticio para la población (Bradbear, 2004).

La causa principal de la pérdida de insectos polinizadores es la desaparición y fragmentación de áreas naturales y semi-naturales, debido al incremento de ciertas prácticas agrícolas y desarrollo urbano (Buchmann & Nabhan, 1996). La pérdida de estos hábitats causa la disminución en la abundancia y diversidad de polinizadores, y a su vez la flora nativa recibe menos visitas por parte de los insectos que las polinizan (Buchmann & Nabhan, 1996). En áreas naturales protegidas, la pérdida de insectos polinizadores puede llevar a la extinción de especies de plantas endémicas y nativas (Bradbear, 2004). Es por esto que la conservación y restauración de áreas naturales y semi-naturales es crucial para la preservación de la diversidad de polinizadores.

Las causas que más contribuyen a la pérdida de diversidad de especies polinizadoras son: el uso de insecticidas y herbicidas, el pastoreo y la poda de las orillas de los caminos, y la destrucción de la vegetación natural (Shepherd *et al.*, 2003).

Debido a lo anterior, desde mediados de 1990 científicos y agrónomos alrededor del mundo han manifestado su preocupación y en 2003 una reunión organizada por la FAO, estableció una iniciativa Internacional por la conservación y manejo sustentable de polinizadores, también conocida como Iniciativa Internacional para Polinizadores (IPI, por sus siglas en Inglés).

En 2006 el Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos, firmó un Acuerdo de Entendimiento (MOU por sus siglas en inglés) con el Instituto de Coevolución del mismo país; este último coordina la Campaña de Protección a Polinizadores de

América del Norte (NAPPC por sus siglas en inglés), que busca una coordinación única de esfuerzos internacionales entre México, Canadá y Estados Unidos, para reducir cuantitativamente la extinción de especies polinizadoras y la pérdida de sus hábitats (MOU, 2007).

1.2 Consecuencias de la disminución de los polinizadores en sistemas naturales y agrícolas

1.2.1 Sistemas Naturales

En ecosistemas naturales los efectos de la disminución en el número de especies polinizadoras puede llevar a la extinción de especies vegetales nativas y la pérdida de animales que se alimentan de semillas y frutos pequeños (Bradbear, 2004). Las áreas naturales no sólo son importantes para los animales polinizadores, sino que los polinizadores son de vital importancia para el funcionamiento de estos ecosistemas (Mader *et al.*, 2011).

Las especies polinizadoras son clave para el funcionamiento adecuado de las cadenas alimenticias, ayudan en la producción de alimentos, y al ciclo de nutrimentos, ya que son presas de diferentes organismos. Por ejemplo, muchas aves migratorias requieren de una dieta de bayas, frutos y semillas que provienen de plantas que son polinizadas por insectos, además, sus larvas son un componente vital en la dieta de aves jóvenes (Buehler *et al.*, 2002). Los servicios ecológicos que prestan los convierten en el grupo clave en casi todos los ecosistemas terrestres (Kearns *et al.*, 1998).

La pérdida de la diversidad de plantas con flores y su hábitat, debido al incremento de la urbanización, la expansión de la agricultura intensiva, el uso generalizado de

productos químicos (plaguicidas), el cambio climático, las enfermedades y parásitos, tienen un impacto negativo en las poblaciones de animales polinizadores (Committee on the Status of Pollinators in North America, 2006). Mientras las actividades humanas se incrementan, los hábitats sin desarrollo y las áreas naturales pueden jugar un papel decisivo como refugios para estos animales (Black *et al.*, 2007).

De este modo es vital que las autoridades participen activamente en la planeación para la protección y conservación de insectos polinizadores. Y al llevarse a cabo la apropiada planeación, no sólo estarán ayudando a un cierto grupo polinizador, sino que sentarán las bases para proteger al ecosistema en general. Actualmente existen muchas organizaciones que se dedican a orientar a todo tipo de grupos (organizaciones estatales, locales, comunales y escuelas) que estén interesados en iniciar proyectos de conservación de insectos polinizadores, por ejemplo la Xerces Society y NAPPC (North America Pollinator Protection Campaign) que tienen convenios con la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Puebla.

1.2.2 Sistemas Agrícolas

Diversos proyectos de investigación que se han realizado en América del Norte, han demostrado que zonas agrícolas que se encuentran cerca de ecosistemas naturales, tienden a poseer una mayor diversidad y riqueza de insectos polinizadores, en específico abejas silvestres, así como un incremento en la polinización de sus cultivos (Mader *et al.*, 2011). En los EE.UU cultivos de alto valor como alfalfa, almendra, manzana, canola, cereza y peras entre otros, requieren de la polinización de insectos.

La abeja europea (*Apis mellifera*) fue domesticada principalmente por su producción de miel y actualmente es el insecto más usado para la polinización de cultivos en sistemas de producción agrícola. Sin embargo, debido a enfermedades, parásitos y los altos costos de la renta de colonias (en el territorio de EE.UU por ejemplo, productores de almendra rentan a apicultores las colmenas de *A. mellifera* para la polinización), la disponibilidad de estas se ha visto disminuida (Park *et al.*, 2012). Otro factor reciente fue el fenómeno denominado desorden del colapso de la colonia (CCD, por sus siglas en inglés), que se cree es el resultado de una combinación de factores como: parásitos (por ejemplo el ácaro *Varroa destructor*), enfermedades, exposición a plaguicidas a través de los cultivos que pecorea, y ciertas prácticas apícolas actuales (Shepherd *et al.*, 2003., Inouye, 2013).

Los insectos polinizadores, en especial las abejas silvestres nativas proveen el servicio de polinización en áreas agrícolas de forma gratuita; mejoran la productividad y la rentabilidad a través de mayores rendimientos y mejoras en la calidad de los cultivos (Vaughan *et al.*, 2013).

En 2009 se llevó a cabo una encuesta a productores de manzana del área de Nueva York en Estados Unidos, y los resultados arrojaron que el 65% de los productores observaron que el fenómeno de CCD impactó de manera negativa su producción. Este estudio concluyó que debe haber una inversión en la diversificación de insectos polinizadores, ya que depender de una sola especie polinizadora implica gran riesgo para la producción de manzana, y de la misma manera otros cultivos que dependa de la polinización entomófila (Park *et al.*, 2012)

En un estudio llevado a cabo con 41 cultivos agrícolas, la producción de frutos incrementó en un 99% gracias a la visita de polinizadores silvestres; por el contrario sólo se incrementó un 14% con la visita de la abeja europea (Garibaldi *et al.*, 2013). Otro estudio que contrastó la eficacia de la polinización de las abejas silvestres versus la de *A. mellifera*, concluyó que tan sólo se requieren de 250 a 750 individuos de *Osmia lignaria* (blue orchard bee, por su nombre en inglés) para polinizar un acre de árboles de manzana, mientras que se necesitarían 2.5 colmenas de *A. mellifera* (aproximadamente 2000 obreras), para polinizar el mismo cultivo (Bosch & Kemp, 2001).

La diversidad de especies de abejas nativas ayuda a estabilizar la polinización a largo plazo, ya que entre más especies existan en un área determinada, es más probable que se encuentre alguna que tolere condiciones ambientales variables, como una primavera húmeda y fría (Park *et al.*, 2013). Asimismo cuando la diversidad de abejas silvestres es mayor, y una de ellas desaparece, ya sea debido a enfermedades, parásitos, envenenamiento por plaguicidas o la pérdida de hábitat, las especies restantes se reproducirán y polinizarán (Park *et al.*, 2012).

1.3 Principales grupos de polinizadores

Se conoce que aproximadamente más de 10,000 animales vertebrados son capaces de realizar el proceso de polinización; la mayoría de ellos son mamíferos como: murciélago, monos, roedores, lémures, ardillas, olingos y kinkajú, y aves como colibrí, chipes y algunas especies de loros.

Los insectos son el grupo con el que las angiospermas han desarrollado un mayor número de relaciones coevolutivas a lo largo del tiempo. Existen cuatro grupos importantes de insectos polinizadores: Coleóptera (escarabajos), Díptera (moscas), Lepidóptera (mariposas y polillas), y Himenóptera (abejas, avispas y hormigas). (Inouye, 2013).

De todos los grupos de insectos polinizadores, el orden Himenóptera y superfamilia Apoidea son especialmente importantes; a esta taxa pertenecen las abejas que son consideradas el grupo polinizador más relevante (Proctor *et al.*, 1996., Michener, 2000), debido a que dependen intrínsecamente de polen y néctar para cada etapa de su ciclo reproductivo. Las abejas transportan y colectan polen activamente, exhiben constancia floral (pueden pecorear en una especie de flor múltiples veces al día), y pecorean regularmente en áreas que se encuentran cerca de sus nidos (Mader *et al.*, 2011).

Existen registradas más de 25 mil especies de himenópteros (abejas, avispas y hormigas) que son polinizadoras altamente efectivas; a ellas hay que agregar coleópteros y lepidópteros (polillas, mariposas) que en conjunto integran la gran mayoría de especies polinizadoras que existen a nivel mundial (Eardley, 2006).

De la cifra anterior 20 mil especies son abejas (Michener, 2007., Bartomeus *et al.*, 2013) 19,500 especies se han descrito actualmente y de ellas alrededor de 3,500 se encuentran en el territorio continental de Estados Unidos y Canadá, con un estimado de 500 especies más que aún no han sido descritas (Ascher & Pickering, 2011).

Las especies de abejas por su organización se dividen en dos grupos, abejas sociales y abejas solitarias. La diferencia principal entre las abejas sociales como la abeja

europea (*A. mellifera*) y los abejorros (*Bombus sp.*), se debe a que cuentan con una reina que únicamente funge para la reproducción, y las obreras tienen la responsabilidad de pecorear y cuidar de la colonia. Sin embargo el 90% de las especies de abejas tiene una vida solitaria, donde cada hembra construye y cuida de su nido y se encarga de la alimentación de su prole (Park *et al.*, 2012). El 70% de las especies solitarias construyen sus nidos en el suelo; las abejas solitarias adultas son activas durante un tiempo relativamente corto (semanas a meses); durante su periodo activo, las hembras construyen su nido que consiste en un túnel con una serie de cámaras. La hembra provee cada cámara con alimento (una mezcla de polen y néctar), donde esta colocará un huevecillo, la cámara es sellada, y este se desarrollará en una larva y luego una pupa, sin el cuidado de la abeja hembra. Después de varios meses debajo del suelo, al llegar la temporada de vuelos, la abeja solitaria adulta emerge de su nido para reiniciar el ciclo (Park *et al.*, 2012).

1.4 Alternativas para su conservación

Cuando se planean estrategias de conservación de polinizadores, es difícil ejecutar un solo plan de manejo que procure hábitats ideales para la amplia gama de polinizadores que existen (Hoffman *et al.*, 2007). La planeación para la conservación de especies polinizadoras tiene dos características fundamentales: la preservación de diversidad floral para el pecoreo y la creación de sitios para la anidación. Sin embargo, cuando se planea la conservación de abejas silvestres se requiere además establecer un plan de protección contra plaguicidas, que al ejecutarse favorecerá a otras especies polinizadoras dentro del mismo sistema (Shepherd *et al.*, 2003).

Es importante que al ejecutar estas estrategias de conservación se convoque al esfuerzo conjunto de la comunidad. Sin embargo, las acciones llevadas a cabo por las administraciones (por ejemplo un parque o jardín comunitario), proporcionan la base para la conservación de polinizadores, a través de la aplicación cuidadosa de herramientas de sistema de manejo de ecosistemas (Hoffman *et al.*, 2007).

En el área donde se desea iniciar dicha conservación, deben tomarse en cuenta tres aspectos importantes: los atributos ecológicos del área, la identificación de especies de abejas silvestres u otros polinizadores, y las estrategias de manejo que actualmente se realizan en dicha área como: el uso de plaguicidas (herbicidas y pesticidas), prácticas de pastoreo, quema controlada de vegetación, y poda (Black *et al.*, 2007).

Según Black *et al.*, (2007) es de vital importancia que se realicen inventarios biológicos, para identificar los recursos vegetales y el hábitat de las especies polinizadoras; estos deben poner especial atención a las especies polinizadoras raras y a las especialistas, sus ciclos reproductivos y el tipo de hábitat que requieran. A las especies especialistas y con distribución limitada se les debe poner especial atención con el fin de que reciban una protección adecuada.

1.4.1 Diversidad de flores para el pecoreo

La diversidad floral ayuda a mantener una diversidad de especies polinizadoras. Las angiospermas que son polinizadas por insectos tiene características específicas tales como: el periodo de floración; colores especiales; formas, disposición y estructura, y tamaño de la flor; y el tipo de polen (Shepherd *et al.*, 2003). Las especies de abejas son particularmente atraídas por flores de color azul, morado, violeta, blanco, y amarillo. Se

ha demostrado que una mayor diversidad de plantas son más atractivas para abejas silvestres, ya que les proveen más y mejores recursos para el pecoreo (Adamson *et al.*, 2013).

Otro factor importante a considerar, es que no todas las abejas silvestres son activas fuera de su nido en todas las estaciones. Muchas especies de abejas solitarias requieren de la floración por sólo algunas semanas, así que en una estación se observan diferentes especies de abejas. Por el contrario las abejas sociales, se pueden observar activas durante meses. Por ello la diversidad de flores debe estar disponible a lo largo del año (Shepherd *et al.*, 2003).

Por su actividad de pecoreo, las abejas se clasifican en dos clases: poliléticas (generalistas) y oligoléticas (especialistas). Las primeras realizan la actividad de pecoreo en flores de diferentes especies y las oligoléticas realizan su actividad de pecoreo en una, o en pocas especies de plantas estrechamente relacionadas dentro de un género, o varios géneros de una sola familia (Michener, 2000). Ejemplos de abejas oligoléticas están en las familias Andrenidae y Halictidae (Proctor *et al.*, 1996).

La mejor estrategia es cultivar plantas con estructuras florales de diferentes colores y formas; se recomienda que el arreglo sea en mosaico de la misma especie; cada conjunto puede tener un diámetro de hasta un metro ochenta, ya que las abejas aprenden a alimentarse de una especie de flor a la vez (Wojcik *et al.*, 2008). Se recomienda la planeación de un esquema de siembra donde se seleccionen tres especies de flores diferentes para cada estación del año (Wojcik *et al.*, 2008).

1.4.2 La creación y protección de sitios para nidos

A) Construcción de nidos artificiales

Se calcula que 30% de las abejas nativas de América del Norte anidan en pequeños túneles, como tallos huecos de plantas y hoyos abandonados de otros insectos (como escarabajos), en troncos muertos y lugares similares (Mader *et al.*, 2009). Actualmente se está promoviendo la construcción de nidos artificiales; estos constan de bloques de madera con hoyos de diferentes tamaños, con el objetivo de atraer especies de abejas silvestres y aumentar sus poblaciones (Mader *et al.*, 2009). Estos nidos se pueden encontrar comercialmente, como los que fueron diseñados en 1960 para productores de alfalfa, para *Megachile rotundata*, o pueden ser contruidos en casa (Mader *et al.*, 2009).

De preferencia se recomienda comprar bloques de madera no tratada de 9 por 20 centímetros, haciendo hoyos con taladro de diferentes diámetros (de 2.5 a 10 milímetros); por ejemplo hoyos con diámetro de 6.5 milímetros deben ser 8 a 13 centímetros de largo, y hoyos con diámetros mayores 6 milímetros deben tener de 13 y 15 centímetros de largo. Debido a que las abejas hembras controlan el sexo de su prole, y normalmente termina el túnel con celdas donde se encuentran los machos, entonces un túnel más profundo asegura más espacio para más abejas hembras (Mader *et al.*, 2009). Es importante que el bloque tenga los hoyos solo de un lado, ya que las abejas no construyen sus nidos en cavidades con dos salidas. Cada túnel debe ser liso y se recomienda que se construyan popotes de papel para introducir en cada túnel; al final del periodo de reproducción se quita el popote para evitar que

enfermedades y parásitos comiencen a reproducirse, y para que otras abejas usen los túneles en la siguiente temporada (Mader *et al.*, 2009).

Existe evidencia que las abejas silvestres son atraídas por colores oscuros entonces puede quemarse un poco el exterior del bloque (o cubrirlo con hollín) para que se vea negro. Por último, el lugar donde se colocará el bloque debe estar protegido de los elementos (colocando un pequeño techo) y se recomienda colgarlo de un edificio o estructura resistente que sea visible en el terreno; se debe orientar hacia el este y evitar que se cubra con vegetación (Mader *et al.*, 2009).

B) Protección de sitios para nidos

El uso de podadoras y segadoras puede tener un impacto negativo sobre la población de insectos polinizadores, ya que se crea un césped de altura uniforme, destruyendo variaciones micro topográficas, como desniveles, montículos y cavidades que fueron utilizados como nidos por otras especies de animales (Morris, 2000). Estas características proporcionan una diversidad estructural del suelo, y ofrecen posibles sitios de anidación para especies de abejas, como las especies del género *Bombus* que usan madrigueras de roedores abandonadas (Hoffman *et al.*, 2007, Black *et al.*, 2007).

De acuerdo con Hoffman *et al.*, (2007) se consideran tres aspectos importantes cuando se usan podadoras o segadoras: técnica, temporada y escala. Teniendo en cuenta estas consideraciones, se distingue entre un régimen de poda beneficioso y otro perjudicial. Se recomienda colocar una barra de metal (flushing bar, por su nombre en inglés) en la segadora o podadora, a una altura mínima de 30 a 40 centímetros arriba del

suelo, y reducir la velocidad a menos de 12 km/hr (Green, 2007). En orillas donde se encuentra vegetación no deseada pero no hay riesgo de que se convierta en un problema, puede evitarse cortar (o podar) la vegetación en temporada de floración (Munguria & Thomas, 1992).

Estas prácticas reducen la perturbación del área de nidos de algunas especies de abejas silvestres como *Bombus* sp. (Hoffman *et al.*, 2007; Black *et al.*, 2007). Sin embargo, no son eficaces para la conservación de las abejas que anidan en el suelo (ejemplo algunas especies de la familia Halictidae); ya que estas abejas al estar fuera de sus nidos pecoreando, toman puntos de referencia para reubicar sus nidos. La desorientación y el no ser capaces de encontrar su nido, es otro factor de alta mortalidad de las abejas que anidan en el suelo (Shepherd *et al.*, 2003). En el caso de vegetación no nativa, se recomienda cortar la planta frecuentemente en secciones (algunas especies de abejas pecorean la flor de especies exóticas), especialmente si está en floración (Mckinney & Goodell, 2010).

Los troncos de acezintle (*Acer negundo*) y saúco (*Sambucus* sp.), son preferidos para la construcción de nidos por algunas especies de abejas solitarias (Adamson *et al.*, 2012). Se recomienda dejar troncos muertos de estas especies, así como incrementar brotes leñosos jóvenes, cortándolos cada 2 a 3 años (Adamson *et al.*, 2012).

La vegetación de tipo matorral arbustivo es preferida como lugares de anidación para especies como; *Ceratina* sp., *Megachile* sp. y *Osmia* sp. También existen especies de abejas que construyen sus nidos exitosamente en áreas que se inundan periódicamente como *Nomia* sp. (Cane, 1992).

1.4.3 La protección contra plaguicidas

Los efectos y el impacto que tiene el uso de plaguicidas sobre las abejas silvestres y domesticadas, ha sido un tema de mayor controversia desde que CCD fue identificado en colonias domesticadas de *A. mellifera*. Actualmente se han realizado innumerables investigaciones sobre el efecto que tiene cierto grupo de insecticidas, sobre la abeja europea; sin embargo no existe suficiente información sobre el impacto que tiene el uso de insecticidas en poblaciones de abejas silvestres. De estos estudios que se han realizado solo se han hecho investigaciones de comparación entre *Bombus* sp. y *Apis* sp; y se encontró que las abejas sociales al formar colonias y tener periodos largos de pecoreo tienen una mayor exposición, ya que muchos de estos productos permanecen en las estructuras vegetativas de las plantas, especialmente en el polen y néctar, que mas tarde es consumido por las larvas de estas especies (Hopwood *et al.*, 2012).

Las practicas de manejo para el control de especies exóticas, regularmente con el uso de herbicidas, también se considera de gran riesgo para las especies de abejas silvestres. La presencia de especies exóticas tiene un impacto negativo en las poblaciones de abejas silvestres ya que desplazan a las especies nativas que pecorean (Hanula *et al.*, 2011). Estas dos situaciones están provocando que el problema de la contaminación por plaguicidas a polinizadores sea más grave. Sin embargo, los estudios sobre el impacto del uso de herbicidas sobre las poblaciones de abejas silvestres aún son escasos (Mader *et al.*, 2011). De tal forma es imprescindible iniciar medidas de prevención para evitar que la crisis del declive de polinizadores sea más compleja.

Se consideran tres reglas básicas para la aplicación de plaguicidas: la primera, es seleccionar el producto de menor toxicidad; la segunda, el método correcto de aplicación, y la tercera, la temporada de aplicación (Mader, 2011). La organización no gubernamental Xerces Society, trabaja para proveer de una serie de recomendaciones relacionada con este tema, utilizando información actualizada de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (EPA, por sus siglas en inglés). A continuación se presenta una lista no exhaustiva de los herbicidas de menor toxicidad, que funcionan como reguladores de crecimiento de vegetación no deseada (Mader, 2011). Sin embargo, no existe suficiente evidencia que compruebe que estos herbicidas no causarán problemas futuros, una vez que la aplicación sea a largo plazo.

- Surfactante de baja toxicidad (excepto Pulse, Boost y Ethokem, por sus nombres comerciales).

Este tipo de agentes se agregan a la mochila de aspersor para modificar las características de dispersión del herbicida que se esté usando, esto ayuda a minimizar la contaminación de plantas deseadas.

- Gluten de maíz, no tóxico.

Este producto se deriva de la división proteínica del maíz, que inhibe la formación de la raíz en gramíneas y arvenses de hoja ancha (ejemplo pasto bandera *Sanguinalis sp.*).

- Ácido giberélico (designado como biopesticida por el EPA, 1995).

Es una hormona vegetal que se usa como regulador de plantas; estimula la división y alargamiento celular lo que afecta a hojas y tallo; también puede acelerar la maduración de la planta y la germinación de la semilla.

- Vinagre horticultural de baja toxicidad.

Algunos estudios han demostrado que al agregar 10-20 % de vinagre en agua, puede ayudar a controlar ciertas arvenses en un 80-100% (Daniels & Fults, 2002)

La aplicación de cualquier tipo de herbicida, requiere del riguroso seguimiento de las instrucciones del producto; este se debe aplicar únicamente a la planta que se desea controlar, evitando el uso de aplicadores en aspersor o el uso de gránulos, ya que se puede contaminar o eliminar vegetación deseada; incluyendo plantas que son usadas como sitios de anidación por diversas especies de abejas silvestres. En el caso de emplear aspersión se recomienda el uso de una mochila de aspersión, teniendo el calibre más grande y baja presión (Mader *et al.*, 2011).

El tiempo de aplicación de cualquier herbicida es crucial para un control exitoso de la planta problemática. Muchos insectos pecorean en plantas exóticas y que se desean controlar, como aligustre chino (*Ligustrum sinense*), pecoreado por *A. mellifera* y posiblemente por abejas silvestres nativas (Mckinney & Goodell, 2010). Debido a esto, se recomienda la aplicación del herbicida cuando la invasora y las plantas deseadas no estén en floración, y además, por la tarde o noche cuando los insectos no estén pecoreando (Mader, 2011). Condiciones altas de humedad provocan que los plaguicidas en general persistan en el medio ambiente por más tiempo, es así, que la aplicación debe ser evitada en condiciones climáticas similares (Mader, 2011).

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La crisis de polinizadores apunta a que ciertas especies polinizadoras se encuentran decayendo de forma acelerada; sin embargo para saber con certeza el estado en el que se encuentran las especies de abejas silvestres, es necesario iniciar estudios de monitoreo en áreas protegidas y continuarlos mínimo por 10 años. Además se debe utilizar la conservación de polinizadores como marco para la gestión y el manejo de estas áreas, que dará lugar a comunidades diversas de plantas y hábitats para un mayor número de vida silvestre.

Por otro lado, áreas urbanas o adyacentes a estas, pueden proporcionar hábitats adecuados para poblaciones diversas de polinizadores, pero existen pocos individuos y una baja diversidad en comparación con áreas rurales; sin embargo tiene el potencial de transformarse en reservorios de especies polinizadoras, especialmente si el hábitat y composición florística se mantienen heterogéneos, a través de la aplicación de herramientas de planeación urbana, enfocada a la conservación de polinizadores.

Actualmente existen grupos (ONG) que han desarrollado herramientas de conservación de polinizadores; esta información se dirige a la población en general y no se enfoca a un grupo (académicos y especialistas); y así todos podemos hacer pequeños cambios que a la largo ayudarán a las especies polinizadoras de las cuales dependemos.

2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RIQUEZA DE ABEJAS SILVESTRES EN EL ÁREA RECREATIVA NACIONAL DEL RÍO CHATTAHOOCHEE

2.1 Introducción

Actualmente se sabe que los insectos polinizadores se enfrentan a múltiples amenazas de origen antropógeno (Kearns *et al.*, 1998). Entre ellos se encuentran, la pérdida y fragmentación de hábitats, envenenamiento por uso de plaguicidas, introducción de parásitos y enfermedades; y la introducción de polinizadores no nativos y plantas exóticas. La intensificación de la agricultura a través de monocultivos y otras prácticas convencionales, así como el desarrollo urbano de tipo comercial e industrial, son las causas más frecuentes de la pérdida y fragmentación de hábitats. Más problemático aún es que estos desarrollos urbanos e industriales, con frecuencia, se sitúan cerca de áreas con una amplia biodiversidad (Shepherd *et al.*, 2003).

En zonas urbanas la pérdida de ecosistemas naturales es perceptible y regularmente lo que persiste son áreas de disturbio como: márgenes de campos, setos, acotamientos, y las orilla de zanjas y arroyos (Shepherd *et al.*, 2003). Estas áreas se han convertido en hábitats importantes para ciertas especies de insectos polinizadores, pero desafortunadamente son dominados por especies invasoras que tienden a desplazar a la vegetación nativa, de la cual muchos insectos polinizadores dependen para completar sus ciclos reproductivos (Shepherd *et al.*, 2003). Por otro lado, los efectos visuales de la pérdida de polinizadores en ecosistemas naturales son menos perceptibles, debido a que es un proceso lento. Sin embargo, las consecuencias conllevan a la extinción de plantas nativas y endémicas, y la pérdida de animales que se alimentan de semillas y frutos (Bradbear, 2004).

El Área Recreativa Nacional del Río Chattahoochee (CRNRA) se encuentra ubicada en la zona metropolitana de la Ciudad de Atlanta, la cual es considerada una de las ciudades con un rápido crecimiento demográfico en EE.UU. (CRNRA-GMP, 2009). El crecimiento acelerado de la población trae consigo la construcción de complejos industriales, comerciales y habitacionales que rodean las diferentes unidades del Área de Recreación. Asimismo, el número de visitantes ha incrementado y un mayor número de aprovechamientos se desarrollan en los bosques de pino-roble y en la llanura de inundación (Allyson Read, CRNRA. *com pers.*, 2012). La demanda por espacios dentro de CRNRA, provoca la perturbación de la vegetación nativa y genera erosión del suelo, debido al alto impacto humano. Sin embargo, una de las mayores consecuencias es la dispersión de especies de plantas exóticas, que se desplazan desde las zonas residenciales, amenazando así las especies nativas (Allyson Read, CRNRA. *com pers.*, 2012). Esto trae consigo una preocupación por el estado de los insectos polinizadores que habitan en el Área Recreativa, principalmente el cómo se encuentran las poblaciones de abejas silvestres nativas, que son el grupo más importante de insectos polinizadores (Proctor *et al.*, 1996., Shepherd *et al.*, 1997., Michener, 2002.)

Cochran Shoals es la segunda, de las 16 unidades que forman el Área Recreativa y la más cercana a Ciudad de Atlanta. Esta recibe un gran número de visitas al año en comparación con las otras unidades. Además del constante impacto humano, esta se encuentra sometida a un proceso de invasión de plantas exóticas, que amenaza a los diferentes elementos de flora y fauna. Para controlar la invasión se recurre a estrategias de control químico y mecánico, que también han despertado la preocupación por sus efectos negativos en las poblaciones de diferentes organismos,

en particular de las abejas silvestres nativas, que se sabe ofrecen un servicio ambiental de gran relevancia tanto para la conservación de las áreas naturales como para la agricultura (Shepherd *et al.*, 1997., Hall *et al.*, 2010., Inouye, 2013). Las plantas introducidas han invadido la zona de inundación a lo largo del corredor del río, algunos ejemplos son: pera bradford (*Pyrus calleryana*), eleagnus (*Eleagnus sp.*), mimosa (*Albizia julibrissin*), hiedra inglesa (*Hedera helix*), y aligustre chino (*Ligustrum sinense*).

En el 2008 se removieron 8.1 hectáreas invadidas con aligustre chino (*Ligustrum sinense*), utilizando una mezcla de herbicida Triclopyr 4E y aceites esenciales de albahaca y hiena, en conjunto con un tratamiento foliar (glifosato y surfactante de aceite de semilla metilado). Desde entonces diferentes áreas invadidas por aligustre chino, han sido periódicamente controladas, al igual que otras áreas con diferentes invasoras, utilizando control químico y control mecánico (Allyson Read, CRNRA, *com. pers.*, 2012). Sin embargo, en las áreas de colecta no se lleva a cabo control químico de invasoras.

El Servicio Nacional de Parques (NPS, por sus siglas en inglés) y Coevolution Institute (ambas organizaciones de EE.UU) firmaron en el 2007 un Acuerdo de Entendimiento (MOU, por sus siglas en inglés). El objetivo de este acuerdo es promover la conservación y manejo apropiado de animales polinizadores, a través de programas de cooperación entre ambas instituciones (MOU, 2007). Con base en este acuerdo, se planteó un proyecto de investigación para iniciar un inventario de abejas nativas silvestres e identificar el impacto que las diferentes prácticas de manejo de cada área de colecta, tienen sobre la riqueza y composición de especies.

2.2 Antecedentes

Se estima que el 85% de las plantas con flores alrededor del mundo y un 35% de la producción de plantas cultivadas, dependen de los animales para su polinización (Hopwood, 2013). El servicio de polinización animal para cultivos de consumo humano alrededor del mundo, tiene un valor económico estimado de \$117 mil millones de dólares anuales (Inouye, 2013). Otro modelo económico calculado para los Estados Unidos, dice que si el servicio de polinización provisto únicamente por la abeja europea (*Apis mellifera*), fuera reducido para 63 cultivos, se perderían aproximadamente \$1.6 a 5.7 mil millones de dólares en beneficios sociales. Este estimado económico no toma en cuenta el servicio de polinización de abejas silvestres nativas (Inouye, 2013).

La polinización es solo uno de los muchos servicios ecológicos realizados por agentes naturales como el viento, agua y animales. Es el proceso en el cual un grano de polen contenido en las anteras (órgano masculino vegetal) es transferido, por agentes bióticos o abióticos, al estigma de la flor (órgano femenino vegetal) de la misma especie. Si esta transferencia es exitosa, el polen germinará y su tubo polínico crecerá a través del estilo donde fertilizará al óvulo, y producirá una semilla (Inouye, 2013). Como consecuencia del proceso de polinización, además de la producción de alimentos y la reproducción vegetal del mundo, se obtienen materiales para construcción (madera); asiste con la regulación del clima, el control de la erosión y reciclaje de nutrientes (NAPPC, 2013).

En los últimos cinco años tan sólo la población de abejas productoras de miel (*Apis mellifera*) dentro del territorio de EE.UU, ha disminuido en un 30%. El fenómeno

denominado CCD que se caracteriza por el abandono de la colonia por parte de las abejas obreras, ha creado una alerta sobre el futuro de la producción de alimentos, especialmente la producción de cultivos que dependen de los servicios de la abeja europea (Inouye, 2013). Debido a esto, se sospecha que colonias domesticadas de *A. mellifera* y especies de abejas nativas silvestres, comparten y están expuestas a los mismos riesgos (Buchmann & Nabhan, 1996). La pérdida de colonias de abeja europea, tiene un impacto directo en la apicultura y la economía familiar del apicultor. Desde este punto de vista, declives en poblaciones de especies de abeja silvestre es difícil de cuantificar e identificar. Actualmente la información sobre la distribución de especies de abejas silvestres, su hábitat y el papel ecológico que desarrollan, tanto en sistemas naturales y agrícolas, sigue siendo insuficiente (Buchmann & Nabhan, 1996); tan solo en los Estados Unidos los niveles de distribución estatal para las abejas silvestres no se conoce del todo (Hall & Ascher, 2011).

Existen cuatro grupos de insectos polinizadores importantes, pero el orden Himenóptera es el grupo más diverso. De todas las especies de esta orden, las abejas dependen directamente de polen, néctar y aceites que producen las angiospermas (Proctor *et al.*, 1996). Tanto larva y adulto requieren néctar y polen para sobrevivir y desarrollarse (Michener, 2002). Los insectos polinizadores usualmente habitan áreas naturales o seminaturales, como las orillas de bosques, pastizales, y matorrales (Shepherd *et al.*, 1997., Inouye, 2013). Se estima que en el mundo existen 20,000 especies de abejas (Michener, 2007., Bartomeus *et al.*, 2013); 19,500 especies se han descrito actualmente y de ellas alrededor de 3,500 se encuentran en el territorio

continental de Estados Unidos y Canadá, con un estimado de 500 especies más que aun no han sido descritas (Ascher & Pickering, 2011).

Actualmente se reconoce que a pesar de que la relación polinizador-planta puede ser especializada, el servicio que ofrecen las especies polinizadoras es más eficaz cuando hay una mayor abundancia y diversidad de ambas especies (Eardley, 2006).

2.3 Método

2.3.1 Caracterización del Área de estudio

El Área Recreativa Nacional del Río Chattahoochee (CRNRA) se estableció como Parque Nacional por acuerdo del Congreso de EUA en 1978. El decreto de creación establece que: “Los recursos naturales, escénicos, de recreación e históricos y otros aspectos valiosos que se encuentran en los 77.23 kilómetros del segmento del Río Chattahoochee y otros terrenos adyacentes en el estado de Georgia, deben ser preservados y protegidos de desarrollo urbano u otros usos que sustancialmente pueden llegar a alterar o destruirlos” (CRNRA-DGM, 2003).

El Corredor del Río Chattahoochee, es considerado un área de gran diversidad biológica, ya que se encuentra ubicado en la provincia fisiográfica del Piedmont que le otorga una amplia gama de hábitats terrestres: campos, llanuras, barrancos, colinas y acantilados. Además, cuenta con una variedad de planicies costeras, donde se interceptan especies de las provincias fisiográficas del Piedmont y Appalachian. Los estudios de flora determinan la presencia de 982 especies de plantas, que incluyen: algas, briofitos (musgos), helechos, gimnospermas (pinos y cedros), monocotiledoneas (juncos, pastos, orquídeas, etc.) y dicotiledóneas (sauces, robles, acebos, girasoles,

etc.). Además se registran especies de plantas endémicas, lo que le otorga gran valor ecológico para la zona metropolitana de Atlanta (CRNRA-GMP, 2009). También se han registrado aproximadamente 240 especies de aves, y de una amplia gama de mamíferos pequeños, y de especies mayores como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (CRNRA-GMP, 2009).

CRNRA ocupa una superficie aproximada 2430 hectáreas y se divide en 16 unidades terrestres a lo largo de las orillas del río Chattahoochee. La zona comienza en el Lago Lanier de la Presa Buford, cerca del condado de Buford, y continúa río abajo pasando por cuatro condados hasta llegar al arroyuelo Peachtree cerca del centro de Atlanta. El área provee oportunidades de recreación al aire libre a más de 3 millones de visitantes al año y representa un importante recurso para el área metropolitana de la Ciudad de Atlanta (CRNRA-DGM, 2003).

El manejo de los parques que están bajo la responsabilidad del Servicio de Parques Nacionales, y actualmente está incorporando prácticas para la protección de especies polinizadoras y de sus hábitats. Cada parque define acciones de manejo específicas, como por ejemplo, el uso de especies nativas para mejora del paisaje y la restauración de ecosistemas, ya que con ello aseguran el alimento y el resguardo para las especies polinizadoras.

En su mayoría, el tipo de suelo del Área Recreativa se encuentra clasificado como tierras arables de primera calidad, clasificación determinada por el Departamento de Agricultura (USDA, por su siglas en inglés) (CRNRA-GMP, 2009). Este tipo de suelo tiene la mejor combinación de características físicas y químicas para la producción de

alimentos, forraje, fibras, y producción de semillas oleaginosas. Este suelo es preferido para la producción de cultivos de alto valor como frutas, hortalizas y nueces; ya que posee una adecuada combinación de propiedades como: drenaje, temperatura, acidez, y balance en contenido de sales y sodio, aunado a una buena época de crecimiento, humedad y que en conjunto producen altos rendimientos de cosecha. Cochran Shoals tiene dos tipos de suelo de acuerdo a Soil Survey Geographic Database (SSURGO, por su siglas en inglés): Cartecay franco limoso, variante limosa (abreviación Cw), y suelo Toccoa (abreviación Toc). El suelo Cw se caracteriza por tener un drenaje pobre y una permeabilidad moderada a rápida, además se forman sedimentos aluviales gruesos de arcilla, con un pH de 5.5 o más alto algunas veces. La cualidad principal de este suelo es que su cantidad de arcilla y arena es relativamente igual y son suelos característicos de llanuras de inundación. El suelo Toc tiene un drenaje bueno a moderado, con una composición de arcilla y arena, aluvión de rocas ígneas y metamórficas, tiene una acidez que va de fuerte a moderada, pero en la sección de control tiene una acidez moderada a ligera.

La unidad Cochran Shoals (33.5448 L.N y 84.2654 L.O) cuenta con 392 hectáreas, que se encuentran rodeadas al sur, oeste y norte, por densos desarrollos urbanos, residenciales y comerciales. Esta cuenta con un sendero de uso múltiple (caminata, ciclismo, etc.) desde donde se puede apreciar el río. Asimismo cuenta con un sendero entablado dentro de la zona del humedal y zonas para observación de aves migratorias, plantas endémicas, y otros elementos de vida silvestre. En el humedal se pueden observar especies como: ganso madera (*Aix sponsa*), castor (*Castor canadensis*), garza real azul (*Ardea herodias*), rata almizclera (*Ondatra zibethicus*) y

nutria de río (*Lutra canadensis*). Entre las plantas anuales destacan: sanguinaria (*Sanguinaria canadensis*), sello de salomón (*Polygonatum biflorum*), lechuguilla silvestre (*Trillium sp.*), y lirio trucha (*Erythronium americanum*). Las plantas perenes se encuentran representadas por: jiguite blanco silvestre (*Baptisia cf. alba*), vinagrera roja (*Rumex acetosella*), sauce (*Salix nigra*), coquillo (*Cyperus sp.*) etc. (CRNRA-GMP, 2009).

2.3.2 Zonas para el inventario de abejas

La selección de las áreas para realizar la colecta de abejas consideró diferencias en la estructura de los ecosistemas de la unidad Cochran Shoals, y los sistemas de manejo para el control de especies invasoras. Además, las zonas seleccionadas se encuentran expuestas a una menor perturbación humana, lo que disminuyó la pérdida de trampas y especímenes.

Los hábitats de acuerdo a su estructura vegetal y su sistema de manejo son:

Área con pastos exóticos-invasores (IG): En esta área se plantan pastos del género *Festuca* sp. y el pasto bahía o zacate común (*Paspalum notatum*). Estos se podan regularmente para mantenerlos a una altura de cinco a diez centímetros de largo. En esta área se presenta el mayor impacto humano. El tipo de suelo es Toccoa (Toc). El área de colecta mide aproximadamente 1187.8 metros cuadrados, y tiene un radio aproximado de 20.27 metros.

Derecho de vía de tubería de gas con vegetación secundaria (PL): Esta área es propiedad de la Compañía Colonial Pipeline quien poda y maneja la vegetación del área evitando que crezca demasiado y llegue a comprometer la seguridad de la tubería

de gas. En este tipo de hábitat encontramos pastos (ejemplo *Carex* sp.) y otras herbáceas (ejemplos *Aster* sp, *Ranuculos* sp, *Solidago nemoralis* etc.) (Cuadro 2); y de acuerdo con el personal del parque se han observado distintas especies de mariposas y otros insectos polinizadores. Esta área es importante debido a que proporciona un hábitat adecuado para especies de insectos polinizadores, al igual que para algunas especies de aves y mamíferos pequeños. Posee dos tipos de suelo: Cartecay (franco limoso, variante limosa, Cw) y Toccoa (Toc). El área de colecta mide 2225.60 metros cuadrados, y tiene un radio de 34.2 metros aproximadamente.

Área de humedal con arbustos emergentes (WS): Este hábitat está asociado con áreas marginales entre el área de bosque y humedal. Tiene un tipo de suelo Toccoa (Toc), donde se reproducen una amplia gama de pastos y hierbas como juncos de agua (*Scirpus* spp.) y juncias (*Carex* spp.). También se pueden encontrar plantas de hoja ancha resistentes a las inundaciones como lengua de vaca (*Rumex obtusifolius*) y plantas trepadoras o enredaderas (*Polygonum* spp). Entre las especies dominantes se encuentran: arce americano (*Acer negundo*), zarza (*Cephalanthus occidentalis*), junco común (*Juncus effusus*) y roble blanco (*Quercus alba*). El área de colecta mide aproximadamente 1187.8 metros cuadrados, y tiene un radio aproximado de 31.75 metros.

Bosque inundable estacional de tierras bajas o Llanura de inundación (FF): Esta área proporciona un hábitat adecuado para vertebrados como rana (*Rana sphenoccephala*), sapo (*Bufo americanus*) mapache (*Procyon* sp.), ardilla (*Sciuridae* sp.) y venado (*Odocoileus virginianus*). Entre la vegetación dominante se encuentran *Acer negundo*, *Sambucus canadensis*, *Carya* sp, entre otros (Cuadro 2). Asimismo, juega un papel

muy importante disipando el agua del Río Chattahoochee cuando este se desborda. El sedimento causado por las inundaciones estacionales es rico en nutrientes, convirtiendo al suelo en una zona agrícola de primera calidad, con suelo Cartecay (franco limoso, variante limosa - Cw) (Allyson Read, CRNRA, *com. pers.*, 2012). El sitio de colecta mide 2208.28 metros cuadrados, y tiene un radio aproximado de 34.3 metros.

2.3.3 Proceso de colecta e identificación de abejas

Las abejas fueron colectadas mediante la técnica conocida como trampas de tazón o tazón para abejas (“bee bowls” por su nombre en inglés), diseñada por Droege (2009). Las “Bee bowls” son pequeños tazones de aproximadamente 3.35 onzas de color blanco o transparente. Estos tazones se pintaron de color azul y amarillo fosforescente y color blanco, y posteriormente se llenaron con un líquido de baja tensión superficial (agua con jabón); se colocaron en áreas abiertas, de preferencia sin sombras, donde los insectos al volar los vean y ser atraídos por los colores (que asemejan una flor), y al pararse sobre la superficie quedan atrapados en la solución y mueren (Droege, 2010).

Para este proyecto se realizaron dos modificaciones a la técnica original: la primera modificación fue agregar propil-glicol a la solución de agua (50: 50), con jabón líquido para trastes (una onza aproximadamente), debido a las altas temperaturas de la zona que provocan que el agua se evapore rápidamente; la segunda modificación se produjo en el arreglo de los tazones, ya que se colocaron en círculo, con el propósito de tener un espectro más amplio de captura. Los tazones fueron llenados con el líquido un centímetro debajo del borde y rellenados diariamente; después se vació el contenido con los insectos colectados, a frascos rotulados.

En cada hábitat se colocaron tres círculos de 30 tazones, diez amarillos, diez blancos y diez azules. La distancia entre los círculos de tazones fue de 20 metros, y la distancia entre tazones fue de cinco metros; se utilizó una unidad de GPS para localizar el punto central de cada círculo de tazones y posteriormente crear un mapa de las áreas de colecta. Cada tazón se dejó a la intemperie por lapsos de 24 horas durante 6 días. En total se obtuvieron cuatro colecciones de abejas; la primera serie de colectas fue de abril a principios de mayo, la segunda a finales de junio a principios de julio, la tercera en agosto, y la cuarta se inicio a finales de septiembre y se concluyó a finales de octubre de 2011. Entre cada serie de colectas se tuvo un lapso de 45 días aproximadamente.

Los especímenes capturados (cuatro colecciones) fueron enviados al laboratorio del Centro de Investigación de Vida Silvestre Patuxten (USGS - Patuxten Wildlife Research Center), en el estado de Maryland, para su determinación taxonómica por el Dr. Sam Droege. La tercera colección fue identificada haciendo uso del sistema de claves Discover Life (Ascher & Pickering, 2011) y las claves “The Bees of Florida” (Pascarella, 2006), posteriormente la determinación taxonómica fue corroborada en el USGS.

2.3.4 Análisis comparativo de la riqueza de abejas

La estimación de la riqueza de especies de abejas en cada área y en toda la unidad se realizó mediante el programa EstimateS V. 8.1 *sensu* Colwell (2004). Para comparar los valores de riqueza entre áreas, se construyeron las curvas de acumulación de especies con base en el número de individuos colectados y no en el número de muestras (Gotelli & Coldwell, 2001).

También se hizo uso del estimador de riqueza Chao 2 (Chao, 1987), que funciona con un conjunto de intervalos de confianza asimétricos del 95%; estos intervalos, se basan en la ecuación log (sest-sobs), que indica que la cota de confianza inferior no puede ser menor que el número de especies observadas, ajustando satisfactoriamente por especies no observadas (Letcher, 2009).

El nivel de riqueza de especies fue contrastado con el tipo de manejo y condiciones del hábitat, con el fin de establecer aquellas que sean favorables para la conservación de las especies de abejas silvestres encontradas. Las estrategias de manejo que actualmente son empleadas por la División de Mantenimiento y la División de Manejo de Recursos Naturales de CRNRA, fueron consideradas en cuanto al manejo de vegetación y uso de plaguicidas, con el fin de realizar una comparación con las estrategias de manejo y conservación de abejas silvestres polinizadoras.

Adicionalmente se realizó un análisis de conglomerados, con base en la medida de similitud denominada Distancia Taxonómica Promedio (Rohlf, 2000), incluida en el programa NTYSpC V.2.1 (Rohlf, 2000) y el método de agrupamiento jerárquico UPGMA (Unweight Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Rohlf, 2000). Este análisis se realizó para identificar el grado de similitud que existe entre sitios con base en la composición de abejas, y con base en la composición de especies vegetales. Para cada caso se construyó el dendograma correspondiente.

De acuerdo a los hallazgos encontrados en la revisión de literatura, se contrastaron las estrategias de manejo de cada área de colecta con estrategias de protección y conservación de abejas silvestres polinizadoras; para evaluar cómo pueden estar

afectando las prácticas de manejo actuales a las especies de abejas que fueron identificadas, proponiendo así estrategias de manejo para su conservación y protección.

2.4 Resultados

2.4.1 Riqueza de especies de la Unidad Cochran Shoals

Con base en el análisis de todas las trampas colocadas en la unidad, se obtuvo una colecta de 937 abejas silvestres, que pertenecen a 79 especies y 26 géneros, y cinco familias (Cuadro 1). Del total de las especies 30% pertenece a la familia Andrenidae, 29% a la familia Apidae, 26% a la familia Halictidae, 10% a la familia Megachilidae, y dos por ciento pertenecen a la familia Colletidae. El programa EstimateS V 8.1 *sensu* Colwell (2004) con base en el esfuerzo de muestreo realizado, estimó una riqueza promedio de 77 especies de abejas (I.C= 69.24-87.76; 95%). Sin embargo, la forma de la curva de acumulación de especies indica que de aumentarse el esfuerzo de muestreo (más trampas durante un periodo más largo), la riqueza de especies estimada podría ser mayor. El estimador Chao 2, proyecta una riqueza de especies máxima de hasta 94.91 (I.C= 84.05-122.52; 95%).

2.4.2 Riqueza de especies en las áreas de colecta

En IG (área con pastos exóticos-invasores) se capturaron un total de 373 abejas pertenecientes a 55 especies, 21 géneros y cinco familias (Cuadro 1). El programa estimó una riqueza promedio de 50 especies (I.C.= 44.97-65.03; 95%); no obstante, el estimador Chao2 proyectó una riqueza máxima de 65.5 especies (I.C.= 58.11-90.49; 95%). Aquí se tuvo el mayor número de especies capturadas; las especies de mayor

recurrencia fueron *Calliopsis andreniformis*, *Lasioglossum coreopsis*, y *Lasioglossum tegulare*. Tres especies fueron exclusivas, *Megachile rotundata*, *Osmia subfasciata* y *Lasioglossum cephalotes*; esta última especie es parasítica y no polinizadora, al igual que *Sphecodes* sp. y *Nomada imbricata*, que también fueron encontradas en esta área. Asimismo, se colectaron otras especies de abejas no polinizadoras, *Hylaeus affinis* y *Hylaeus* sp.

En esta área se plantan los pastos festuca (*Festuca* sp.) y bahía (*Paspalum notatum*), que se podan regularmente para mantenerlos con un estilo de césped, a una altura de cinco centímetros. El área es relativamente pequeña y tiene un bebedero, lo que genera una mayor presencia humana.

En el área PL (derecho de vía de tubería de gas con vegetación secundaria) se capturaron 319 abejas pertenecientes a 50 especies, 21 géneros y cinco familias (Cuadro 1). El programa estimó una riqueza de 50 especies (I.C= 40.1-59.9; 95%), pero el estimador Chao2 proyecta una posible riqueza máxima de 94.63 especies (I.C= 68.29-158.88). La forma de la curva dista mucho de una forma asintótica lo que indica que es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo (un mayor número de trampas y un periodo de tiempo más largo) para tener una adecuada representación de la riqueza de especies de esta área. Las especies con mayor recurrencia en la muestra fueron *Augochlorella aurata*, *Panurginus polytrichus* y *Ptilothrix bombiformis*. Además se capturaron diez especímenes de abejas parásitas y no polinizadoras como *Hylaeus affinis*, *Sphecodes* sp., y *Coelioxys porterae* que fue exclusiva del área y se capturó sólo un espécimen (Cuadro 1).

Esta área fracciona a la unidad Cochran Shoals, ya que la intercepta de la entrada norte a la entrada sur. La vegetación se poda dos veces al año y no hay aplicación de herbicidas para el control de arvenses. Este hábitat es crítico para especies polinizadoras, y es un área menos estética para los visitantes (Allyson Read, CRNRA *com.per.*, 2012).

En WS (área de humedal con arbustos emergentes) se capturaron 211 abejas que pertenecen a 50 especies, 20 géneros y cinco familias (Cuadro 1). El programa estimó una riqueza de 50 especies (I.C= 40.95 - 59.05; 95%), y el estimador Chao2 proyectó una riqueza máxima de 83 especies (I.C= 63.49-130.74; 95%). Las especies de mayor recurrencia de captura fueron *Calliopsis andreniformis* y *Ceratina dupla*. Asimismo, se capturaron las especies parásitas y no polinizadoras *Nomada denticulata*, *Nomada imbricata* y *Nomada oblitterata.*, y las especies no polinizadoras *Hylaeus affinis* y *Hylaeus modestus* (Cuadro 1). La especie *Holcopasites calliopsidis* se capturó únicamente en este hábitat y es la especie cleptoparásita de *Calliopsis andreniformis*.

Debido a que WS se encuentra inundada la mayor parte del año, se tuvieron algunas dificultades para realizar la colecta. Es así, que en orden para realizar la colecta y evitar la inundación de las trampas, se colocó un círculo de trampas al margen del humedal, donde se encuentran la transición al bosque o llanura de inundación. En WS no se permite el tránsito de visitantes, pero ocasionalmente algunas personas interesadas en la observación de aves traspasan el área. Actualmente CRNRA no tiene un sistema de manejo para esta área.

El área FF (bosque inundable estacional de tierras bajas o Llanura de inundación) se encuentra localizada paralela al área PL. En esta área se capturaron 34 abejas pertenecientes a 13 especies, ocho géneros y cinco familias (Cuadro 1); el programa estimó una riqueza de 18.4 especies (I.C= 8.71-17.29; 95%) que podría ser el valor máximo posible ya que el estimador Chao2 proyectó una riqueza de 18.4 especies (I.C= 14.16-38.07; 95%). La riqueza de especies es menor en comparación con las otras áreas, debido a que al cerrar el dosel, este limita el desarrollo de herbáceas que son una fuente importante de pecoreo para las abejas silvestres (Sam Droege, USGS com.pers., 2013). La vegetación dominante del área son especies como: *Acer negundo*, *Acer rubrum* y *Quercus alba* (Cuadro 2). Actualmente el plan de manejo para este hábitat considera dejar que el bosque crezca naturalmente; no obstante cerca del área de colecta se realizó un control químico de aligustre chino (*Ligustrum sinense*) (Allyson Read, CRNRA, com.per., 2012).

Las especies de mayor recurrencia de captura fueron *Lasioglossum oblongum*, *Augochlorella aurata* y *Lasioglossum mitchelli*. Asimismo, se capturaron tres especímenes de especies de abeja no polinizadora *Hylaeus* sp. (Cuadro 1).

2.4.3 Análisis de conglomerados de la riqueza de especies en las áreas de colecta

El dendograma construido con base con la Distancia Taxonómica Promedio (DTP), agrupa a los sitios con mayor similitud en su composición de especies, lo que significa que a mayor distancia de las agrupaciones de las áreas, aumenta las diferencias en la composición. En este sentido las áreas PL e IG se agrupan a una distancia de 60.26,

que es la de menor magnitud en el dendograma y comparten 37 especies. Ambas tiene un alto número de especies de la familia Halictidae, la cual incluye las especies más comunes de las zonas templadas del mundo (Michener, 2009). Estas dos áreas se caracterizan por la predominancia de gramíneas y herbáceas, y por ser áreas con dosel abierto. En los dos casos el control de plantas se realiza de forma mecánica.

El área WS se agrupa con PL e IG con una distancia de 62.99 ya que comparte sólo 13 especies con estas áreas. Con el área IG tiene una comparte un número similar de especies de la familia Megachilidae, cuyas especies presentan, si se les compara con el resto de las familias de abejas, una gran variedad de estilos de anidación (Cane *et al.*, 2007). Este sitio presenta además de una carpeta de herbáceas bien desarrollada, una mayor cantidad de arbustos y árboles, lo que genera un dosel medianamente cerrado.

Finalmente, el área FF se agrupa con el resto de las áreas con una distancia de 71.18, ya que solamente comparte ocho especies con el resto de las áreas. Por la presencia de árboles y nulo manejo de la vegetación, se tiene un dosel cerrado y un menor desarrollo de herbáceas.

El análisis de conglomerados de la composición florística (Cuadro 2), muestra que las áreas con la mayor apertura de dosel (PL, IG y WS) se agrupan en virtud de que comparten especies de gramíneas y otras herbáceas. Con el mismo esfuerzo de muestreo se colectaron más especies de abejas en estas áreas que en FF, en la que hay un predominio de árboles. Cabe señalar que a diferencia del dendograma anterior la mayor similitud se encuentra entre las áreas IG y WS, debido a que en PL hay un

manejo más intenso debido a que la línea de tuberías debe permanecer libre de plantas con tallos y raíces gruesas. Si se comparan los dos dendogramas es posible establecer que las diferencias en la riqueza de especies de abejas silvestres, obedece más a los cambios en la estructura de la vegetación que al tipo de manejo para el control de invasoras. Además, es importante resaltar que el sistema de manejo de las áreas IG y PL no influye negativamente la riqueza de especies.

2.4.4 Nuevos registros de abejas para el estado de Georgia

Se capturaron ocho especies de abejas que no habían sido registradas para el estado de Georgia; cuatro especies pertenecientes a la Familia Megachilidae: *Osmia collinsiae*, *Osmia subfasciata*, *Coelioxys porterae* y *Megachile rotundata*. De la familia Apidae se capturaron dos especies *Holcopasites calliopsidis* y *Nomada oblitterata*. De la familia Halictidae se capturaron *Lasioglossum cephalotes* y *Lasioglossum oblongum*.

La familia Megachilidae que es la segunda familia de abejas y contiene más de 4000 especies registradas (Michener, 2007, Ascher & Pickering, 2011). En la familia Apidae se encuentran las abejas sociales mejor conocidas (*Apis*, *Bombus*, *Melipona* & *Trigona*). La familia Halictidae incluye algunas de las abejas más comunes, que se encuentran distribuidas en las zonas templadas del mundo (Michener, 2007). Muchas de las especies contenidas en esta familia son semi-sociales, lo que significa que no forman colonias ni trabajan juntas, pero que anidan en densos grupos en áreas donde el suelo tiene ciertas características físicas, como un suelo arenoso suelto que se encuentre en planicie (Cane, 1992). El área IG tiene características similares y se

obtuvo el mayor número de especímenes pertenecientes a esta familia (162 especímenes).

Osmia collinsiae se distribuye de Minnesota a la región de Maine, y del sur de Illinois hasta Carolina del Norte. La especie *Osmia subfasciata*, se encuentra de Florida hasta Carolina del Norte. *Coelioxys porterae* (una abeja parasita) se distribuye desde Wisconsin hasta Maine, y en el sur de Carolina del Norte. Y *Megachile rotundata*, es una especie introducida de Europa; algunas veces se crían en Canadá y son transportadas como pupas a los EE.UU para la polinización del cultivo de alfalfa (Inouye, 2013), y es probable que ahora se ha establecido en la región y anidan localmente (Sam Droege, USGS, *com.pers.*, 2013).

Holcopasites calliopsidis, es una abeja parasita con una distribución que va desde Minnesota hasta Michigan, y el sur Tennessee. *Nomada obliterated*, tiene una distribución desde Minnesota hasta Nueva York, y se ha registrado en el sur de Carolina del Sur.

Lasioglossum cephalotes, es una abeja parasita que se distribuye desde Minnesota hasta Nueva York y Connecticut, hasta la región sur de Carolina del Norte; *Lasioglossum oblongum*, tiene una distribución que va desde Minnesota hasta Nueva Escocia, y el sur de Louisiana y Georgia. Toda la información sobre la distribución de las especies mencionadas se obtuvo Mitchell (1960 y 1962).

2.5 Discusión

Las evaluaciones realizadas en la unidad Cochran Shoals, indican que este sitio tiene una alta riqueza de abejas silvestres nativas, y de acuerdo con especialistas de USGS puede ser calificado, en una escala de 0 a 10, con un valor entre 7 y 8 (Sam Droege, *com pers.*, 2014). Asimismo, los resultados demuestran que incluso en áreas con fuerte influencia urbanas existe una gran posibilidad de encontrar poblaciones de abejas silvestres. Además, y dado que en la unidad existen diversos hábitats, se encontraron ocho especies que no habían sido registradas para el estado de Georgia y algunas especies que podrían considerarse raras para la zona. Por lo tanto es indispensable que la administración del Área de Recreación establezca programas de manejo que conserven una alta diversidad de plantas y que protejan los sitios de anidación.

La familia Halictidae fue la que presentó el mayor número de especímenes, situación esperada ya esta familia es la que tiene el mayor número de especies conocidas alrededor del mundo (Michener, 2002); la familia Andrenidae se destacó por tener el mayor número de especies colectadas; se caracteriza por que sus especies anidan en el suelo, especialmente en suelos arenosos, cerca o debajo de plantas herbáceas (Mader *et al.*, 2011). Lo anterior coincide con los resultados en el área IG donde se capturaron 162 especímenes pertenecientes a la familia Halictidae, y además se obtuvo el mayor número de abejas del género *Lasioglossum* (133 especímenes) en comparación con las otras áreas, especies de este género anidan en lugares con suelos arenosos sueltos localizados en planicie (Mader *et al.*, 2011).

La mayoría de las abejas capturadas fueron especies solitarias nativas y polinizadoras, aunque es importante destacar que se colectaron 10 especies parásitas no polinizadoras. Lo anterior es importante en virtud de que en los últimos 140 años, la zona noreste de los Estados Unidos, ha presentado una disminución de la riqueza acumulada de abejas nativas del género *Bombus* (Bartomeus *et al.*, 2013), que es uno de los grupos de abejas sociales-polinizadoras más importantes en todo el mundo. En este momento no es posible establecer el grado en que la pérdida de especies ha afectado a los demás grupos de abejas ya que los estudios son escasos y no son continuos. No obstante, la presencia de abejas exóticas como el caso de *Megachile rotundata*, y la aparición de enfermedades infecciosas en especies del género *Bombus*, transmitidas por *A. mellifera* (no nativa de EE.UU), aumentan la preocupación por la llamada crisis de los polinizadores (Fürst *et al.*, 2014).

De acuerdo al análisis de las curvas de acumulación de especies, es probable que la riqueza de abejas sea mayor en el área de estudio; para ampliar los registros se debe realizar un esfuerzo de muestreo mayor, y se debe implementar un programa de seguimiento para monitorear las fluctuaciones en el tamaño de las poblaciones. Además, el tiempo de muestreo para abejas debe empezar en marzo, al inicio de primavera, que es el tiempo en que las abejas emergen y realizan su primer vuelo, este estudio se comenzó a principios de abril. Asimismo, es probable que la técnica de colecta (con “bee bowls” o tazones de abeja), haya influido en la baja captura de especies de los géneros *Apis* y *Bombus*, ya que la abundancia natural de estas grupos en las áreas de colecta, es mucho mayor de lo que el número de captura nos sugiere (Doug Yanega, UCR, *com. pers.*, 2013).

2.5.1 Control de plantas invasoras

De acuerdo con los responsables del Área de recreación, las plantas invasoras que se desplazan a la unidad Cochran Shoals de las zonas residenciales, provoca la pérdida gradual de la vegetación nativa. Esto impacta de manera directa e indirecta a las especies polinizadoras, ya que muchas de ellas han evolucionado conjuntamente con las especies vegetales (Proctor *et al.*, 1997., Shepherd *et al.*, 2003). Además, el manejo de vegetación no-nativa con control químico, también puede destruir vegetación nativa, incluyendo aquella que los polinizadores pecorean (Shepherd *et al.*, 2003).

El aligustre chino (*Ligustrum sinense*) es la especie invasora más problemática en Cochran Shoals; este arbusto impacta negativamente a muchos insectos polinizadores, debido a que su dosel bloquea la entrada de rayos solares, manteniendo temperaturas bajas al nivel del suelo, y desplaza a otras herbáceas (Mckinney & Goodell, 2010). Al estar en floración puede que beneficie a ciertas especies de insectos, pero reduce la diversidad floral de la cual dependen muchos insectos polinizadores (Mckinney & Goodell, 2010).

Estudios de control de malezas consignan que el control mecánico de plantas no-nativas, en especial arbustos invasores, proporciona beneficios inmediatos para los polinizadores nativos (Hanula *et al.*, 2011). Actualmente el uso de un cierto grupo de plaguicidas (insecticidas sistémicos de nombre comercial Imidacloprid y clothianidin) impacta de manera negativa, en el largo plazo, a especies de *Apis* sp y *Bombus* sp (principalmente a colonias domesticadas para la polinización de cultivos) (Hopwood *et*

al., 2012). Sin embargo, no se han realizado estudios del impacto de la aplicación de herbicidas sobre las especies de abejas silvestres (Mader *et al.*, 2011).

Es probable que el control químico de *Ligustrum sinense*, no impacte fuertemente a las especies de abejas silvestres nativas de la unidad, debido a que se realiza en periodos cortos y en intervalos de dos a tres años; además se utilizan herbicidas con bajo nivel de toxicidad (Triclopyr 4E) y aceites vegetales esenciales (albahaca y hiena) y tratamiento foliar (glifosato y surfactante de aceite de semilla metilado). Sin embargo, se sabe que glifosato tiene un impacto negativo sobre los organismos que se encuentran en el suelo, y actualmente no existe información sobre la interacción que este tenga sobre las especies de abejas silvestres que anidan en el suelo.

2.5.2 Influencia de las características estructurales de la vegetación en las áreas de colecta y el grado de perturbación humana

Las áreas IG y PL, en que se colectó el mayor número de especímenes y especies, son las que tiene un mayor impacto humano. El área IG no posee una amplia diversidad de especies de flores, ya que predominan pastos introducidos que se podan regularmente. Los pastos tienen bajos niveles de néctar y polen, y son el clásico ejemplo de polinización eólica (Gemmill & Martins, 2004). Sin embargo, la cobertura del pasto no es uniforme y se presentan sitios de suelo desnudo, donde se observaron agregaciones de abejas silvestres que anidan en el suelo (posiblemente pertenecientes a la familia Andrenidae). Además, se sabe que algunas especies de abejas de las familias Apidae y Halictidae anidan debajo de pastos o de otras herbáceas (Gemmill & Martins, 2004).

El área WS en comparación con IG, presenta una mayor diversidad de plantas con flor como: *Eupatorium purpureum*, *Solanum americanum*, *Liriodendron tulipifera* y *Sambucus canadienses*, que se han documentado como fuentes de néctar y polen para especies de abejas silvestres (Shepherd *et al.*, 2003. Mader *et al.*, 2011). También se encontraron especies como: *Acer negundo* y *Sambucus canadensis*, que algunas especies de abejas utilizan para anidar (Adamson *et al.*, 2012). Es posible que dada la cercanía entre estas dos áreas (ver Figura 5) las especies colectadas en IG procedían de WS.

Evaluaciones realizadas en algunas regiones de Europa señalan que áreas con alto impacto humano, como orillas de carretera, presentan entre 11 y 17 especies de abejas anidando en el suelo, principalmente abejorros; además se registran de 25 a 60 especies de mariposas (Hopwood, 2013). En este sentido la menor riqueza de especies y de especímenes colectados en el área FF, se explica principalmente por lo cerrado del dosel y que no existe manejo de recursos llevando a un muy bajo impacto humano. Además este tipo de hábitats se consideran áreas no naturales para el pecoreo de especies de abejas silvestres.

Se presume que en la Unidad no existe un efecto negativo evidente de la intervención humana y el control químico de invasoras sobre las poblaciones de abejas silvestres, y de acuerdo con los resultados se conservan una cantidad importante de especies nativas. Es posible que las áreas donde existe mayor intervención humana sean áreas de alta diversidad biológica (Vandermeer *et al.*, 2007). Es así que, contrario a la idea del impacto negativo de la intervención humana sobre los ecosistemas, es posible que estas actividades beneficien a la riqueza de especies de abejas si se siguen ciertos

lineamientos de protección y conservación. Además de que muchas especies tanto vegetales como animales, se han adaptado a sus nuevos entornos y se reproducen exitosamente en ellos.

Las áreas donde se pueden implementar estrategias de conservación para abejas silvestres son: PL, IG y WS. Sin embargo, en PL deben concretarse acuerdos con la empresa que poda el sitio y ajustarse a los lineamientos para el manejo y conservación de derechos de vía como (IRVM, por su nombre en inglés), que son una serie de estrategias integrales que consideran: quema controlada, poda regulada, control mecánico de invasoras y uso reducido de herbicidas, que tienen como objetivo la creación, a largo plazo, de comunidades vegetales bien establecidas con predominio de especies nativas (Brandt *et al.*, 2011).

2.6 Propuesta de estrategias de conservación de especies de abejas silvestres

En áreas naturales protegidas se consideran tres factores en la práctica de manejo de uso de suelo que incrementan la degradación de hábitats para insectos polinizadores: poda de vegetación (pastos y herbáceas), uso de vehículos todo terreno, y el control químico de vegetación no nativa y exótica (Shepherd *et al.*, 2003).

El uso de segadoras y cortadoras en línea puede tener un impacto significativo sobre las poblaciones de insectos polinizadores, ya que reduce la flora y limita las oportunidades de pecoreo en pastizales. Asimismo, el uso de vehículos todo terreno ocasiona la degradación severa de hábitats, especialmente en áreas de duna o arena, donde algunas especies polinizadoras construyen sus nidos. Y el manejo de vegetación

no-nativa con control químico, también puede destruir vegetación nativa, incluyendo aquella que los polinizadores pecorean (Shepherd *et al.*, 2003).

Cuando se usan podadoras o segadoras la técnica, la temporada y la escala son factores decisivos que distinguen un régimen de poda beneficioso y otro perjudicial (Hoffman *et al.*, 2007). Se recomienda colocar una barra de metal (flushing bar), en la segadora o podadora, a una altura mínima de 30 a 40 centímetros arriba del suelo, y reducir la velocidad a menos de 12 km/hr. (Green, 2007).

Para la unidad Cochran Shoals se creó un cuadro con propuestas técnicas para cada área de colecta (Cuadro 3), que promueve la creación de una diversidad de flores para el pecoreo, introduciendo especies nativas; la protección de sitios de nidos de las abejas silvestres en cada área de colecta, y el control mecánico para el manejo de arbustos invasores (ejemplo *Ligustrum sinense*); igualmente se sugiere el uso de cuatro herbicidas alternativos de baja toxicidad para insectos polinizadores (ver Capítulo 1, sección 1.4.3). Además, en cuanto a la creación de áreas para el pecoreo, se sugiere un esquema de siembra de flores nativas para todas las áreas, para cada estación del año (Cuadro 4).

En los hábitats PL y IG se debe evitar cortar la vegetación en temporada de floración (primavera y verano) (Cuadro 3). Para el hábitat PL, se recomienda planificar la temporada de poda, de acuerdo con las normas de la empresa (Colonial Pipeline) y hablar de la posibilidad de cortar la vegetación en otoño o invierno, cuando las flores han muerto o se encuentran en estado latente (Munguria & Thomas, 1992).

Otra alternativa de manejo para PL, es dividirla en un cierto número de parcelas y podar, durante la temporada de floración, el césped de cada parcela por separado. De esta manera se conservaría varias especies de plantas en floración ya que no se eliminan todas al mismo tiempo. Si se tiene éxito en la aplicación de las técnicas de conservación propuestas, estas impactarán de manera positiva a otras especies polinizadoras que no fueron identificadas con este proyecto.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La riqueza de especies en los distintos hábitats de CRNRA está relacionada directamente con la estructura de la vegetación y se incrementa al disminuir la cobertura del dosel. Adicionalmente el sitio con mayor grado de intervención humana no presentan la menor riqueza de especies, debido a que el control de especies vegetales se realiza mediante procesos mecánicos.

En términos de la investigación la riqueza de especies en cada una de las áreas podría ser mayor a la estimada con el esfuerzo de muestreo realizado; sin embargo, se recomienda dar seguimiento a este proyecto a través de un esfuerzo de muestreo mayor y a largo plazo, aumentando el número de trampas e iniciar colectas en otras Unidades de CRNRA. Cabe resaltar que de acuerdo a los resultados de la colecta, donde las especies del género *Bombus* sp, estuvieron poco representadas, se recomienda sumar a los tazones de abeja otras técnicas de colecta como red entomológica y/o el uso de trampa malaise.

El inventario de abejas silvestres obtenido servirá de base para identificar patrones de cambio en las poblaciones de abejas. Además los nuevos registros para el estado de

Georgia, sugieren la necesidad de aumentar los esfuerzos de colecta y con ello identificar los cambios en los patrones de distribución de las especies de abejas.

Las estrategias de conservación propuestas operarán de forma adecuada en la medida que se promueva educación ambiental, en relación con la importancia de proteger a las distintas especies de polinizadores, en particular las abejas, con los miembros de la División de Manejo de Recursos Naturales y la División de Mantenimiento de CRNRA, y con los visitantes.

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1.-Especies de abejas silvestres colectadas en la Unidad Cochran Shoals - CRNRA. Atlanta, Georgia, 2011.

Familia	Especies	Areas de Colecta				Total
		PL	FF	IG	WS	
Andrenidae	<i>Andrena banksi</i> (Malloch)				1	1
	<i>Andrena barbara</i> (Bouseman & LaBerge)				1	1
	<i>Andrena cressonii</i> (Robertson)				1	1
	<i>Andrena nasonii</i> (Robertson)	19		20	9	48
	<i>Andrena nigrae</i> (Robertson)			6		6
	<i>Andrena perplexa</i> (Smith)	2				2
	<i>Andrena personata</i> (Robertson)	3		9	4	16
	<i>Andrena violae</i> (Robertson)	25	2	6	7	40
	<i>Calliopsis andreniformis</i> (Smith)	11		50	25	86
	<i>Panurginus polytrichus</i> (Cockerell)	32		3	2	37
	<i>Panurginus potentillae</i> (Crawford)			1	2	3
Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus)	2		6	1	9
	<i>Bombus bimaculatus</i> (Cresson)				1	1
	<i>Bombus citrinus</i> (Smith)	1				1
	<i>Bombus fervidus</i> (Fabricius)	2				2
	<i>Bombus griseocollis</i> (DeGeer)	5		2		7
	<i>Bombus impatiens</i> (Cresson)	4	2	15	3	24
	<i>Bombus pensylvanicus</i> (DeGeer)	1		1		2
	<i>Ceratina calcarata</i> (Robertson)	9	2	6	5	22
	<i>Ceratina calcarata/dupla</i>	1				1
	<i>Ceratina cockerelli</i> (Cockerell)	1			1	2
	<i>Ceratina dupla</i> (Say)	25	1	12	40	78
	<i>Ceratina strenua</i> (Smith)	12		13	9	34
	<i>Holcopasites calliopsidis</i> * (Linsey)				1	1
	<i>Melissodes tepaneca</i> (Cresson)			6		6
	<i>Melissodes trinodis</i> (Robertson)			1		1
	<i>Melitoma taurea</i> (Say)	8		6	4	18
	<i>Nomada denticulata</i> * (Robertson)	2			1	3
	<i>Nomada imbricata</i> * (Smith)			4	5	9
	<i>Nomada oblitterata</i> * (Cresson)				1	1
	<i>Peponapis pruinosa</i> (Say)			1		1
	<i>Ptilothrix bombiformis</i> (Cresson)	30		10	7	47
	<i>Xylocopa virginica</i> (Linnaeus)	2		2	2	6
Colletidae	<i>Hylaeus affinis</i> ** (Smith)	3		4	1	8
	<i>Hylaeus affinis/modestus</i> **	2	3	3	1	9
	<i>Hylaeus modestus</i> ** (Say)				2	2

Fuente: Lozano, D.M. 2011. Especies de abejas silvestres colectadas en la Unidad Cochran Shoals, CRNRA, Atlanta, Georgia, 2011.

Cuadro 1.- (Continuación) Especies de abejas silvestres colectadas en la Unidad Cochran Shoals -CRNRA. Atlanta, Georgia, 2011.

Halictidae	<i>Agapostemon sericeus</i> (Foster)			2		2
	<i>Agapostemon splendens</i> (Lepelletier)	1		5		6
	<i>Agapostemon texanus</i> (Cresson)	1				1
	<i>Agapostemon virescens</i> (Fabricius)	1	1	10	10	22
	<i>Augochlora pura</i> (Say)	5	2		2	9
	<i>Augochlorella aurata</i> (Smith)	35	6	1	5	47
	<i>Halictus ligatus</i> (Smith)	5		5	1	11
	<i>Halictus parallelus</i> (Say)	1		1	1	3
	<i>Halictus rubicundus</i> (Christ)	1		2	1	4
	<i>Lasioglossum bruneri</i> (Crawford)	10	1	13	9	33
	<i>Lasioglossum callidum</i> (Sandhouse)			7	2	9
	<i>Lasioglossum cephalotes</i> * (Dalla Torre)			1		1
	<i>Lasioglossum cinctipes</i> (Provancher)				2	2
	<i>Lasioglossum coreopsis</i> (Robertson)			36	3	39
	<i>Lasioglossum cressonii</i> (Robertson)				1	1
	<i>Lasioglossum fuscipenne</i> (Smith)	1				1
	<i>Lasioglossum imitatum</i> (Smith)	8		18	3	29
	<i>Lasioglossum mitchelli</i> (Mitchell)		5	17	2	24
	<i>Lasioglossum nr ephialtum</i> (Gibbs)		1	1		2
	<i>Lasioglossum oblongum</i> (Lovell)	1	7			8
	<i>Lasioglossum pilosum</i> (Smith)			1		1
	<i>Lasioglossum puteulanum</i> (Gibbs)			1		1
	<i>Lasioglossum sp.</i>			1	1	2
	<i>Lasioglossum tegulare</i> (Robertson)	2		32	4	38
	<i>Lasioglossum trigeminum</i> (Gibbs)	1		4		5
	<i>Lasioglossum zephyrum</i> (Smith)			1		1
	<i>Sphecodes sp. *</i>	1		3		4
Megachilidae	<i>Coelioxys porterae</i> * (Cockerell)	1				1
	<i>Coelioxys sayi</i> * (Robertson)	3				3
	<i>Hoplitis nemophilae/simplex</i>		1			1
	<i>Hoplitis pilosifrons</i> (Cresson)	1		1	3	5
	<i>Hoplitis producta</i> (Cresson)	8		2	8	18
	<i>Hoplitis truncata</i> (Cresson)				1	1
	<i>Megachile brevis</i> (Say)	2		4		6
	<i>Megachile campanulae</i> (Robertson)	1		2	1	4
	<i>Megachile mendica</i> (Cresson)	1		2	2	5
	<i>Megachile rotundata</i> (Fabricius)			2		2
	<i>Osmia atriventris</i> (Cresson)	7		1	2	10
	<i>Osmia collinsiae</i> (Robertson)	1		1	1	3
	<i>Osmia georgica</i> (Cresson)	6		2	5	13
	<i>Osmia lignaria</i> (Say)	1		3		4
	<i>Osmia pumila</i> (Cresson)	11			4	15
	<i>Osmia subfasciata</i> (Cresson)			4		4
	Grand total	319	34	373	211	937
* Abeja parasita, no polinizadora, ** no polinizador						

Cuadro 2.- Composición de vegetación de las áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2012. HR- herbácea, GR- gramínea, LQ- liquencia, LI-liana, NV-no vascular, AB- arbusto, SA-subarbusto, AR-árbol, DS- desconocida, VI-vid. (1- presente, 0- ausente).

Grupo	Especies	PL	FF	IG	WS
HR	<i>Aster sp.</i>	1	0	0	0
GR	<i>Carex sp.</i>	1	0	0	1
HR	<i>Ranunculus sp.</i>	1	0	1	1
HR, VI	<i>Clitoria mariana</i>	1	0	0	1
HR	<i>Diodia virginiana</i>	1	0	1	1
HR	<i>Solanum carolinense</i>	1	0	0	0
HR	<i>Lespedeza sp.</i>	1	0	1	0
HR	<i>Rudbeckia hirta</i>	1	0	0	0
GR	<i>Paspalum dilatatum</i>	1	0	0	0
HR	<i>Taraxacum officinale</i>	1	0	0	0
GR	<i>Dichanthelium commutatum</i>	1	0	1	0
GR	<i>Juncus dichotomus</i>	1	0	0	1
GR	<i>Carex vulpinoidea</i>	1	0	0	1
HR	<i>Coreopsis major</i>	1	0	0	0
HR	<i>Solidago nemoralis</i>	1	0	0	0
HR	<i>Solanum americanum</i>	1	0	0	1
HR	<i>Conyza canadensis</i>	1	0	0	1
HR	<i>Vermonia gigantea</i>	1	0	0	0
VI	<i>Lonicera japonica</i>	1	1	0	1
GR	<i>Sorghum halepense</i>	1	0	0	0
GR	<i>Juncus sp.</i>	1	0	0	1
HR	<i>Murdannia keisak</i>	1	1	0	1
HR	<i>Pycnanthemum pycnanthemoides</i>	1	0	0	0
HR	<i>Ipomoea purpurea</i>	1	0	0	0
GR	<i>Cyperus sp.</i>	1	0	0	0
SA/HR	<i>Chamaecrista nictitans</i>	1	0	0	0
HR	<i>Stylosanthes biflora</i>	1	0	0	0
GR	<i>Cyperus retrorsus</i>	1	0	0	0
AB/HR/VI	<i>Toxicodendron radicans</i>	1	1	0	1
SA/AR	<i>Ligustrum sinense</i>	1	1	0	1
HR	<i>Daucus carota</i>	1	0	0	0
HR	<i>Rumex acetosella</i>	1	0	0	0
GR	<i>Juncus effusus</i>	1	0	0	1
SA	<i>Rubus argutus</i>	1	0	0	1
HR	<i>Polygonum pensylvanicum</i>	1	1	0	1

Fuente: Lozano, D. M., 2012. Composición de vegetación de las áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, Atlanta, Georgia.

Cuadro 2.- (Continuación) Composición de vegetación de las áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2012. HR- herbácea, GR- gramínea, LQ- liquencia, LI-liana, NV-no vascular, AB- arbusto, SA-subarbusto, AR-árbol, DS- desconocida, VI-vid. (1- presente, 0- ausente).

Grupo	Especies	PL	FF	IG	WS
HR	<i>Polygonum sagittatum</i>	1	1	0	0
HR	<i>Cirsium pumilum</i>	1	1	0	0
VI	<i>Campsis radicans</i>	1	1	0	1
HR	<i>Verbena brasiliensis</i>	1	1	0	0
HR	<i>Allium vineale</i>	1	1	0	0
AR	<i>Salix nigra</i>	1	1	0	0
HR	<i>Verbesina alternifolia</i>	1	1	0	0
SA	<i>Rubus flagellaris</i>	0	1	0	0
AR	<i>Acer negundo</i>	0	1	0	1
HR	<i>Asclepias tuberosae</i>	0	1	0	0
AB/VI	<i>Smilax rotundifolia</i>	0	1	0	0
HR	<i>Croton glandulosus</i>	0	1	0	0
AR/SA	<i>Sambucus canadensis</i>	0	1	0	1
HR	<i>Boehmeria cylindrica</i>	0	1	0	1
GR	<i>Glyceria striata</i>	0	1	0	0
VI	<i>Vitis labrusca</i>	0	1	0	1
AR	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	0	1	0	0
AR	<i>Carya sp.</i>	0	1	0	0
HR	<i>Lycopus rubellus</i>	0	1	0	0
HR	<i>Arisaema triphyllum</i>	0	1	0	0
HR	<i>Impatiens capensis</i>	0	1	0	0
HR	<i>Saururus cernus</i>	0	1	0	0
AR	<i>Pinus taeda</i>	0	1	0	0
GR	<i>Eragrostis sp.</i>	0	1	0	0
GR	<i>Piptochaetium avenaceum</i>	0	1	0	0
GR	<i>Microstegium vimineum</i>	0	1	1	0
HR	<i>Woodwardia areolata</i>	0	1	0	0
GR	<i>Cyperus retrorsus</i>	0	1	1	0
HR	<i>Phytolacca americana</i>	0	1	0	0
VI	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>	0	1	0	0
AR	<i>Acer rubrum</i>	0	1	0	1
HR	<i>Onoclea sensibilis</i>	0	1	0	0
AR	<i>Oxydendrum arboreum</i>	0	1	0	0
AR/SA	<i>Cornus foemina</i>	0	1	0	0
AR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	0	1	0	0

Fuente: Lozano, D.M., 2012. Composición de vegetación de las áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, Atlanta, Georgia.

Cuadro 2.- (Continuación) Composición de vegetación de las áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2012. HR- herbácea, GR- gramínea, LQ- liquencia, LI-liana, NV-no vascular, AB- arbusto, SA-subarbusto, AR-árbol, DS- desconocida, VI-vid. (1- presente, 0- ausente).

Grupo	Especies	PL	FF	IG	WS
AR	<i>Platanus occidentalis</i>	0	1	0	0
AR	<i>Liriodendron quinquefolia</i>	0	1	0	0
AR	<i>Quercus alba</i>	0	1	0	1
HR	<i>Fragaria virginiana</i>	0	1	0	0
HR	<i>Galium aparine</i>	0	1	0	0
HR	<i>Richardia scabra</i>	0	0	1	0
GR	<i>Paspalum notatum</i>	0	0	1	0
HR	<i>Trifolium sp.</i>	0	0	1	0
GR	<i>Digitaria sanguinalis</i>	0	0	1	1
HR	<i>Rumex crispus</i>	0	0	1	0
GR	<i>Festuca sp.</i>	0	0	1	1
GR	<i>Lolium perenne</i>	0	0	1	1
HR	<i>Lepidium virginicum</i>	0	0	1	0
HR	<i>Plantago major</i>	0	0	1	0
HR	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0	0	1	1
HR	<i>Trifolium repens</i>	0	0	1	0
HR	<i>Oxalis stricta</i>	0	0	1	0
SA	<i>Rubus sp.</i>	0	0	0	1
AR/SA	<i>Cephalanthus occidentalis</i>	0	0	0	1
VI	<i>Bignonia capreolata</i>	0	0	0	1
VI	<i>Cuscuta sp.</i>	0	0	0	1
HR	<i>Eupatorium capillifolium</i>	0	0	0	1
HR	<i>Asplenium platyneuron</i>	0	0	0	1
GR	<i>Scirpus atrovirens</i>	0	0	0	1
HR	<i>Eupatorium purpureum</i>	0	0	0	1
GR	<i>Poa pratensis</i>	0	0	0	1
GR	<i>Dactylis glomerata</i>	0	0	0	1
AR	<i>Morus rubra</i>	0	0	0	1
VI	<i>Smilax bona-nox</i>	0	0	0	1
AB	<i>Elaeagnus pungens</i>	0	0	0	1
GR	<i>Cladium mariscoides</i>	0	0	0	1
HR	<i>Lycopus virginicus</i>	0	1	0	1
AR	<i>Prunus serotina</i>	0	0	0	1
AR	<i>Liriodendron tulipifera</i>	0	1	0	1
VI	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	0	1	0	1

Fuente: Lozano, D. M., 2012. Composición de vegetación de las áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, Atlanta, Georgia.

Cuadro 3.- Propuesta de estrategias de conservación y protección para abejas silvestres, propuestas para cada área de colecta de la Unidad Cochran Shoals.

Área		Estrategia	Características
PL	Derecho de vía de tubería de gas con vegetación secundaria	✓ Poda	✓ Una vez al año, evitando hacerlo en época de floración y por la noche cuando las abejas no están pecoreando.
		✓ Introducción de flores nativas	✓ Plantar especies de flores en mosaicos de 1.80 m de diámetro en policultivo (ver Cuadro 4).
		✓ Control mecánico de <i>Ligustrum sinense</i> .	✓ Cortar por secciones, evitando la temporada de floración.
		✓ Construcción de nidos artificiales	✓ Ver Capítulo 1.
FF	Bosque inundable estacional de tierras bajas o Llanura de inundación	✓ Creación de sitios para nidos	✓ Dejar troncos muertos de <i>Acer negundo</i> y <i>Sambucus</i> sp.
		✓ Incrementar brotes leñosos.	✓ Cortar las especies mencionadas cada 2 o 3 años.
IG	Área con pastos exóticos-invasores	✓ Dejar áreas de suelo desnudas	✓ Crear montones de tierra a en las orillas del área.
		✓ Introducción de nuevas especies de flores nativas.	✓ Plantar especies de flores en mosaicos de 1.80 m de diámetro en policultivo (ver Cuadro 4).
		✓ Construcción de nidos artificiales.	✓ Ver Capítulo 1
WS	Área de humedal con arbustos emergentes	✓ Creación de sitios para nidos	✓ Dejar troncos muertos de <i>Acer negundo</i> y <i>Sambucus</i> sp.
		✓ Incrementar brotes leñosos.	✓ Cortar las especies mencionadas, cada 2 a 3 años.

Fuente: Lozano, D. M., 2013. Estrategias de conservación y protección para abejas silvestres, propuestas para cada área de colecta de la Unidad Cochran Shoals - CRNRA, Atlanta, Georgia.

Cuadro 4.- Propuesta de esquema de siembra de flores nativas para la creación de áreas para el pecoreo en las áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2013.

Área	Periodo de Floración	Tipo	Especies	Nombre común
PL	Marzo-Abril	arbusto	<i>Leucothoe racemosa</i>	Fetterbush
		flor perenne	<i>Viola walteri</i>	blue violet
			<i>Lamium amplexicaule</i>	henbit
	Abril-Mayo-Junio	flor perenne	<i>Phlox amoena</i>	hairy phlox
		liana	<i>Passiflora incarnata</i>	purple passionflower
		flor perenne	<i>Baptisia alba</i>	white indigo
	Julio-Agosto-Octubre	flor perenne	<i>Eupatorium hyssopifolium</i>	hyssopleaf
		liana	<i>Lonicera sempervirens</i>	trumpet honeysuckle
		flor perenne	<i>Asclepias spp.</i>	milkweed
FF	Marzo-Abril-Mayo	árbol/arbusto	<i>Cercis canadensis</i>	eastern redbud
			<i>Leucothoe racemosa</i>	Fetterbush
			<i>Gelsemium sempervirens</i>	Jessamine
	Marzo-Abril-Junio	árbol/arbusto	<i>Ilex opaca</i>	american holly
			<i>Diospyros virginiana</i>	common persimon
			<i>Vaccinium arboreum</i>	farkleberry
	Junio-Julio	árbol/arbusto	<i>Aralia spinosa</i>	devil's walkingstick
	Mayo-Junio-Octubre	liana	<i>Decumaria barbara</i>	woodvamp
		flor anual	<i>Tithonia rotundifolia</i>	Mexican sunflower
IG	Marzo-Abril-Mayo	flores perennes	<i>Trillium cuneatum</i>	little sweet betsy
			<i>Chrysogonum virginuanum</i>	green and gold
			<i>Lamium amplexicaule</i>	henbit
	Mayo-Junio-Julio	flores perennes	<i>Asclepias tuberosa</i>	butterfly weed
			<i>Coreopsis verticillata</i>	whorled tickseed
			<i>Helianthus spp.</i>	sunflower
	Agosto-Octubre	flor perenne	<i>Eupatorium hyssopifolium</i>	hyssopleaf thoroughworth
	Junio-Septiembre	flor perenne	<i>Ruellia humilis</i>	fringeleaf wild petunia
	Julio-Octubre	flor perenne	<i>Chrysopsis mariana</i>	Maryland golden aster
WS	Marzo-Abril-Mayo	flor perenne	<i>Anemone virginiana</i>	mountain thimble weed
		árbol	<i>Saururus cernuus</i>	lizard's tail
		flor perenne	<i>Amsonia tabernaemontana</i>	bluestar
	Mayo-Junio-Agosto	arbusto	<i>Vaccinium arboreum</i>	farkleberry
		flor perenne	<i>Monarda fistulosa</i>	bee balm
		liana	<i>Monarda didyma</i>	crimson bee balm
	Agosto-Noviembre	flor perenne	<i>Aclepias tuberosa</i>	common milkweed
			<i>Sesbania exaltata</i>	colorado river hemp
		flor perenne	<i>Solidago rugosa</i>	goldenrod

Fuente: Lozano, D. M., 2013. Propuesta de esquema de siembra de flores nativas para la creación de áreas para el pecoreo en las áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA. Atlanta, Georgia.

Figura 1.- Riqueza de especies de abejas silvestres de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2012. La línea roja representa la riqueza de especies estimada, las líneas azul y verde representan el intervalo de confianza del 95%.

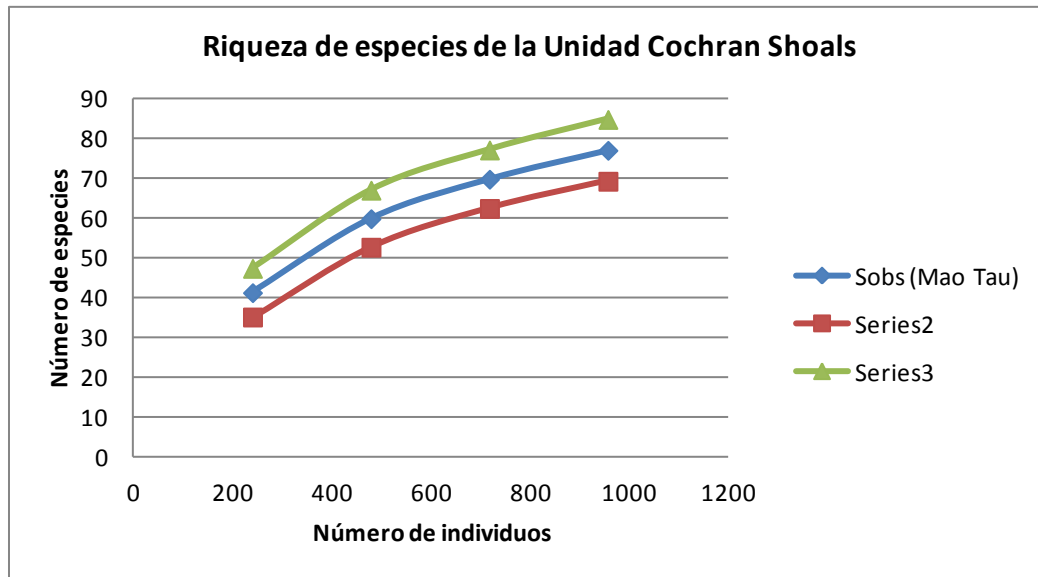


Figura 2.- Riqueza de especies de abejas silvestres en cuatro áreas de estudio en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2012; a) IG., b) PL., c) WS y d) FF. La línea roja representa la riqueza de especies estimada, las líneas azul y verde representan el intervalo de confianza del 95%.

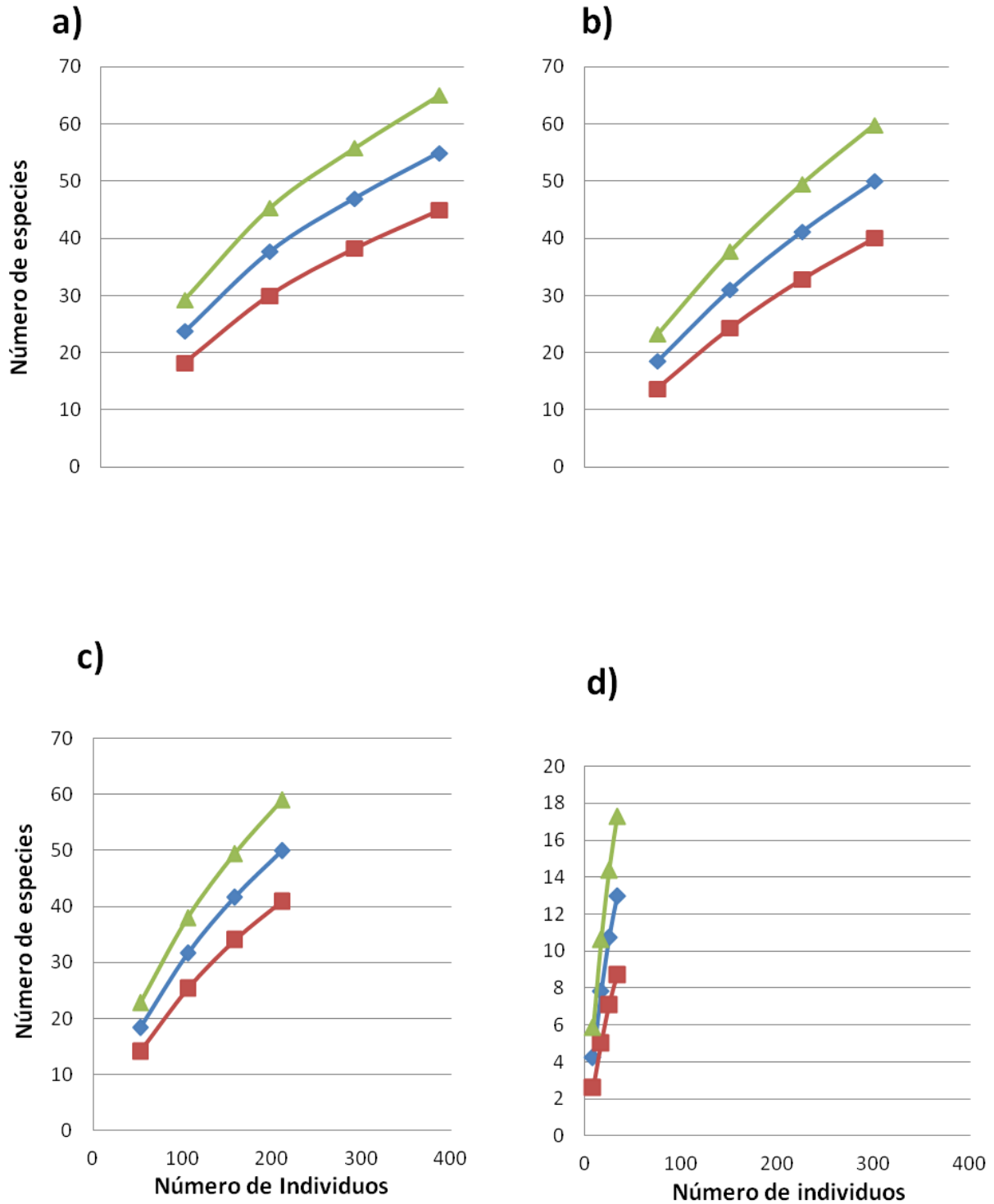


Figura 3.- Gráfica de conglomerados de las especies de abejas silvestres de las cuatro áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2014.

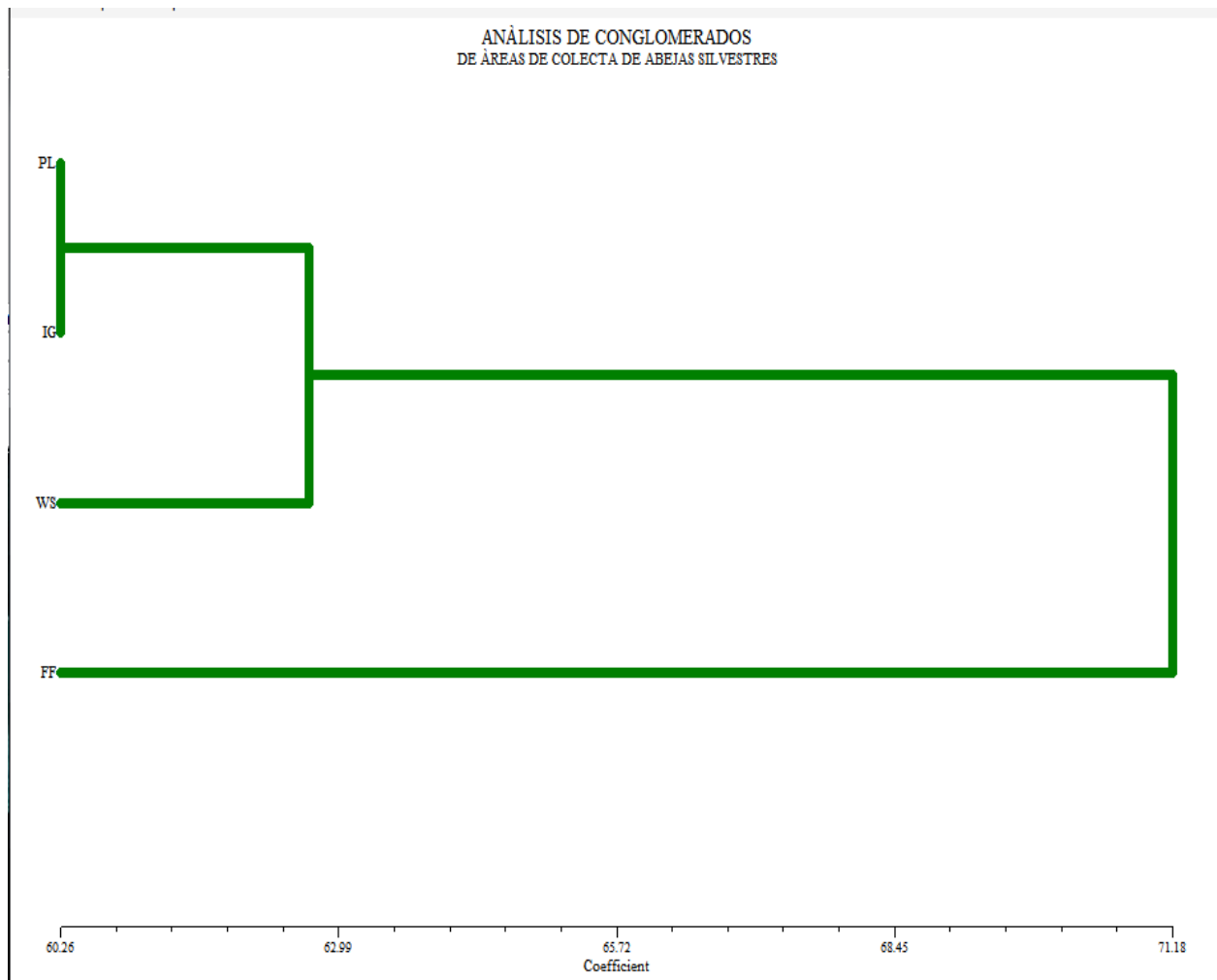


Figura 4.- Gráfica de conglomerados de la vegetación de las cuatro áreas de colecta de la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2014.

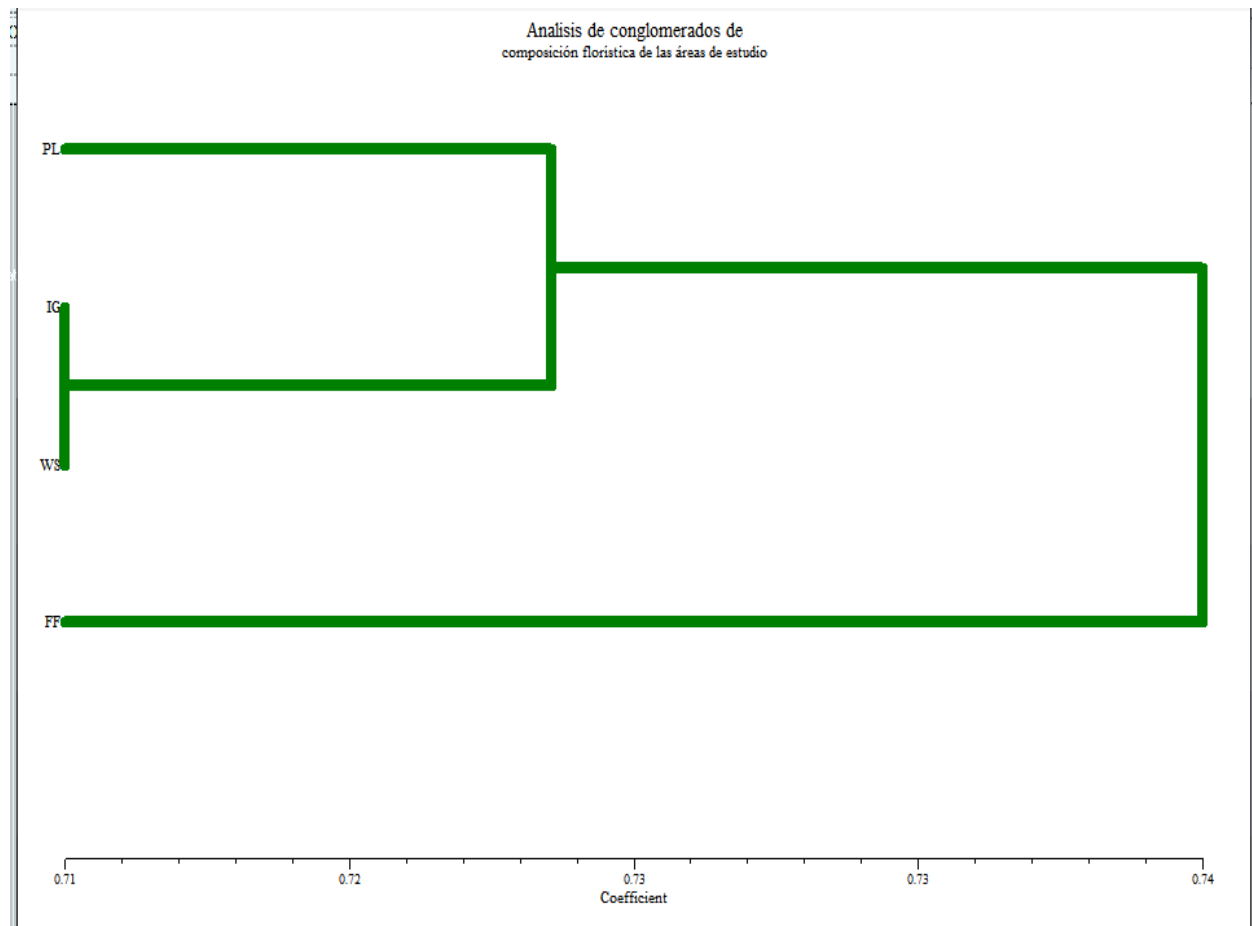
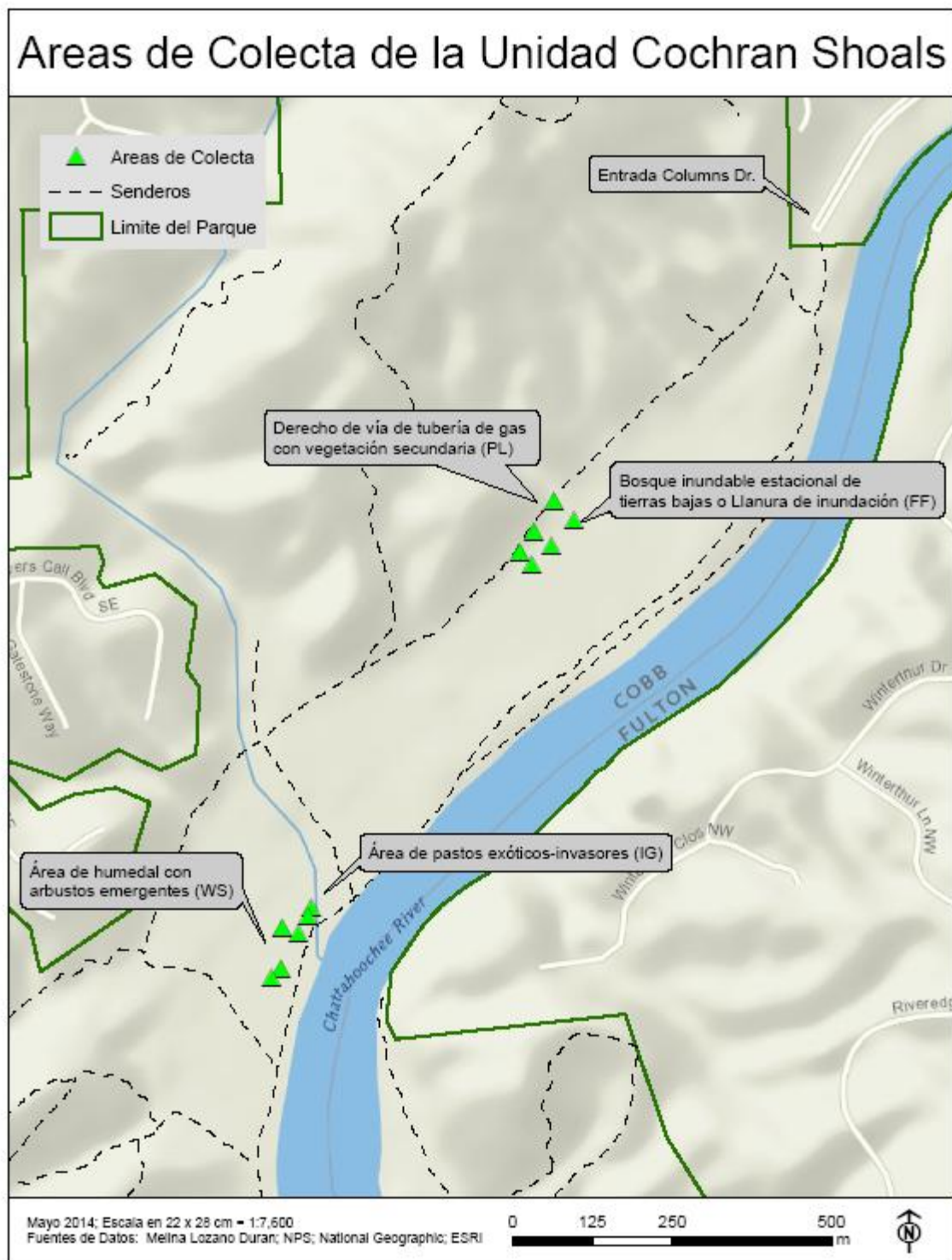


Figura 5.- Mapa de ubicación de las áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2014.



FOTOGRAFÍAS

Serie A. Áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2011., (IG)- Área con pastos exóticos-invasores.



Serie B.- Áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2011., (PL) Derecho de vía de tubería de gas con vegetación secundaria. La primera foto se tomo al inicio de primavera, la segunda a mediados de verano.



Serie C.- Áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2011., (WS)- Área de humedal con arbustos emergentes.



Serie D.- Áreas de colecta en la Unidad Cochran Shoals-CRNRA, 2011., (FF)- Bosque inundable estacional de tierras bajas o Llanura de inundación.

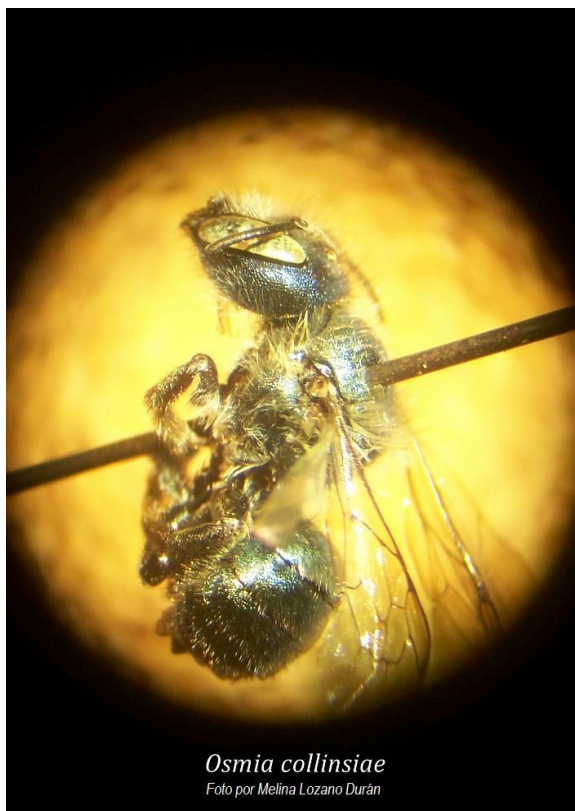


Serie E.- Colecta de especímenes y proceso para la identificación.





Fotografía 1.- Nuevos registros para el Estado de Georgia, familia Megachilidae, *Osmia collinsiae*.



Fotografía 2.- Nuevos registros para el Estado de Georgia, familia Halictidae, *Lasioglossum oblongum*.



Fotografía 3.- Nuevos registros para el Estado de Georgia, familia Apidae, *Holcopasites calliopsidis*, abeja parasítica no polinizadora.



Fotografía 4.- Abejas silvestres nativas sobre estructuras florales. *Bombus impatiens* sobre *Solanum carolinense*.



Fotografía 5.- Abejas silvestres nativas sobre estructuras florales. *Bombus* sp. sobre *Cassia fasciculata*.



Fotografía 6.- Abejas silvestres nativas sobre estructuras florales, *Lasioglossum* sp. sobre *Ranunculus bulbosus*.



Fotografía 7.- Abejas silvestres nativas sobre estructuras florales, *Lasioglossum* sp. sobre *Ranunculus* sp.



Fotografía 8.- Abejas silvestres nativas sobre estructuras florales, *Xylocopa virginica* sobre *Solidago nemoralis*.



LITERATURA CITADA

- Adamson, N. 2014. Pollinator Short Course, Mississippi. The Xerces Society. USA.
Atendido en Abril de 2004. Anexo en URL: <http://www.xerces.org/event/>
- Adamson, N. L., Roulston, T. H., Fell, R. D., Mullins, D. E. 2012. From April to August – Wild bees pollinating crops through the growing season in Virginia, USA. *Environmental Entomology* 41:813-821. USA.
- Ascher, J. S. and Pickering, J. 2011. Discover life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). Consultado durante 2011 y 2012. URL: <http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Apoidea#identification>
- Bartomeus, I., Ascher, S. J., Gibbs, J., Danforth, N. B., Wagner, L. D., Hedtke, M.S., & Winfree, R. 2013. Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *PNAS*, Vol. 110 (12):4656-4660. USA
- Bates, A. J., Sadler, J. P., Fairbrass, J. A., Falk, J. S., Hale, D. J., & Matthews, J. T. 2011. Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. *PLoS ONE* 6(8): 23459. USA
- Black, H. S., Hodges, M., Vaughan, M., & Sheppherd, M. 2007. Pollinators in natural areas, a primer on habitat management. The Xerces Society. Invertebrate Conservation Fact Sheet. Portland, OR. USA. 7pp.
- Bosch, J. & Kemp, W. 2001. How to manage the blue orchard bee, as an orchard pollinator. Sustainable Agriculture Network. Beltsville, MD. USA. 88 pp.
- Bradbear, N. 2004. "Beekeeping and Sustainable Livelihoods". Diversification booklet 1, FAO. 68 pp.
- Brandt, J., Henderson, K., Uthe, J. 2011. Integrated Roadside Vegetation Management, Technical Manual. USDA-NRCS. Iowa's Roadside Resource, 1:81 pp. USA.
- Buchmann, S. L & Nabhan, G. P. 1997. The Forgotten Pollinators. Island Press, Washington D.C, USA.
- Buehler, M. D., Norris, R. D., Stutchbury, J.M.B., & Kopysh, C. N. 2002. Food Supply and parental feeding rates of hooded warblers in forest fragments. *The Wilson Bulletin* 114 (1): 122-127. USA

- Cane, H.J. 1992. Soils of Ground-Nesting bees (Hymenoptera: Apoidea): Texture, Moisture, Cell depth and Climate. Department of Entomology and Alabama Agricultural Research Station, Auburn University, Alabama, USA.
- Cane, H. J., Griswold, T., & Parker, D. F. 2007. Substrates and Materials Used for Nesting by North American Osmia Bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae. Ann. Entomol. Soc. Am. 100 (3): 350-358 pp. Utha, USA.
- Chagnon, M. 2008. Causes and effects of the worldwide decline in pollinators and corrective measures. Canadian Wildlife Federation, Quebec Regional Office. Canada. 70pp.
- Chao, A., Hwang W-H, Chen Y-C, & Kuo C-Y. 2000. Estimating the number of shared species in two communities. National Tsing Hua University and Wild Bird Society of Hsin-Chu. Statistica Sinica. 227-246 pp.
- Chattahoochee River National Recreation Area, 2003. Draft General Management Plan (EIS). US- Department of Interior, National Park Service, USA.
- Chattahoochee River National Recreation Area. 2009. Final General Management Plan/Environmental Impact Statement. US - Department of Interior, National Park Service. 449 pp. USA
- Colwell, R. 2004. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 8.2, User's Guide and application. USA. Anexo en URL: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colwell, R. K. 2009. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. V. 8.1, Copyright 1994-2014. University of Connecticut, USA.
- Committee on the Status of Pollinators in North America, National Research Council, 2007. Status of Pollinators in North America. National Academies Press. Washington D.C: 307 pp.
- Daniels, H. C & Fults, J. 2002. Vinegar / Acetic Acid Recommendations. Oregon Department of Agriculture. Fact sheet PIC-01002. Consultado Mayo de 2014. URL: http://oregonstate.edu/dept/nurseryweeds/weedspeciespage/acetic_acid_factsheet.pdf

- Di Giulio, M., Edwards, J. P., & Meister, F. 2001. Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: The roles of management and landscape structure. *Journal of Apply Ecology* 38: 310-319.
- Droege, S. and Guldin J. 2011. Results of a pilot native bee monitoring survey program, using arrays of colored cup traps filled with propylene glycol. USDA Forest Service/ USGS Project. USA. 86pp.
- Droege, S. & LeBhun, G. 2013. Are Native Bees Really Declining? The theory, the data, the program. The Wyoming Landscape Conservation Initiative. Seminarios de la red. Atendido en 2013. URL: <https://www.wlci.gov/meeting/conservation-science-webinar-series-are-native-bees-really-declining-theory-data-program>
- Droege, S. 2010, "The very handy manual: How to catch and identify bees and manage a collection", National Biological Information Infrastructure. 71 pp. USA.
- Droege, S., Tepedino, J. V., Lebuhn, G., Link, W., Minckley, L. R., Chen, Q., & Conrad, Q. 2010. "Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys". *Insect Conservation and Diversity*. Vol. 3:15-23. USA.
- Eardley, C., Roth, D., Clarke, J., Buchmann, S., & Gemmill, B. 2006, Pollinators and pollination: A resource book for policy and practice, First edition. The African Pollinator Initiative (API). 92pp. USA- South Africa.
- EPA. 1995. Gibberellic Acid. R.E.D. FACTS. United States Environmental Protection Agency- 738-F-96-005. Consultado Mayo 2014. URL: <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/4110fact.pdf>
- Fürst, M. A., McMahon, D. P., Osborn, J. L., Paxton, R. J., & Brown, M. J. F. 2014. Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. *Nature, Research Letter*, Macmillan Publishers, Vol. 506:364-380, USA.
- Garibaldi, A. L., Steffan-Dewenter, I. , Winfree, R., Aizen, M. A. , Bommarco, R. , Cunningham, S. A. , Kremen, C., Carvalheiro, G. L., Harder, D. L., Afik, O., , I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, P. N. , Dudenhöffer, H. J. , Freitas, M. B. , Ghazoul, J. , Greenleaf, S. , Hipólito, J. , Holzschuh, A., Howlett, B., Isaacs, R., Javorek, K. S., Kennedy, M. C., Krewenka, M. K., Krishnan, S., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Motzke, I., Munyuli, T., Nault, A. B., Otieno, M.,

- Petersen, J., Pisanty, G., Potts, G. S., Rader, R., Ricketts, H. T., Rundlöf, K., Seymour, L. C., Schüepp, C., Taki, H., Tscharntke, T., Vergara, H. C., Viana, F. B., Wanger, C. T., Westphal, C., Williams, N., & Williams, N. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, Vol. 339 (6127): 1608-1611 pp, USA.
- Gemmill, B. & Martins, D. 2004. Bees associated with grasses. *Nature East Africa*. 34(2):24-30.Africa.
- Gibbs, J. 2010. Revision of the metallic species of *Lasioglossum* (*Dialictus*) in Canada (Hymenoptera, Halictidae, Halictini). York University, Department of Biology. *Zootaxa* 2591: 1-382. Toronto, ON, Canada.
- Goméz, J. M., Bosch, J., Perfectti, F., Fernandez, J., & Abdelaziz, M. 2007, Pollinator diversity affects plant reproduction and recruitment: the tradeoffs of generalization. *Oecologia*. 153: 597-605. USA.
- Gotelli, N. J. & Colwell, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*. 4: 379-391. Connecticut, USA.
- Green, C. 2007. Reducing mortality of grassland wildlife during haying and wheat-Harvesting Operations. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheet NREM-5006. Stillwater, OK: Oklahoma State University, USA.
- Greenleaf, S. S., Williams M. N., Winfree, R., & Kremen, C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153:589-596. USA.
- Grundel, R., Frohnapple, J. K., Jean, P. R., & Pavlovic, B. N. 2011. Effectiveness of Bowl Trapping and Netting for Inventory of a Bee Community. *Entomological Society of America*. Vol. 4 (2) 374: 380 pp. USA
- Hall, H. G., & Ascher, J. S. 2010. Surveys of bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) in natural areas of Alachua County in North-Central Florida. *Florida Entomologist*. 93:609-629. USA
- Hanula, L. J., & Horn, S. 2011. Removing an invasive shrub (Chinese privet) increases native bee diversity and abundance in riparian forest of the southeastern United States. USDA-Forest Service, Southern Research Station, Athens, GA, USA.

- Hopwood, J., Vaughan, M., Biddinger, D., Mader, D., Black, S. H., & Mazzacano, C. 2012. Are Neonicotinoids Killing Bees? A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees, with recommendations for action. The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Portland, OR.USA. 44p.
- Hopwood, L. J. 2013. Roadsides as habitat for pollinators: Management to support bees and butterflies. Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013). USA. 18pp.
- Hopwood, L. J. 2010. Pollinator and Roadsides, Managing Roadsides for Bees and Butterflies. The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Fact Sheet. USA 7pp.
- Horn, E. M. 2010. A comparison of pollinator biodiversity between green spaces, industrial areas and residential land-use zones in urban, Southern Ontario. Master of Science Thesis. The Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph.
- Inouye, D. W. 2013. Role of Pollinators. In: Levin S.A. (ed.) Encyclopedia of Biodiversity, Second edition. Academy Press.Waltham, MA. Vol. 6:140-146. USA
- Jiménez-Valverde, A & Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología. Boletín. Vol. 8:151-161.España. Consultado Septiembre de 2012. URL: <http://entomologia.rediris.es/sea/publicaciones/ria/index.htm>
- Kearns, C. A., Inouye, W. D., & Waser, N. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 29: 83-12. USA
- LeBuhn, G., Griswold, T., Minckley, R., Droege, S., Roulston, T., Cane, J., Parker, F., Buchmann, S., Tepedino, V., Williams, N., Kremen, C., & Messenger, O. 2003. A standardized method for monitoring bee populations - The Bee Inventory (BI) Plot, Draft. USDA-ARS, USGS. 11pp.
- Letcher, S. G. 2009. EstimateS notes for FESIN. Consultado Mayo, 17 de 2014. URL: http://www.bio.utk.edu/fesin/msa2009/EstimateS_downloads/EstimateS%20Lab%20Notes%20Final.doc.

- Losey, J. & Vaughan, M. 2006. The Economic Value of Ecological Services Provided by insects. *Bioscience* Vol. 56: 4. USA
- MacRae, A. 2011. Adjuvant technology for herbicide applications. University of Florida/ IFAS. Gulf Coast Research and Education center. Consultado 12 de Abril del 2014. URL: <http://conference.ifas.ufl.edu/sehac/Onsite%20pdfs/Tuesday-pdf/pm/Session%20B%20%28Uplands%201%29/0125%20MacRae.pdf>
- Mader, E. 2011. Organic approved pesticides- minimizing risk to pollinators. Invertebrate Conservation Fact Sheet. The Xerces Society, USA. 6pp.
- Mader, E., Shepherd, M., Vaughan, M., & Guisse, J. 2009. Tunnel Nest for Native Bees- Nest Construction and Management. The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Invertebrate Conservation Fact Sheet. Portland OR. USA. 6pp.
- Mader, E., Shepherd, M., Vaughan, M., Black, H. S., & LeBuhn, G. 2011. Attracting Native Pollinators. Protecting North America's Bees and Butterflies. The Xerces Society Guide. Storey Publishing, MA. USA.
- Mckinney, A. M & Goodell, K. 2010. Shading by invasive shrub reduces seed production and pollinator services in native herbs. *Biological Invasions*. 12: 2751-2763. USA
- Medellín, A. R., Melnick, J. D., & Pearl, C. M. 2014. Protect our bats. *The New York Times, The Opinion Pages*. Consultado Mayo de 2014. URL: http://www.nytimes.com/2014/05/12/opinion/protect-our-bats.html?smid=fb-share&smv1&_r=0
- Memorandum of Understanding (MOU). 2006. The Coevolution Institute and the United States Department of Interior - National Park Service. Testimony on Pollinators. USA. 6pp.
- Michener C. D. 2002, 2007. The bees of the world. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Michener, C. D. 1979. Biogeography of the bees. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Volume 66 (3): 277-280. USA.
- Mitchell, T. B. 1960. Bees of the Eastern United States II. Technical Bulletin (North Carolina Agricultural Experiment Station) 152: 1-559. [Megachilidae, Anthophoridae, Apidae s,s]. USA

- Mitchell, T. B. 1962. Bees of the Eastern United States I. Technical Bulletin (North Carolina Agricultural Experiment Station) 141:1-538. [Introduction, Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Mellitidae]. USA
- Munguria, M. L & Thomas, A. J. 1992. Use of road verges by butterfly and burnet populations, and the effect of roads on adult dispersal and mortality. *Journal of Applied Ecology* 29: 316-329. USA.
- NAPPC. 2013. Webinar-Pollinator Partnership, Pollinators 101. Wojcik Victoria, Ph.D Asistido 14 de Marzo de 2013. Anexo en URL: <http://vimeo.com/63260129>
- Park, M. Danforth, B., Losey, J., Biddinger, D., Vaughan, M., Dollar, J., Rajotte, E., & Agrello, A. 2012. Wild pollinators of Eastern apple orchards and how to conserve them. Cornell University, Penn State University and the Xerces Society. Anexo en URL: <http://www.northeastipm.org/park2012>
- Pascarella, J. B. 2006. The Bees of Florida. Department of Biology, Valdosta State University, Vol. 1: 307, Vol. 2: 490. USA. Anexo en URL: <http://teach.valdosta.edu/jbpascscar/floridabees/homihalictus.htm>
- Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. 1996. The natural history of pollination. Timber Press, Portland Oregon. USA.
- Rodman, A., Grundel, R., Rykken, J., & Droege, S. 2010. 2010 NPS Native Bee/Climate Change Study. Sampling Protocol. NPS-USGS Project. USA. 12pp.
- Rohlf, F. J. 2000. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System V. 2.1. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY, USA.
- Schweid, R. 2011. Article "Bee Season". Garden Design. Consultado Septiembre 2012. URL: (<http://www.gardendesign.com/yellow/bee-season>)
- Scott, L. V., Ascher S. J., Griswold, T., & Nufio, R. C. 2011. The Bees of Colorado (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). Natural History Inventory of Colorado, Number 23. University of Colorado Museum of Natural History. Boulder, Colorado, USA.
- Shapiro L., & Droege S., 2008. USFWS Region 5 Refuges Native Bee Study: Final Report. Patuxent Wildlife Research Center, USGS.

- Shepherd, M., Buchmann, L. S. Vaughan, M., & Black, H.S. 2003. "Pollinator Conservation Handbook". The Xerces Society. Portland, Oregon, USA. 145 pp.
- The Xerces Society Article. 2013. Rusty Patched Bumble Bee Threatened with Extinction. Press Released January 31. Consultado Enero de 2013. URL: <http://www.xerces.org/2013/01/29/rusty-patched-threatened/>
- Tommasi, D., Miro, A., Higo, A. H & Winston, L. M. 2004. "Bee diversity and abundance in an urban setting" *Canadian Entomologist* 136: 851-869. Canada.
- NRCS-Natural Resources Conservation Services, USDA. 2014. Soils of the Eastern Unites States. Consultado Mayo, 2014. URL: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/soils/home/>
- Vandermeer, J., Perfecto, I., Philpott, S., & Chappell, M.J. 2007. Reenfocando la conservación en el paisaje: la importancia de la matriz. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Celia A. Harvey y Joel C. Sáenz, Editores. Capítulo 4: 73-93.
- Vaughan, M., Shepherd, M., Kremen, C., & Black, S. H. 2011. Farming for bees, guidelines for providing native bee habitat on farms. The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Portland, OR. Vol. 4(7): 37-39. USA.
- Wojcik, V.A., Frankie, W.G., Thorp, W.R. & Hernandez, L.J. 2008. Seasonality in bees and their floral resource plants at a constructed urban bee habitat in Berkeley, CA. *J. Kans. Ento. Soc.* 81(1):15-28.

