

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
PROGRAMA CENTROAMERICANO DE MAESTRÍA EN ENTOMOLOGÍA

Efecto de las variables climáticas en la fluctuación poblacional y  
diversidad de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) en la Isla Barro Colorado  
en el período de 2009 a 2016, Panamá Oeste, República de Panamá

Candy G. Ramírez Pérez

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2018

57

**Efecto de las variables climáticas en la fluctuación poblacional y  
diversidad de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) en la Isla Barro Colorado  
en el período de 2009 a 2016, Panamá Oeste, República de Panamá**

TESIS

Presentada como uno de los requisitos para optar al Título de Maestro en  
Ciencias con Énfasis en Entomología

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Permiso para su publicación total o parcial debe ser obtenido en la  
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

Aprobado:

Y. Berrut Asesor

Rector E.B Jurado

[Signature] Jurado

24 SEP 2018

Abogado Rector

## DEDICATORIA

*A Dios, mi guía, mi compañía y mi fortaleza, el motivo para tratar de ser mejor cada día*

*A mis padres Mayra Perez e Ignacio Polanco,*

*A mis hermanos Jose Ignacio y Chantal,*

*A mi familia por siempre brindarme el apoyo para que siguiera el camino que elegí seguir y sin los cuales nunca hubiera llegado hasta aquí*

*A mi amigo y compañero Manuel Andrés por enseñarme que todo lo bueno siempre es cuesta arriba y que esperar siempre vale la pena*

*A mi amiga América "Mi Cielita" por apoyarme y animarme siempre que la necesite*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) por todo el apoyo brindado, sin ustedes esto no hubiera sido posible

Al Programa Centroamericano de Maestría en Entomología por brindarme nuevas herramientas para el ejercicio de mi profesión

A mis asesores Dr. Yves Basset y Dr. Héctor Barrios por sus aportes en la elaboración del manuscrito

Al Proyecto Iniciativa de Artrópodos de ForestGEO (Forest Global Earth Observatory) por el suministro de las muestras y al personal que trabaja en este proyecto Filomila Pérez, Ricardo Bobadilla, Yacksecari Lopez y José Alejandro Ramírez por el apoyo brindado

Al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales por el uso de sus instalaciones y a su personal que tan amablemente me ayudó

A Samanta Orellana Arevalo por toda su ayuda con los análisis estadísticos y sus sugerencias

A la señora Holiday Duarte por toda su ayuda y apoyo brindado, en la transición para encontrar alojamiento en Panamá

## ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	3
2	MARCO TEORICO	6
2.1	SUBFAMILIA ARCTIINAE	6
2.1.1	GENERALIDADES DE ARCTIINAE	6
2.1.2	CLASIFICACIÓN DE ARCTIINAE	7
2.1.3	BIOLOGÍA DE ARCTIINAE	8
2.1.4	LA SUBFAMILIA ARCTIINAE EN PANAMÁ	9
2.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS DE ISLA BARRO COLORADO	11
2.3	PROYECTO INICIATIVA DE ARTRÓPODOS DE FORESTGEO	13
3	JUSTIFICACIÓN	15
4	OBJETIVOS	16
4.1	Objetivo general	16
4.2	Objetivos específicos	16
5	MATERIALES Y METODOS	17
5.1	ÁREA DE ESTUDIO	17
5.2	FACTORES CLIMÁTICOS DE ISLA BARRO COLORADO	18
5.3	ARCTIINAE DE ISLA BARRO COLORADO	19
6	RESULTADOS	26
6.1	FACTORES CLIMÁTICOS DE ISLA BARRO COLORADO	26
6.2	ARCTIINAE DE ISLA BARRO COLORADO	27
6.3	DIVERSIDAD DE ARCTIINAE EN BCI	35
6.4	EFFECTO DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN ARCTIINAE DE BCI	35
7	DISCUSION	39
8	CONCLUSIONES	42
9	RECOMENDACIONES	43
10	REFERENCIAS	44
11	ANEXOS	53

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa topográfico de Isla Barro Colorado	17
<b>Figura 2</b> Parcela de 50 ha en BCI	20
<b>Figura 3</b> Trampa de luz negra modelo Kitching	22
<b>Figura 4</b> Curva de acumulación de especie	28
<b>Figura 5</b> Abundancia de Arctiinae (Lepidoptera: Erebiidae)	30
<b>Figura 6</b> Fluctuación poblacional de Arctiinae	32
<b>Figura 7</b> Fluctuación poblacional de las subtribus de Arctiinae	33
<b>Figura 8</b> Abundancia transformada (log) de Arctiinae	34
<b>Figura 9.</b> Análisis de ordenación (NMDS)	36
<b>Figura 10</b> Análisis de ordenación de Correspondencia Canónica (ACC)	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación de la subfamilia Arctinae	8
<b>Tabla 2</b>	Registros de algunos de los eventos del ENOS	12
<b>Tabla 3</b>	Nombres de los diferentes transectos y trampas en BCI	19
<b>Tabla 4</b>	Variables climáticas registradas	26
<b>Tabla 5</b>	Riqueza de Arctinae	28
<b>Tabla 6</b>	Resultados del análisis ANOVA de una vía	29
<b>Tabla 7</b>	Resultados del análisis ANOVA de dos vías	34
<b>Tabla 8</b>	Resultados del análisis de diversidad	35
<b>Tabla 9</b>	Resultados de la prueba de permutación para los ejes canónicos	38
<b>Tabla 10</b>	Valores de las combinaciones lineales de las variables con cada eje canónico	38

## **ABREVIATURAS**

<b>BCI</b>	<b>Isla Barro Colorado</b>
<b>AP</b>	<b>Alcaloide Pirrolizidina</b>
<b>ENOS</b>	<b>El Niño- Oscilación del Sur</b>
<b>ForestGEO</b>	<b>Forest Global Earth Observatory</b>
<b>ADN</b>	<b>Ácido desoxirribonucleico</b>
<b>STRI</b>	<b>Smithsonian Tropical Research Institute</b>
<b>DAP</b>	<b>Diámetro a la altura de pecho</b>
<b>DDVP</b>	<b>Dimethyl dichlorovinyl phosphate, es decir, diclorovinil dimetil fosfato</b>
<b>ACC</b>	<b>Análisis de Correspondencia Canónico</b>
<b>NMDS</b>	<b>Análisis de Ordenamiento No Métrico</b>



## RESUMEN

Se analizó el efecto de las variables climáticas sobre la fluctuación poblacional y la diversidad de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) en la Isla Barro Colorado en el periodo 2009-2016. Los datos de Arctiinae se obtuvieron a partir del monitoreo realizado con la Iniciativa de Artrópodos de ForestGeo, desarrollado por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales desde 2009. Durante los ocho años evaluados, se obtuvo un total de 15,457 individuos de Arctiinae, distribuidos en 89 géneros y 189 especies, de las 265 estimadas para BCI. La tribu mejor representada es Arctiini, con 8,020 individuos de 158 especies. Existe diferencia significativa entre la abundancia de Arctiinae por año, con la mayor abundancia registrada en 2016, y la menor en 2009. Por otro lado, no se presentó diferencia significativa entre la abundancia de Arctiinae en los cuatro meses evaluados (i.e. marzo, mayo, septiembre, noviembre) durante los ocho años. Se evidenció diferencia significativa en la abundancia de Arctiinae por temporada climática (i.e. seca y lluviosa) en los ocho años evaluados, con una interacción entre temporadas y años. Al agrupar los años evaluados por la abundancia de Arctiinae, se observa que los años con fenómenos climáticos ENOS (i.e. El Niño y La Niña) quedaron separados, y los años normales tendieron a agruparse. El análisis de ordenación CCA mostró una relación de las variables climáticas humedad, precipitación, temperatura y velocidad del viento con la composición cuantitativa de Arctiinae siendo estas variables las que mostraron significancia estadística. La fuerte interacción entre los años y las temporadas con respecto de la abundancia de Arctiinae en BCI, son atribuidas a los cambios en los patrones climáticos, debido a la presencia de los fenómenos ENOS.

## ABSTRACT

The effect of climate variables on the population patterns of Arctiinae (Lepidoptera Erebidae) of Barro Colorado Island -BCI, from 2009 to 2016, was evaluated. The data of Arctiinae was provided by the survey conducted by the Smithsonian Tropical Research Institute during the ForestGEO Project in BCI since 2009. A total of 15,457 Arctiinae specimens were obtained, representing 89 genera and 189 species, of the 265 species estimated for BCI. The best represented tribe is Aretini, with 8,020 specimens of 158 species. The abundance of Arctiinae was significantly different among the years evaluated, with the highest abundance registered in 2016, and the lowest in 2009. The abundance of Arctiinae was not significantly different among the four months (i.e. March, May, September, November, evaluated during the eight years). The abundance of Arctiinae was significantly different among the dry and the wet season of the surveyed years, with an interaction between years and seasons. When grouping the years evaluated by the abundance of Arctiinae, it was observed that the years with climatic phenomena ENSO (i.e. El Niño and La Niña) were distinct, and the normal years tended to be more similar. The CCA analysis showed a relationship of the climatic variables humidity, precipitation, temperature and wind speed with the quantitative composition of Arctiinae, these variables being those that showed statistical significance. The strong interaction between years and seasons with respect to the abundance of Arctiinae in BCI, are attributed to changes in weather patterns, due to the presence of ENSO phenomena.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Noctuoidea Latreille, 1809 son una super-familia de Lepidoptera con más de 160,000 especies descritas (Kristensen *et al* , 2007), esta super-familia consta de seis familias, siendo una de ellas la familia Erebidae Leach, 1815 que es una de las más grande en cuanto a número de generos y especies (van Nieukerken *et al* , 2011) y también posee una de las especies de polilla más grande del orden, además muchas de sus especies poseen colores llamativos debido a que presentan una gama diversa de tonalidades, a esta familia de polilla pertenece la subfamilia Arctiinae (Leach, 1815)

La clasificación de "Arctiidae" es muy controversial, debido a que el grupo presenta coloración aposemática y se hace difícil su identificación por medio de caracteres morfológicos tradicionales. Esta familia constaba de cinco subfamilias (Arctiinae, Ctenuchinae, Lithosiinae, Pericopinae y Syntominiinae) (Heppner, 2002), pero la clasificación del grupo continuo cambiando y debido a estudios modernos donde se implementó el uso de marcadores moleculares se le confirió más estabilidad al grupo, esto fue importante debido a que los conocimientos taxonómicos de los grupos son de suma importancia para los estudios de biodiversidad y comprensión de estos.

Las polillas nocturnas de la subfamilia Arctiinae poseen colores muy brillantes, cuerpos robustos cubiertos de setas largas, y algunas presentan alas con aspecto de avispas, debido a que mimetizan este y otros grupos de insectos. Los colores más comunes en estas polillas van desde blanco (hialinos), amarillo y anaranjado hasta negro y oscuros (Hernández-Baz, 2011). Una de las características relevantes de la subfamilia Arctiinae es la presencia de un órgano estridulatorio en el metepisternum que produce señales ultrasónicas para ahuyentar a los depredadores (Biest, 1963). Las larvas de Arctiinae presentan generalmente un cuerpo cubierto densamente de setas brillantes, coloreadas y urticantes, en las pseudo-patas presentan lóbulos carnosos alargados con crochets.

uni-seriales, heteroides, dispuestas en mesoserias, presentan verrugas con numerosas setas en todos los segmentos del cuerpo excepto en la cabeza (Rab-Green *et al* , 2011)

Los eventos que ocurren en la naturaleza tienden a ser temporales, como la floración y la germinación de las plantas o la reproducción y la eclosión de muchos animales, estas variaciones temporales juegan un papel importante en sus ciclos de vida (Martínez, 2004), y las mismas se ven afectadas por los cambios ambientales que suceden en el clima local, es por esta razón que los estudios que relacionen los cambios climáticos y las poblaciones, ayudan a ver como son afectadas, este tipo de estudio relacionados con eventos climáticos que pueden suceder con cierta frecuencia y prolongarse por cierto periodo de tiempo proveen un registro que pueden ser analizados y comparados con datos obtenidos durante otros periodos de tiempo, un ejemplo de esto es el trabajo de Van Bael *et al* (2004) donde se registró un brote severo de lepidópteros que ocurrió después de un evento del ENOS (El Niño- Oscilación del Sur), lo cual se pudo evidenciar porque se tenían registros de las especies arbóreas y sus niveles de herbivoría en años previos al brote, así como los datos de clima del lugar estudiado

Según Scherrer *et al* (2013) algunos estudios han demostrado que, en regiones con un clima estacional, la abundancia y la actividad de los insectos y otros artrópodos están relacionadas con las variables climáticas como la temporada de lluvia y las variaciones de temperatura. Como la abundancia y riqueza pueden variar durante el año es importante realizar estudios que monitoreen las comunidades para ayudarnos a comprender y predecir las posibles respuestas de los organismos a los cambios ambientales que se suceden

Los insectos se consideran buenos modelos para estudios a corto y largo plazo debido a que sus ciclos de vida son cortos y su respuesta es rápida a los cambios ambientales (Scherrer *et al* , 2013) “Los Lepidoptera son uno de los grupos de insectos taxonómicamente mejor conocidos y el tercer orden más numerosos de animales en el ámbito mundial” (Montero, Moreno y Gutiérrez, 2009), además el orden Lepidoptera

esta entre los mejores grupos indicadores para monitoreo ambiental, ya que son fáciles de muestrear y de reconocer en el campo en cualquier época del año (Freitas *et al*, 2003)

Para este estudio se tomaron en cuenta varios factores para elegir a los Arctiinae (1) son fáciles de coleccionar con trampas de luz, por lo que el monitoreo resulta relativamente simple, (2) localmente esta subfamilia posee una gran abundancia y riqueza de especies, lo cual servira para analisis estadísticos sólidos, (3) la colección de referencia de Arctiinae de Isla Barro Colorado-BCI- es una de las mejores para Panama, y (4) al poseer historias de vida variadas, es posible contrastar las diferencias en las repuestas al cambio climático global Ferro y Romanowski (2012) encontraron que los Arctiinae responden a pequeños cambios en el hábitat y esta capacidad de respuesta a la variación a pequeña escala en los parámetros ambientales y geográficos indica su buen potencial como indicadores ambientales, lo que refuerza este grupo de polillas como bioindicadores

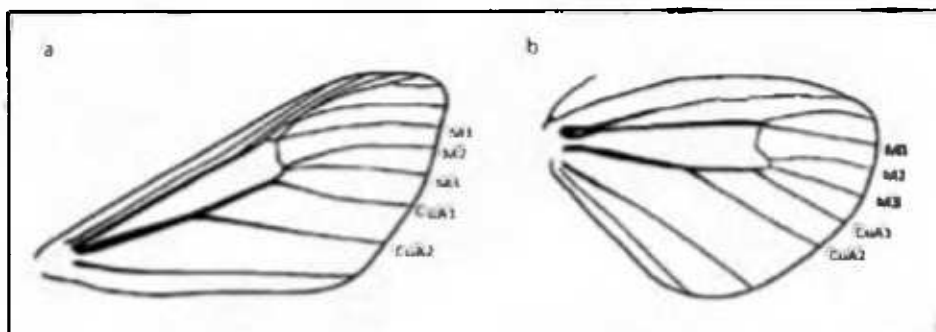
Los estudios que se han realizado en Panama relacionados con los Arctiinae son muy pocos y el mas completo se realizó en BCI hace cerca de casi 100 años, ademas poco se sabe de los patrones de riqueza y abundancia de estas polillas para esta localidad, sin mencionar que no se conocen como influyen algunos de los factores abióticos sobre sus poblaciones, debido a que los Arctiinae son bioindicadores como se menciona anteriormente se propone como grupo focal en esta investigacion para estudiar los efectos de las variables climáticas al identificar tendencias y patrones sobre sus poblaciones dentro de BCI

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 SUBFAMILIA ARCTIINAE

#### 2.1.1 GENERALIDADES DE ARCTIINAE

La subfamilia Arctiinae (Lepidoptera Noctuoidea Erebidae) posee alrededor de 11,000 especies descritas a nivel mundial y de las cuales 6,000 están en el neotropico (Heppner, 2002) Al igual que el resto de Erebidae, y otras familias de Noctuoidea (i.e. Eutelidae, Nolidae, Noctuidae) Arctiinae posee alas anteriores con venación cuadrífida (Figura 1a), es decir, la vena M2 se origina más cerca de la vena M3 que de la vena M1, por lo que la vena cubital aparenta poseer cuatro ramas (Zahiri *et al.*, 2011) Por otro lado, las alas posteriores presentan venación cuadrífida (Figura 1b), es decir, la vena M2 se origina a no más de un tercio del ángulo inferior de la celda discal, y usualmente está adyacente al origen de la vena M3 (Zahiri *et al.*, 2011)



**FIGURA 1** Alas de Arctiinae (Lepidoptera Noctuoidea Erebidae) a) Ala anterior con venación cuadrífida, b) ala posterior con venación cuadrífida (ver texto) imagen modificada de Moraes, 2014

Segun Moraes (2014) la subfamilia Arctiinae es reconocida como un grupo monofilético, sustentado principalmente por caracteres de las larvas, como la presencia de un par de glándulas dorsales productoras de feromonas, asociadas a las papilas anales, diente dorsal de la mandíbula con una muesca, setas D2 y D3 del meso y metatórax fusionadas en una sola papila, segmentos abdominales A3-A6 con dos setas L3, setas meso y metatorácicas en posición sub-ventral y pseudopatas con ganchos heteroideos. Además, los adultos poseen alas con las venas Rs+R1 alargadas en la base, glándula ventral eversible y tímpanos metatorácicos en el catepisterno.

## 2.1.2 CLASIFICACIÓN DE ARCTIINAE

Moraes (2014) expone que la taxonomía histórica de los Arctiinae es bastante confusa, debido a que muchas de sus especies tienen similitudes superficiales y diversos autores creaban o utilizaban grupos artificiales para incluir especies que no se encontraban dentro de los parámetros de agrupamientos preexistentes.

Por otro lado, se han realizado muchos trabajos sobre la filogenia de Arctiinae con especímenes de diferentes partes del mundo (Wink y Von 1997, Jacobson y Weller, 2002, Scott y Branham, 2012, Zaspel *et al*, 2014) para tratar de explicar las relaciones dentro del grupo. Son de especial importancia el trabajo de Zahir *et al* (2011), en el cual se determinó que Erebidae, incluyendo a Arctiinae, es una de las seis familias que comprenden Noctuoidea. Más adelante, el estudio de Zenker *et al* (2016) determinó la relación supra-genérica de las subtribus (Tabla 1) dentro del grupo y le confirió la monofilia a la subfamilia Arctiinae. A pesar de los esfuerzos por clasificar las especies de Arctiinae todavía hay especies que no están asignadas a una subtribu, en este sentido en este estudio se contó con cinco especies que no están asignadas y para agruparlas se colocaron en un grupo denominado *Lithosini incertae sedis* (Anexo A).

**Tabla 1** Clasificación de la subfamilia Arctiinae según Zenker *et al* (2016) para el Neotropico

<b>SUPERFAMILIA</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>SUBFAMILIA</b>	<b>TRIBU</b>	<b>SUBTRIBU</b>
Noctuoidea	Erebidae	Arctiinae	Arctini	Spilosomina Pencopina Phaegopterina Ctenuchina Euchromina
			Lithosini	Cisthenina Lithosina

### 2 1 3 BIOLOGÍA DE ARCTIINAE

Las larvas de Arctiinae son fitofagas, Rab-Green *et al* (2011) en su trabajo reportan 76 familias de plantas sobre las cuales se encontraron larvas de Arctiinae, entre las cuales estaban las Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae y Melastomataceae Moraes (2014) en su trabajo cita además las familias Boraginaceae y Apocynaceae, estas familias de plantas son las más comunes donde se alimentan las larvas de Arctini. Tanto los adultos como las larvas pueden secuestrar alcaloides de sus plantas hospedadoras, estas sustancias pueden convertirse en un importante factor de selección sexual (Moraes, 2014) y pueden ser almacenadas en el corión de los huevos, tegumento de adultos, larvas y pupas, hemolinfa y en las setas de las larvas (Corner & Weller, 2004)



Los miembros de la tribu Lithosini se alimentan de líquenes (Lafontaine, Franclemont & Ferguson, 1982) y se conocen como las “polillas de líquenes”, se ha encontrado que las larvas de algunas especies de esta tribu son capaces de secuestrar polifenoles y los adultos de algunas especies son impalatables para los depredadores vertebrados (Scott *et al*, 2014)

Los adultos de Arctiinae exhiben colores vivos que solo tienen sentido a la luz del día, y muchas de estas polillas están activas durante el día, por lo que las especies que contienen AP (Alcaloide Pirrolizidina) (Zaspel *et al*, 2014) les advierten ópticamente a sus posibles depredadores. Según Hernández-Baz (2009) las hembras pueden empezar a aparearse a las 24 horas después de haber emergido y ovipositan generalmente en el haz de las hojas, cada hembra puede poner entre 100 y 150 huevos en una sola puesta y los huevecillos pueden ser dispuestos en pequeños grupos, en filas, o aislados. En especies criadas en laboratorio después de 12 a 24 horas de emerger ocurría la primera copula la cual duraba entre 5 y 7 horas y solo ocurría una copula por pareja (Diniz Filho *et al*, 2010)

#### 2.1.4 LA SUBFAMILIA ARCTIINAE EN PANAMÁ

Los primeros registros de Arctiinae para Panamá se documentan en la Biología Central Americana (Druce, 1881-1900) como la familia “Arctidae”, e incluyen 85 especies y 47 géneros que se localizaron principalmente en el área de Chiriquí. Este documento, además, incluye algunas de las familias de polillas que hoy en día forman parte de las tribus de Arctiinae (i.e. Lithosidae). Kirby (1892) hace mención de 27 especies de Panamá en el catálogo mundial de “Arctidae”, agrupando las especies en cuatro subfamilias: Arctiinae, Phaegopterinae Kirby 1892, Pericopinae y Spilosomatinae Kirby 1892.

Posteriormente, en un trabajo auspiciado por el Smithsonian, Dyar (1914) registra 111 especies para la familia "Arctidae", en colectas realizadas de 1907 a 1912 dentro y fuera de la Zona de Canal de Panamá. Asimismo, Forbes (1939), registró a los "Arctidae" de BCI, y utilizó caracteres morfológicos de larvas y adultos para clasificarlos y generar claves de identificación para generos y especies de BCI. Forbes incluyó Euechmidae, Pericopidae y Arctidae a nivel de familia, incluyendo a Ctenuchinae, Lithosiinae y Arctiinae como subfamilias de cada una, respectivamente, y registró un total de 96 géneros y 261 especies.

Más recientemente, Aiello *et al* (2004) presentaron un estudio preliminar de las mariposas y polillas de Bahía Honda y la Isla Canales de Tierra, donde registraron cinco especies de Arctidae para la subfamilia Pericopinae, mientras que Moraes (2014) realizó un análisis cladístico de la subtribu Pericopina y una revisión del género *Dysschema* Hubner, 1818, incluyendo material de 15 especies de Panamá. Corro-Chang (2017) registra la actividad diurna y la presencia en zonas costeras de Panamá, de las siguientes especies de Erebidae, Arctiinae: *Horama plumipes*, *Calonotus metallicus*, *Munona iridescens*, *Uranophora leucotelus*, *Spilosoma congrua*. Corro-Chang & Tarakanov (2017) registran las historias de vida de algunas especies de Arctiinae asociadas a zonas agrícolas de Panamá, incluyendo su impacto en la agricultura. Gowing (2017) publicó un libro sobre polillas mostrando su diversidad y la belleza para la región neotropical, incluyendo material de las tierras altas de Panamá.

En la actualidad, BCI continúa siendo uno de los puntos principales en el estudio de los Arctiinae de Panamá, en especial con el desarrollo del proyecto "Iniciativa de Artropodos" de ForestGEO (más detalles de este proyecto en la sección 2.3), el cual incluye el monitoreo, a largo plazo, de Arctiinae y otros grupos de insectos en BCI. Los especímenes utilizados en esta investigación provienen de este monitoreo, por lo que será descrito en detalle en la sección de metodología.

## 2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE ISLA BARRO COLORADO

En Panamá, específicamente en BCI, la estación seca inicia a principios de enero, la temperatura en esta época puede ser de 30-31°C en el día y en las noches de 22-23°C, la estación lluviosa empieza a principios de mayo siendo este mes el más lluvioso, la temperatura desciende ligeramente en esta época (STRI, 2017) Aunque según Windsor (1990) no existe una respuesta simple a cuando inicia o terminan las temporadas climáticas. El clima de BCI en el período de estudio (2009-2016) presentó los meses de marzo con pocas lluvias y temperaturas cálidas y los meses de mayo, septiembre y noviembre que corresponden a la temporada lluviosa presentaron temperaturas un poco más cálidas y humedad relativa más altas que en marzo.

“Uno de los eventos de interacción océano-atmósfera más importantes, que se desarrolla a escala interanual es El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), la cual consiste en una oscilación entre una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña), que se manifiesta principalmente a través de un calentamiento o enfriamiento anormal de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental, estas variaciones traen consigo alteraciones significativas en los patrones climáticos” (Maturana, Bello & Manley, 2004)

El fenómeno ENOS consta de dos fases (1 e positiva, negativa), que giran en torno a la temperatura superficial del agua ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ), incrementos trimestrales de la temperatura por encima de  $0.5^\circ\text{C}$  marcan la presencia del Fenómeno del Niño. Mientras que descensos inferiores a los  $-0.5^\circ\text{C}$  indican la presencia de un Fenómeno de la Niña (INTA, 2018). De una forma más específica, la presencia de El Niño genera variaciones que incluyen reducción en la cantidad de lluvia, cobertura de las nubes, incrementos en la radiación solar y temperatura. Mientras que con el fenómeno de La Niña ocurre lo opuesto (Lagos, 2014). Durante el tiempo de estudio, el evento de El Niño más fuerte se registró de 2015 a 2016, mientras que otro evento moderado se registró anteriormente,

entre 2009 y 2010 (Tabla 2) Además, se registraron varios eventos moderados de La Niña, de 2010 a 2012 (Galván *et al* , 2018)

**Tabla 2** Registros de algunos de los eventos del ENOS según Galvan *et al* (2018), los años señalados con un \* corresponden a los años de nuestro estudio

Años	Evento	Temperatura	Magnitud del evento
1997-1998	Niño	2.3°C	Muy fuerte
1999-2000	Niña	1.6°C	Fuerte
2002-2003	Niño	1.2°C	Moderado
2007-2008	Niña	1.4°C	Moderado
2009-2010*	Niño	1.3°C	Moderado
2010-2011*	Niña	1.5°C	Moderado
2011-2012*	Niña	1.0°C	Moderado
2013-2014*	Normal	---	----
2015-2016*	Niño	2.3°C	Muy fuerte

La fase cálida del ciclo ENOS puede afectar las condiciones meteorológicas en diversas localidades del mundo, produciendo intensas sequías en zonas de intensas precipitaciones y en zonas secas e incluso áridas se ven afectadas por precipitaciones severas, los episodios cálidos y fríos del ciclo ENOS pueden ser muy diferentes el uno del otro, La Niña produce un reforzamiento de los vientos alisios, favoreciendo el ascenso de aguas mucho más profundas y más frías (Maturana, Bello & Manley, 2004)

Según Olmedo (1995) "El fenómeno de EL Niño en Panamá en promedio produce una disminución de las lluvias en la vertiente del Pacífico y un aumento en la vertiente del Caribe, estas variaciones locales (espaciales y temporales) están asociadas a la orografía del lugar y la intensidad del evento, se ha encontrado una fuerte relación entre un evento cálido y un aumento en la temperatura ambiental y una reducción de la precipitación durante estos años" (citado en Olmedo, 2015, p. 3). Van Bael *et al.* (2004) registraron un brote severo de Lepidoptera ocurrido luego de un evento del ENOS en el 1997-1998, durante el cual el clima en el centro de Panamá fue inusualmente seco.

Los cambios producidos en el clima por el fenómeno de El Niño tienen efectos en la naturaleza, economía y actividades productivas de los países como son la pesca, ganadería y agricultura, además de que afecta de forma directa e indirecta en la salud pública, algunos de estos efectos negativos pueden ser lluvias torrenciales, incremento en la descarga de los ríos, inundaciones, sequías, destrucción de hábitats de animales y proliferación de plagas como por ejemplo al crear las condiciones ideales para brotes severos de Malaria (Hijar *et al.*, 2016).

### **2.3. PROYECTO INICIATIVA DE ARTRÓPODOS DE FORESTGEO**

El proyecto ForestGEO (Forest Global Earth Observatory) conocido previamente como Center for Tropical Forest Science (CTFS), el cual según Anderson-Teixera *et al.* (2014) es una red mundial de sitios de investigación forestal que está estratégicamente preparada para monitorear, comprender y predecir las respuestas de los bosques al cambio global, esta asociación internacional incluye 59 sitios de investigación de dinámicas forestales a largo plazo en 24 países, que se han monitoreado continuamente, la red aplica un protocolo de censo de árboles estandarizado único en todos los biomas forestales principales del mundo, permitiendo la comparación entre sitios, proporcionan información adicional sobre plantas, animales y procesos del ecosistema, lo que permite identificar interacciones ecológicas que de otro modo podrían ser pasadas por alto.

En el marco de este proyecto mundial de ForestGEO se encuentra el proyecto Iniciativa de Artrópodos que inició en 2009 con el monitoreo a largo plazo de insectos en BCI, información relevante del proyecto puede ser consultada en la siguiente dirección <https://forestgeo.si.edu/node/145497/> Como se indicó anteriormente los datos para la realización de este estudio de investigación con Arctiinae provienen del proyecto Iniciativa de Artrópodos de ForestGEO obtenidos del monitoreo de la parcela de 50 ha ubicada en BCI, el proyecto ha producido importantes aportes para el conocimiento científico, como los trabajos realizados con la población de Reduviidae en BCI (Lucas, Dimitri & Basset, 2016), las polillas Saturniidae (Basset *et al* , 2017) y las comparaciones de mariposas en varios bosques (Basset *et al* , 2012) Los títulos de trabajos publicados gracias a los datos generados por el proyecto de ForestGEO en otros países pueden ser encontrados en la siguiente dirección <https://forestgeo.si.edu/research-programs/publications>

### 3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocará en estudiar como las variables climáticas afectan a las poblaciones de Arctiinae en BCI, debido a que estas polillas no cuentan con muchos estudios de monitoreo a largo plazo de sus poblaciones para conocer sus interacciones y comportamientos ante un clima cambiante. Por lo cual al disponer de una extensa base de datos se puede estudiar el comportamiento de estos insectos a largo plazo y estudiar si las poblaciones se ven afectadas por las variaciones climáticas imperantes en dicho periodo de tiempo, siendo esto importante para futuras investigaciones de las poblaciones ante el cambio climático global, ya que los cambios en el clima pudieran tener un efecto directo sobre estas poblaciones, afectando su comportamiento y fisiología, o indirectos al afectar sus plantas hospederas en el caso de los insectos herbívoros, como ocurre en este caso. En este sentido se tienen registros que durante eventos especiales de sequía se produjeron explosiones de Lepidoptera aumentando la tasa de defoliación modificándose su comportamiento. Así el presente trabajo permitirá mostrar si en ocho años de muestreo las variaciones climáticas imperantes en dicho periodo de tiempo afectan significativamente las poblaciones de Arctiinae en BCI.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Analizar el efecto de las variables climáticas sobre la fluctuación poblacional y la diversidad de Arctiinae (Erebidae) en la Isla Barro Colorado en el periodo 2009-2016

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la riqueza, abundancia y diversidad de Arctiinae de BCI, de los años 2009 a 2016
- Evaluar el efecto de las variables climáticas (i.e. temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar, presión barométrica y velocidad del viento) en la abundancia de Arctiinae en BCI, de 2009-2016
- Evaluar el efecto de los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña sobre la fluctuación poblacional y composición de Arctiinae en BCI



## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. ÁREA DE ESTUDIO

La Isla de Barro Colorado es una reserva biológica (Fig. 1), que está ubicada en la provincia de Panamá Oeste a 9.15 ° N, 79.85 ° W, a 120-160 m. Esta isla se formó alrededor de 1914, cuando el Río Chagres fue represado y el agua cubrió las tierras bajas que originaron el lago Gatún, mientras que las tierras altas quedaron expuestas formando islas en la sección media del lago (Eisenmann, 1952), el Cerro Barro Colorado, quedó aislado del continente por el agua que crecía, convirtiéndose en una isla de 1,542 ha. La isla está actualmente 100% boscosa, excepto en algunos lugares intervenidos por el hombre para construir áreas de laboratorio, vivienda y en los extremos de la isla donde están presentes algunos faros (STRI, 2018). En el centro de la isla está colocada una parcela permanente de 50 hectáreas ForestGEO (Forest Global Earth Observatory) (Windsor, 1990; Anderson-Teixera *et al.*, 2014).

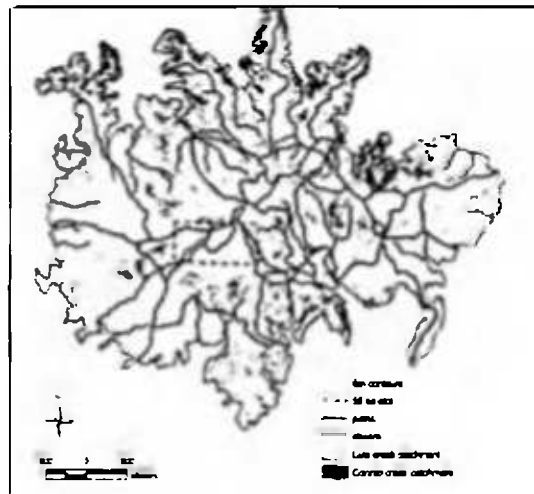


Figura 1. Mapa topográfico de Isla Barro Colorado, la parcela de 50 ha está marcada con líneas intermitentes en el centro, además de los senderos, corrientes y las cuencas de los arroyos. Tomado de [http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/bci\\_soil\\_map/topography.php](http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/bci_soil_map/topography.php)

## 5.2 FACTORES CLIMÁTICOS DE ISLA BARRO COLORADO

### 1.1.1 Obtención de datos climáticos

Los datos climáticos fueron tomados de las estaciones meteorológicas del Instituto de Investigaciones Tropicales Smithsonian que están ubicadas en dos puntos en la Isla Barro Colorado, una fue la estación de Clearing la cual está en funcionamiento desde 1972 y la torre meteorológica Lutz que fue construida en el 1972 con 42 metros de altura y en 2001 se elevó a 48 m debido al aumento en la altura del bosque circundante. Los datos están disponibles en línea en el sitio web ([http://biogeodb.stri.si.edu/physical\\_monitoring/research/barrocolorado](http://biogeodb.stri.si.edu/physical_monitoring/research/barrocolorado)), de este sitio se extrajeron los registros de temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y presión barométrica de ocho años (1999, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016).

### 1.1.2 Análisis de datos climáticos

Los datos climáticos recopilados fueron colocados en una hoja de Excel para generar las diferentes tablas, las variables fueron la temperatura máxima y mínima, precipitación, humedad relativa máxima y mínima, velocidad del viento máxima y mínima, radiación solar máxima y mínima y la presión barométrica.

A todas estas variables (excepto la lluvia que fue una suma de todo el mes y de todo el año) se les sacaron los promedios de cada mes y año en que se realizó el muestreo. Para determinar cuáles años presentaban el fenómeno de El Niño o La Niña se utilizó el sitio web de <http://ggweather.com/enso/oni.htm> donde se registran estos datos desde 1952 hasta el año 2018 y están disponibles para su consulta.

Según Bale *et al.* (2002) las publicaciones de estudios sobre los efectos directos en los cambios en los patrones de precipitación o radiación solar son muy pocos, siendo más

estudiada la temperatura, por tal razón en este estudio se decidió tomar otras cinco variables a parte de la temperatura para ver sus efectos en la población de Arctiinae

### 5.3 ARCTIINAE DE ISLA BARRO COLORADO

#### 1 1 3. Colecta de especímenes

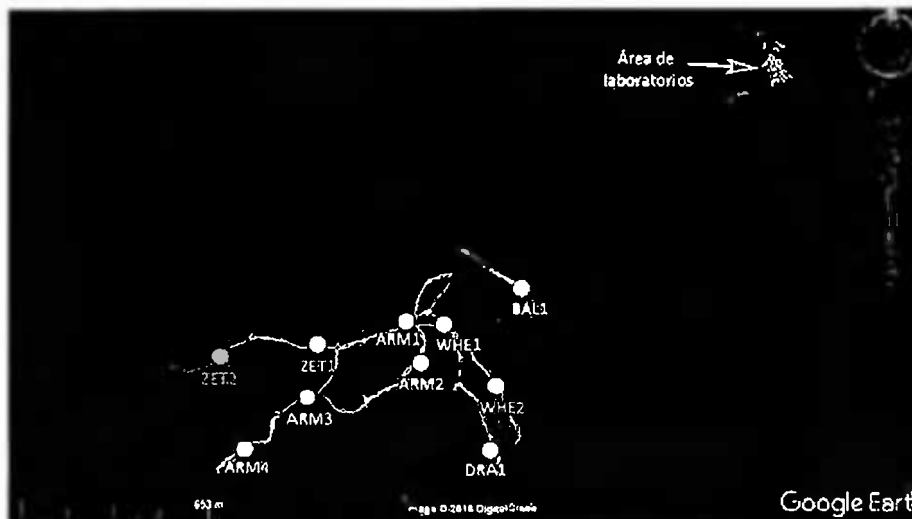
El proyecto Iniciativa de Artrópodos de ForestGEO trabaja con grupos focales y los mismos son procesados en el campo, incluyendo los Lepidoptera (Arctiinae, Geometridae Pyraloidea, Saturniidae y Rhopalocera), Isoptera, Coleoptera (Passalidae, Dynastinae, Platypodinae), Hemiptera (Flatidae, Reduviidae) e Hymenoptera (Formicidae, Euglossini, Halictidae) (protocolo de ForestGEO, Lucas, Forero & Basset, 2016)

Existen muchos transectos o senderos para realizar las diferentes investigaciones que se llevan a cabo en BCI, los de especial interés para esta investigación en particular son los transectos (Fig 2) aquellos que se sitúan dentro y fuera en la parcela de 50 ha. Estos senderos cuentan con 500 metros divididos en segmentos de 100 metros, y en estos senderos es donde se ubican las 10 trampas, entre cada una existen aproximadamente 300 metros de distancia, a cada trampa se le coloca el nombre del transecto donde son ubicadas y el número de este (Tabla 2)

**Tabla 3** Nombres de los diferentes transectos y trampas, con la cantidad de individuos colectados en cada una de las trampas en la parcela de 50 ha en BCI

TRANSECTO	TRAMPA	UBICACION EN LA PARCELA	TOTAL DE ARCTIINAE
Armour 1	ARM1	Parcialmente adentro	1,231
Armour 2	ARM2	Parcialmente adentro	1,352
Armour 3	ARM3	Adentro	1,746
Armour 4	ARM4	Parcialmente adentro	1,955

Balboa 1	BAL1	Afuera	1,884
Drayton 1	DRA1	Parcialmente adentro	1,037
Wheeler 1	WHE1	Parcialmente adentro	1,933
Wheeler 2	WHE2	Parcialmente adentro	1,639
Zetek 1	ZET1	Adentro	1,043
Zetek 2	ZET2	Parcialmente adentro	1,637



**Figura.2** Parcela de 50 ha en BCI, cada punto muestra la ubicación de las trampas en los transectos. Mapa realizado con Google Earth

Las trampas son colocadas en la mitad de una cuerda que es atada entre dos árboles y se aseguran las trampas a esta cuerda con otras cuerdas de tela, que dando a la altura de pecho (DAP) ubicadas en el sotobosque (Fig 3)

Se colocaron trampas de luz negra de 10W (Modelo F10T8BL, 330 mm de longitud, 25,5 mm de diámetro, 0,230 A) del modelo tipo cubo (Fig 3), que funcionan con baterías de 12V DC (batería sellada de 12 A), con paneles de interceptación acrílicos (altura = 42cm,

ancho = 30cm) y un techo de acrílico (diámetro = 50cm) que protege las capturas de la lluvia (Kitching *et al.*, 2001)

Los paneles encajan sobre un embudo metálico de 30 cm de diámetro y 11 cm de profundidad, que se abre sobre un cubo cilíndrico de 21 cm de diámetro y 31 cm de altura. El agujero inferior del embudo tiene 6 cm de diámetro. Las trampas se encienden con un cronómetro a las 6:00pm y funcionaron toda la noche hasta las 6:00am. El cubo fue llenado con papel arrugado para proporcionar una superficie para contener polillas y otros insectos, evitando la pérdida de escamas. Los insectos se recogen en seco y son sacrificados por cinco tiras de insecticida DDVP (Hercon Vaportape II) que se dispersa en el cubo (Lucas, Forero & Basset, 2016). Las trampas son ubicadas todas a una distancia mínima de 300 metros una de la otra.

El muestreo consistió en colocar las trampas en cada uno de los diez puntos durante dos noches no consecutivas, dando 20 muestras nocturnas. Durante un año, se muestrearon cuatro meses, en marzo (estación seca), mayo (estación lluviosa), septiembre y diciembre (ambas estaciones lluviosas), obteniendo un total de 80 muestras nocturnas por año. Los muestreos se realizaron sólo durante la luna nueva.



Figura 3. Trampa de luz negra modelo Kitching tipo cubo con paneles de intersección.

#### 1.1.4. Procesamiento e identificación de muestras

Los técnicos separan el material colectado en campo, aislando los grupos focales, almacenando las muestras de forma adecuada para cada grupo, esto es colocando en sobres a las polillas y mariposas y colocando en un frasco aparte a los escarabajos y abejas, luego son colocados en un congelador.

Los especímenes fueron identificados utilizando las colecciones de referencias locales del STRI y cuando no fue posible, para-taxónomos y especialistas identificaron el material (i.e. Benoit Vincent, Filonila Pérez, José Alejandro Ramirez, Marleny Rivera,

Mayra Rodríguez, Miguel Osorio, Niurka Bonilla, Ricardo Bobadilla, Yacksecari Lopez, Yaritza González e Yves Basset) Para asignar las tribus y subtribus, se siguió el trabajo más reciente de Zenker *et al* , 2016

La información de cada espécimen colectado del proyecto *Iniciativa de Artrópodos en BCI* esta contenida en una base de datos del proyecto. Los datos que correspondían a los especímenes de Arctinae del 2009 a 2016 fueron exportados a una hoja de Excel para crear las diferentes tablas que fueron utilizadas posteriormente para los análisis de datos

### **1.1.5 Análisis de datos**

Todos los análisis fueron ejecutados en el entorno de programación R, versión 3.4.4 (R Core Team, 2018), para lo cual se programó una secuencia de comando (script) organizado por temas, con el que se puedan replicar los resultados obtenidos

#### **1.1.5.1. Abundancia de Arctinae de BCI**

Los datos de abundancia de Arctinae fueron evaluados con la prueba de Shapiro-Wilk para establecer su normalidad, si el valor de  $p$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir que la muestra no proviene de una población normalmente distribuida. En el caso de no cumplirse con los supuestos de normalidad, se procederá a realizar una transformación logarítmica de los datos. Se consideró como una muestra una noche de colecta, es decir que por mes se obtuvieron 20 muestras y 80 muestras por año

Posteriormente, se evaluó la abundancia de Arctinae con respecto a los transectos con un ANOVA de una vía, para probar si la abundancia era significativamente diferente, también se evaluó la abundancia de Arctinae con respecto a los años y las temporadas climáticas con un ANOVA de dos vías, para probar si la abundancia de Arctinae es significativamente diferente, para hacer el análisis de dos vías se tomó un mes de la época seca y un mes de la época lluviosa

Posteriormente, se realizó la corrección de Bonferroni que es una técnica estadística que ajusta el nivel de significancia en relación con el número de pruebas estadísticas realizadas simultáneamente sobre un conjunto de datos, es un ajuste conservador (Martínez-Cambor, 2012)

#### **1.1.5.2. Riqueza de Arctiinae de BCI**

Se elaboraron curvas de acumulación de especies para calcular la riqueza de Arctiinae en BCI. Además, se calculó el estimador de riqueza Chao 1, el cual se basa en la presencia de especies raras comparadas con las especies comunes que pueden estar representadas por numerosos individuos (Moreno, 2001). Estos análisis se realizaron con el paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2018), del programa estadístico R.

#### **1.1.5.3. Diversidad de Arctiinae de BCI**

Para determinar la diversidad de Arctiinae en BCI en el periodo comprendido de 2009 a 2016 se utilizó el Índice de Shannon, este asume que todas las especies están representadas en las muestras, indica qué tan uniformes están representadas las especies (abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas (Moreno, 2001).

Posteriormente, se calculó los números efectivos (medidas de diversidad verdadera), según Jost (2006) este término hace referencia a la diversidad verdadera (true diversity) para referirse de manera particular a medidas que conservan las propiedades intuitivamente esperadas del concepto de diversidad (citado en Moreno *et al.*, 2011), para la interpretación unificada de la diversidad de especies, mediante el uso de números efectivos se utilizó la ecuación 2 de Jost.



$${}^qD = \left( \sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

Ecuacion 2

donde  $p_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$ , es decir, la abundancia de la especie  $i$  dividida entre la suma total de abundancias de las  $S$  especies que integran la comunidad y el exponente  $q$  es el orden de la diversidad y  ${}^qD$  es la diversidad. Para una conversión sencilla del índice de Shannon en números efectivos, se expresa como  ${}^1D = \exp(H')$  (Moreno *et al*, 2011)

#### 1.1.5.4. Efecto de factores climáticos en Arctiinae de BCI

Se realizó un análisis de ordenación (i.e. Análisis Dimensional No Métrico –NMDS-) para evaluar la composición cuantitativa de Arctiinae en los años con los fenómenos climáticos. Se consideraron dos conjuntos de datos para los años, para evaluar si hubo un efecto o no por los fenómenos de El Niño y la Niña, se consideró todas las morfoespecies de Arctiinae ( $n= 15,457$ ) y todos los años ( $n= 8$ ). El análisis fue elaborado con el paquete *vegan* (Oksanen *et al*, 2018) del programa estadístico R.

Adicionalmente, se realizó un análisis de ordenación (i.e. Análisis de Correspondencia Canónica –ACC-) para establecer la relación entre la composición cuantitativa de Arctiinae de BCI, con los factores climáticos. Se consideró una matriz de los años (i.e. 2009-2016) por especies y una matriz de los años por variables climáticas. El análisis fue elaborado con el paquete *anacor* (Maur, 2017) del programa estadístico R.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 FACTORES CLIMÁTICOS DE ISLA BARRO COLORADO

Para el periodo de estudio en BCI con Arctinae se extrajeron los datos de seis variables climáticas para cada mes muestreado (Tabla 4) y se realizó un registro anual para todo el año de esas variables. Durante los ocho años de muestreo se registró un promedio anual alto en la temperatura del aire para el año 2016 y el promedio anual más bajo se registró en el año 2010. La precipitación anual más alta se registró en 2010 y la más baja en 2015. La humedad relativa anual más alta se registró en el año 2011 y la más baja en 2009. La velocidad del viento anual más alta se registró en el año 2014 y la baja en el año 2011. La radiación solar anual más alta se registró en el año 2009 y la más baja en 2010. La presión barométrica anual más alta se registró en 2011 y la más baja en 2014, (Tabla 4).

**Tabla 4** Variables climáticas registradas durante los meses en los años de muestreo en BCI. Temp= temperatura del aire en °C, precip = precipitación en mm, HR= humedad relativa en %, Vel Vie= velocidad del viento en m/s, Rad Sol= radiación solar en W/m<sup>2</sup>, Pb= presión barométrica en milibar, Ds= desviación estándar. El valor indicado con \* no cuenta con registro para ese mes por ajustes en el funcionamiento del equipo.

Año	Mes	Temp	DS	Precip	DS	HR	DS	Vel vie	DS	Rad Sol	DS	Pb	DS
2009	mar	25.9	2.4	32.8	0.3	82.4	10.3	11.4	3.5	248.6	347.7	753	1.1
2009	may	26.6	2.2	130.6	0.9	89	9.3	6	2.9	201.2	286.5	752.2	1.2
2009	sep	26.4	2.2	92.9	1.3	92	8.6	5	2.5	186.4	281.3	752	1.2
2009	nov	25.3	1.6	132.3	1.2	97.2	5.0	5	2.8	128.3	204.3	750.5	1.4
2010	mar	27.3	2.1	62.9	0.8	87.2	9.5	10	4.0	194.5	288.1	752	1.2
2010	may	27.5	2.6	174	1.3	90.7	10.9	6	3.0	201	288.6	752.5	1.3
2010	sep	25.8	2.5	227	1.6	94	8.9	4.4	1.9	179.1	277.0	753	1.4
2010	nov	24.6	1.9	239	0.9	97	6.4	4.5	2.3	146.5	230.6	676.1	2.28
2011	mar	26.5	2.7	40.4	0.5	86.2	11.7	9.1	3.5	230	324.9	754.1	1.4

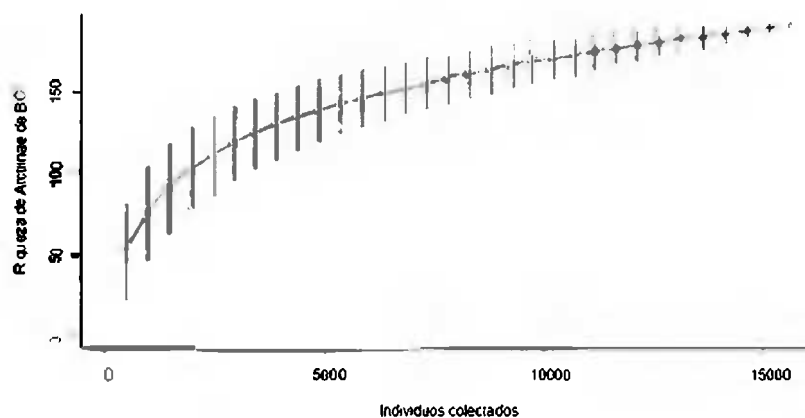
2011	may	26	7	26	228	6	10	91	5	112	5	2	9	196	296	5	753	13				
2011	sep	25	8	23	205	7	14	95	6	79	4	2	0	167	2	266	8	754	10			
2011	nov	24	6	16	155	0	9	97	53	5	2	3	138	73	220	8	754	1	11			
2012	mar	26	4	21	18	5	0	7	83	3	86	12	1	34	217	306	2	752	2	11		
2012	may	26	2	3	253	1	6	93	1	89	4	5	2	2	179	3	269	9	751	5	10	
2012	sep	25	4	2	163	1	5	95	4	71	4	4	2	4	161	3	251	9	752	3	11	
2012	nov	24	9	1	827	0	6	98	4	5	5	3	2	4	126	4	199	4	752	3	10	
2013	mar	26	2	2	50	0	2	87	3	89	1	1	3	8	195	276	8	753	1	3		
2013	may	25	7	2	203	0	7	93	9	6	5	4	3	3	164	1	251	7	754	2	17	
2013	sep	25	3	2	220	1	2	96	7	4	4	2	0	158	244	5	752	4	1	3		
2013	nov	24	8	2	229	0	1	95	3	7	1	4	2	2	3	162	2	243	6	752	2	12
2014	mar	26	6	2	27	0	6	82	3	1	1	6	10	3	8	237	5	332	1	0*	0	0
2014	may	26	5	2	271	1	2	92	3	9	8	5	3	2	8	190	3	276	1	572	2	10
2014	sep	25	6	2	168	1	0	95	8	0	4	2	2	2	172	274	0	752	1	1	12	
2014	nov	25	2	2	358	0	6	96	3	6	3	5	3	0	161	248	1	752	2	1	12	
2015	mar	26	2	2	16	8	1	0	85	3	9	9	1	1	3	34	228	328	0	754	1	17
2015	may	26	6	2	228	6	1	6	93	4	8	1	7	3	4	162	242	0	752	5	1	11
2015	sep	26	1	2	299	1	5	96	6	6	6	4	3	2	2	166	5	260	4	752	1	12
2015	nov	25	5	2	174	3	1	2	96	2	6	4	4	2	8	158	4	254	7	752	1	13
2016	mar	26	6	2	432	0	1	82	10	9	10	3	3	205	305	7	755	2	1	1	11	
2016	may	26	6	2	172	0	9	91	4	10	7	5	2	7	165	5	270	2	754	2	10	
2016	sep	25	3	2	260	4	1	0	96	7	5	4	2	1	171	275	8	755	1	1	11	
2016	nov	24	5	1	228	1	1	98	4	6	4	1	2	4	142	1	237	9	754	1	11	

## 6.2 ARCTIINAE DE ISLA BARRO COLORADO

### *Riqueza de Arctiinae*

Durante los ocho años de muestreo en Isla Barro Colorado –BCI–, se registro un total de 189 especies de Arctiinae, en dos tribus (i.e. Arctiini, Lithosiini), siete subtribus (i.e. Arctiini: Ctenuchina, Euchromiina, Pericopina, Phaegopterina, Spilosomina, Lithosiini: Cisthenina, Lithosiina) y 89 géneros (Anexo A). La tribu con mayor riqueza en BCI es Arctiini, con 158 especies reportadas, mientras que Lithosiini únicamente conto con 31 especies registradas durante el periodo estudiado.

De acuerdo con Chao 1, se estima un total de hasta 265 especies de Arctinae en BCI, lo cual es respaldado por la curva de acumulación de especies, que aún no llega a la asíntota con el esfuerzo de muestreo realizado (Fig. 4)



**Figura 4** Curva de acumulación de especie, para la riqueza de Arctinae en BCI de 2009-2016. Barras verticales de error estándar

El año con la mayor cantidad de especies de Arctinae registradas es 2016 (121 especies), mientras que los años con menor cantidad de especies son 2013 (88 especies) y 2015 (88 especies, Tabla 5)

**Tabla 5** Riqueza de Arctinae (Lepidoptera: Erebidae) de 2009-a 2016, en Isla Barro Colorado. Especies observadas y estimadas (Chao 1), por año de muestreo

	Riqueza				
	Observada	Estimada	Est. s. e. 95%	inferior 95%	superior 95%
2009	92	145 948	24 897	114 801	219 645
2010	106	126 623	10 187	114 254	157 532
2011	108	117 582	5 574	111 326	135 604
2012	95	135 808	18 497	112 49	190 213
2013	88	125 475	18 487	103 014	181 541
2014	102	147 097	19 654	121 915	204 12
2015	88	119 233	16 878	99 582	172 23
2016	121	161 014	16 985	139 02	209 854

### Abundancia de Arctinae

Se obtuvo un total de 15,457 individuos de Arctinae, durante los 32 meses de colecta (i.e. marzo, mayo, septiembre y noviembre) de 2009 a 2016. Al evaluar la abundancia de Arctinae obtenida en cada transecto muestreado a lo largo del estudio, se encontró diferencia significativa entre los mismos ( $F=5.333$ ,  $g.l.=9$ ,  $p=0.001$ , ANOVA) (Tabla 6). Al realizar la prueba *post hoc* de t test, con corrección de Bonferroni se encontró que el transecto Drayton 1 presenta una abundancia significativamente menor que Armour 3 (0.0013), Armour 4 (0.0016), Balboa 1 ( $7.5e-05$ ), Wheeler 1 (0.0001) y Wheeler 2 (0.0091) (Anexo C).

**Tabla 6** Resultados del análisis ANOVA de una vía aplicado a los transectos muestreados en BCI

ANOVA de una vía					
Origen de Variaciones	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio Cuadrados	F	Prob (> F)
transectos	9	6.3	0.6996	5.333	4.94e-07
Residuales	608	79.75	0.1312		

Por otro lado, se evidenció diferencia significativa en la abundancia de Arctinae por año ( $F=20.46$ ,  $g.l.=7$ ,  $p<0.001$ , ANOVA), con la mayor abundancia registrada en 2016 ( $n=3,235$ ), y la menor en 2009 ( $n=1,048$ ). Por otro lado, no se presentó diferencia significativa entre la abundancia de Arctinae en los cuatro meses evaluados ( $F=2.49$ ,  $g.l.=3$ ,  $p=0.06$ , ANOVA) (Fig 5a).

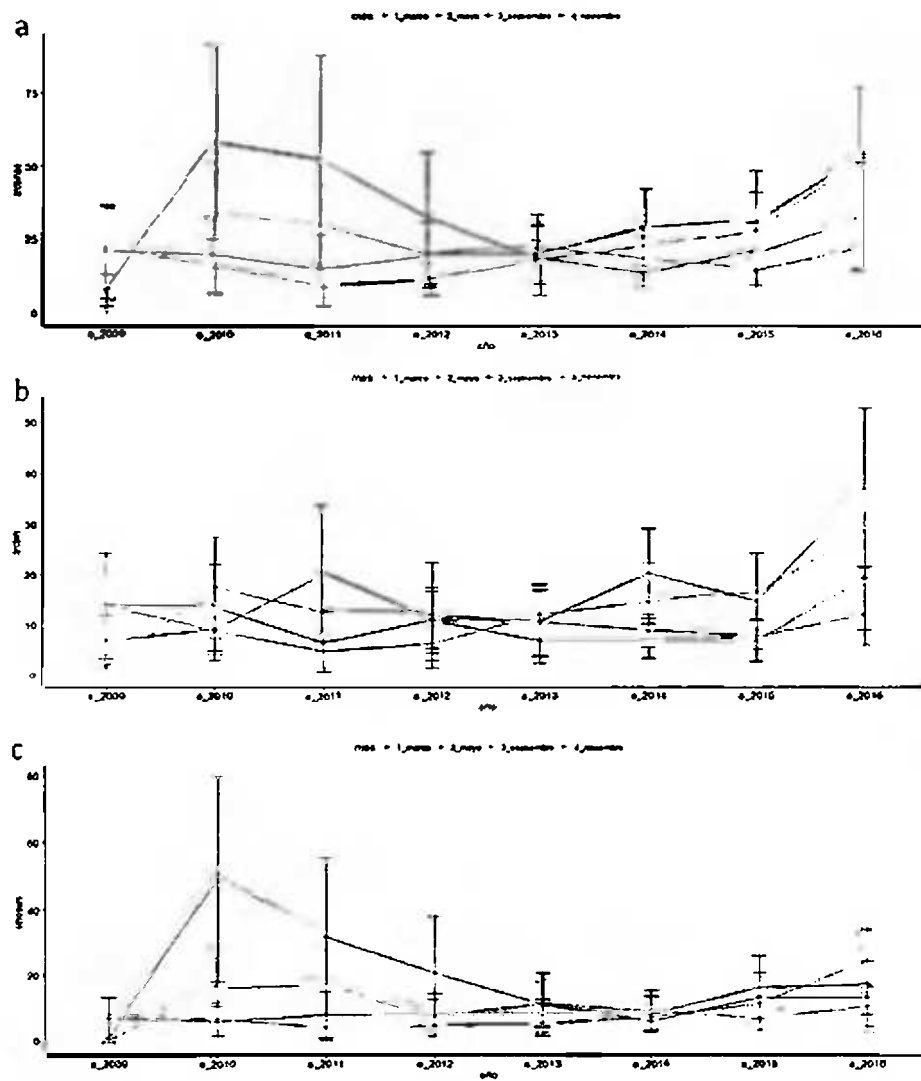
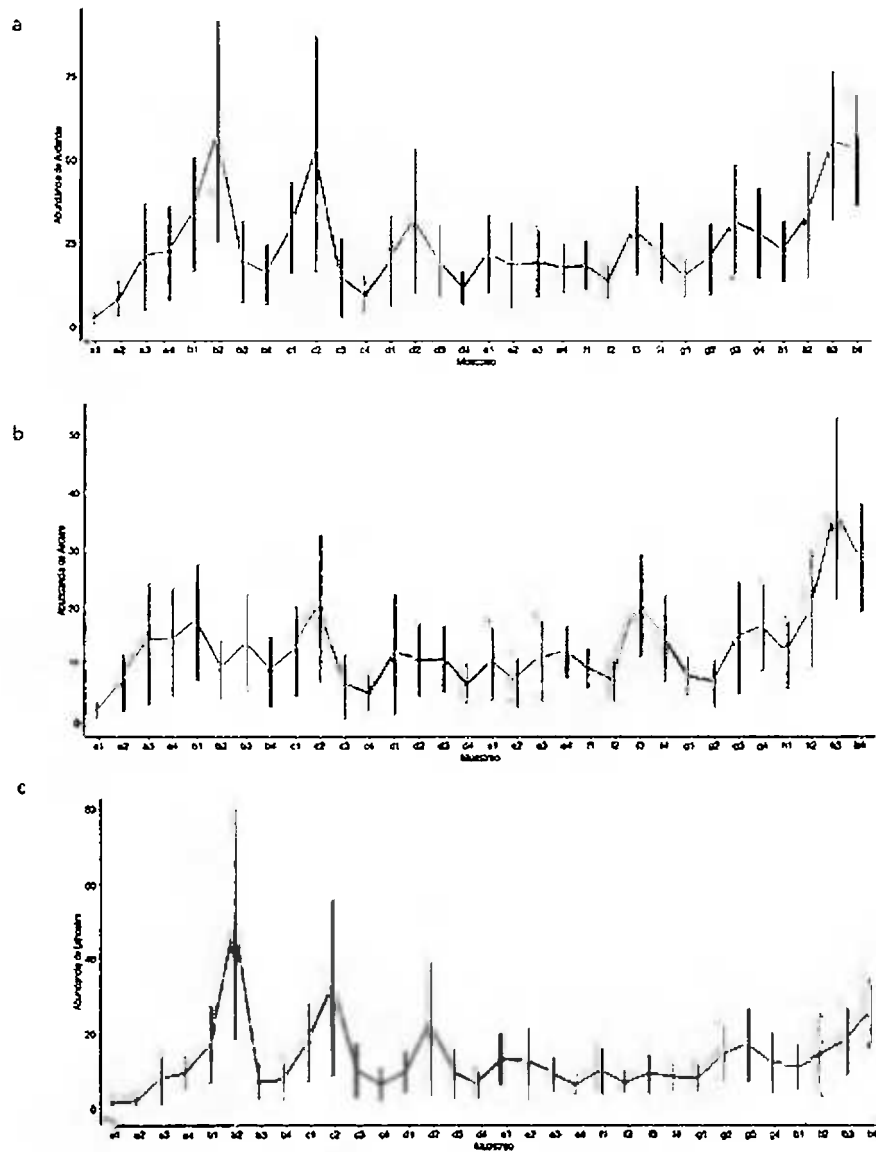


Figura 5. Abundancia de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) colectadas por mes en la Isla Barro Colorado, durante los años 2009 a 2016. (a) Subfamilia Arctiinae total, (b) tribu Arctiini, (c) tribu Lithosiini. En el eje x se enumeran los años de colecta, y la abundancia por mes se representa con: una línea roja (marzo), verde (mayo), celeste (septiembre) y morada (noviembre), incluyendo barras de desviación estándar.

La tribu Arctiini presentó una abundancia total de 8,020 individuos, con diferencia significativa entre los años evaluados ( $F=15.17$ ,  $g.l.=7$ ,  $p<0.001$ , ANOVA), con la mayor

abundancia en 2016 ( $n=1,937$ ). Asimismo, se evidencio diferencia significativa entre la abundancia de *Arctiini* por mes ( $F=8.85$ ,  $g.l.=3$ ,  $p<0.001$ , ANOVA), con la mayoría de los ejemplares colectados en septiembre ( $n=2,546$ ) en los ocho años de colecta (Fig 5b). La tribu *Lithosiini* presento una abundancia total de 7,437 individuos, con diferencia significativa entre los años evaluados ( $F=9.48$ ,  $g.l.=7$ ,  $p<0.001$ , ANOVA), con la mayor abundancia en 2010 ( $n=1,540$ ). Además, se evidencio diferencia significativa entre la abundancia de *Lithosiini* por mes, con la mayoría de los ejemplares capturados durante mayo ( $n=2,890$ ) en los ocho años de colecta (Fig 5c).

Estos picos de abundancia durante el período de muestreo se visualizan claramente en las graficas de fluctuacion poblacional para *Arctiinae* (Fig 6a) la cual presento rasgos particulares apreciándose unos picos de abundancia en los años iniciales (2009-2011) que empezaron a disminuir al final del tercer año y esta disminución se mantuvo con picos poco elevados (2012-2015) aumentando en el último año de muestreo. Al observar las graficas por tribus, *Arctiini* presenta una fluctuación con picos poco elevados hasta el final del último año de muestreo (2016) alcanzando su máximo en septiembre (Fig 6b), la tribu *Lithosiini* presentó un patron contrario ya que mostro picos elevados en los primeros años (2009-2011) seguido de una disminucion (2012-2015) seguida por un leve aumento al final del ultimo año (Fig 6c). Debido a la gran riqueza de especies de *Arctiinae*, se realizaron graficas para ilustrar la fluctuacion poblacional a nivel de las subtribus (Fig 7).



**Figura 6** Fluctuación poblacional de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) de la Isla Barro Colorado, de 2009 a 2016 (a) Arctiinae, (b) Arctiinae Arctiini y (c) Arctiini Lithosini. La abundancia promedio está representada por una línea negra, incluyendo barras de desviación estándar. La letra y el número del eje x corresponden, en orden cronológico, al año y mes (1 = marzo, mayo, septiembre y noviembre) muestreado.



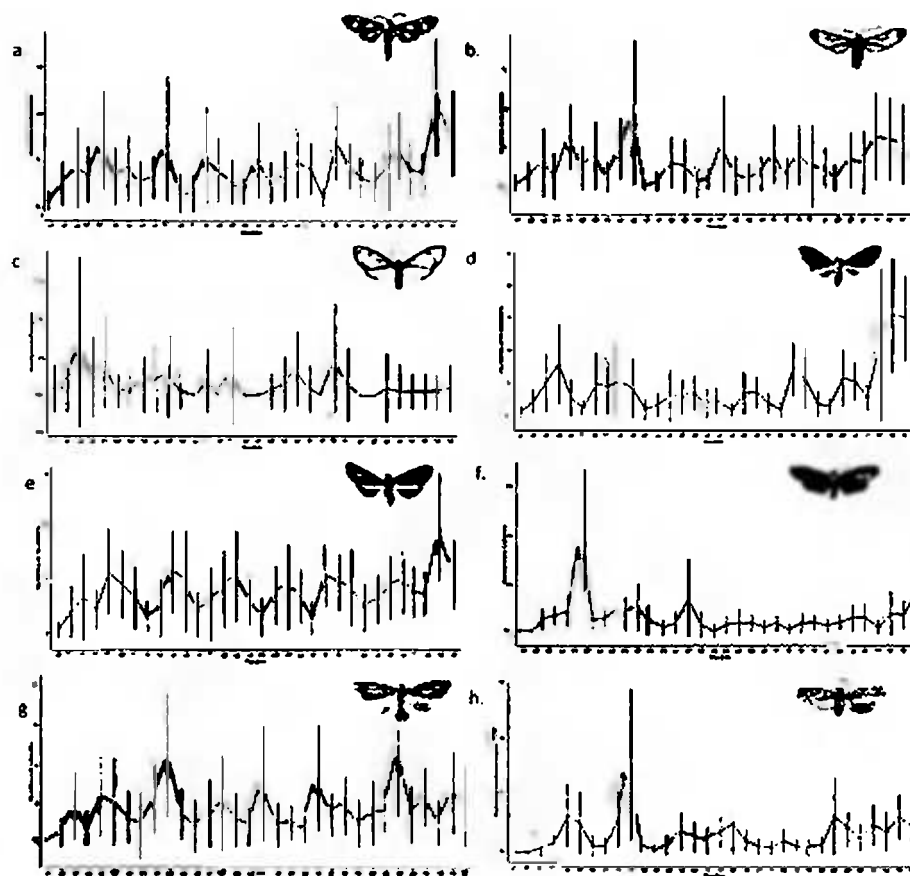
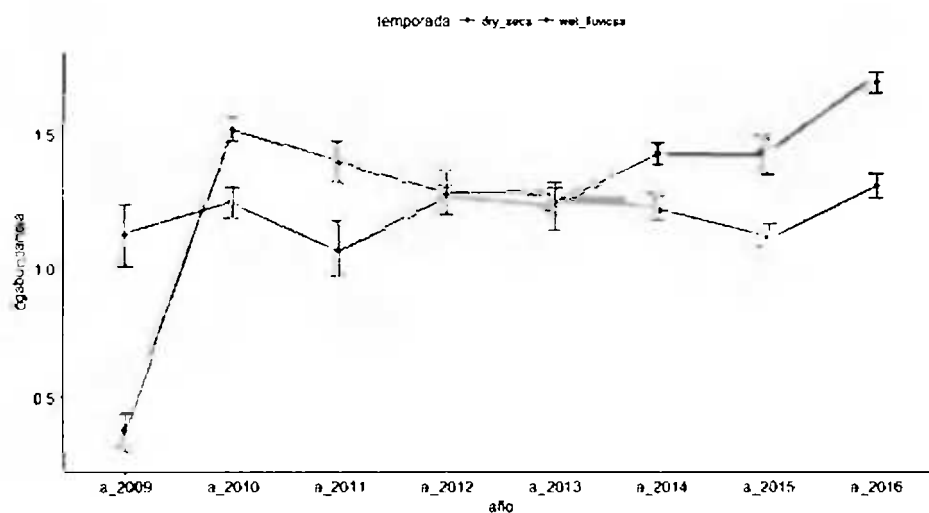


Figura 7. Fluctuación poblacional de las subtribus de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) de la Isla Barro Colorado, por evento de muestreo (i.e. marzo, mayo, septiembre, noviembre) de 2009 a 2016. Tribu Arctiini: (a) Ctenuchina, (b) Euchromina, (c) Pericopina, (d) Phaegopterina, (e) Spilosomina. Tribu Lithosiini: (f) Cisthenina, (g) Lithosiina, (h) Lithosiini incertae sedis. Las líneas representan la abundancia promedio de cada evento de muestreo, con barras de desviación estándar. En el eje x, la letra y el número corresponden, en orden cronológico, al año y mes de muestreo (i.e. a1= marzo 2009, a2= mayo 2009, a3=septiembre 2009, a4=noviembre 2009).

Al evaluar la abundancia de Arctiinae por años y temporadas climáticas (i.e. marzo y septiembre) con un ANOVA de dos vías, se encontró que existe diferencia significativa (ANOVA,  $F=13.44$ ,  $p= 0.001$ ) (Tabla 7), mostrándose una fuerte interacción entre los años y las temporadas. Se muestra una mayor abundancia en la temporada seca en los primeros años de muestreo, mientras que la temporada lluviosa se mantuvo más o menos constante, presentando un incremento en los últimos años de muestreo (Fig. 8).

**Tabla 7.** Resultados del análisis ANOVA de dos vías aplicado a los años y temporadas climáticas muestreados en BCI.

ANOVA de dos vías					
Origen de Variaciones	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio Cuadrados	F	Prob. (>F)
Año	7	10.052	1.436	16.36	2.00e-16
Temporada	1	1.016	1.0158	11.57	0.000763
Año: Temporada	7	8.258	1.1798	13.44	5.01e-15
Residuales	289	25.36	0.0878		



**Figura 8.** Abundancia transformada (log) de Arctiinae de los años y temporadas climáticas muestreados en BCI. Línea roja representa la temporada seca y la línea azul a la temporada lluviosa, barras verticales corresponde a la desviación estándar.

### 6.3 DIVERSIDAD DE ARCTIINAE EN BCI

La diversidad de especies sigue la misma tendencia que mostro el índice de Shannon y la diversidad de los años muestreados comparadas por medio de los perfiles de diversidad se encontro que el año 2009 fue el mas diverso siendo 1.03 veces mas diverso que el año 2016 y tambien fue 1.81 veces mas diverso que el año 2010 (Tabla 8)

**Tabla 8** Resultados del analisis de diversidad de los ocho años de estudio. Diversidad observada  $^0D$  (riqueza de especies),  $^1D$  y  $^2D$  (denotan medidas de diversidad de orden 0, 1 y 2, respectivamente)

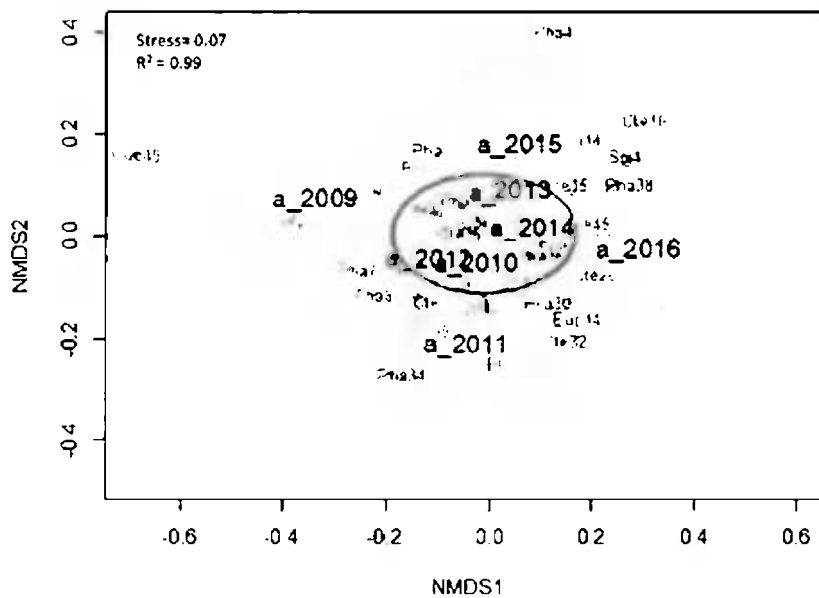
Años	Índice de Shannon	Diversidad observada		
		$^0D$	$^1D$	$^2D$
2009	3.45	92	31.53	20
2010	2.86	106	17.38	6.25
2011	3.30	108	27.08	14.28
2012	2.95	95	19.10	9.09
2013	3.22	88	25.06	16.67
2014	3.38	102	29.25	16.67
2015	3.35	88	28.45	16.67
2016	3.42	121	30.57	20

### 6.4 EFECTO DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN ARCTIINAE DE BCI

#### *Efectos de los factores climaticos en Arctiinae*

El analisis de ordenacion (NMDS) para evaluar como se agrupaban los fenomenos del Niño y La Niña de los ocho años muestreados, en funcion de la composición cuantitativa, mostro en la gráfica (Fig. 9) una separacion de los años que fueron completamente Niño (2015) y el año que fue completamente Niña (2011), tambien se observan que los años

normales y que tuvieron ambos fenómenos climáticos están agrupados en cuatro grupos, siendo los más cercanos los años 2010 y 2012.



**Figura 9.** Análisis de ordenación (NMDS) para observar la agrupación de los fenómenos de El Niño y La Niña de Arctiinae en los ocho años muestreados en BCI.

El análisis de ordenación (ACC) realizado a la composición cuantitativa de Arctiinae en función a las variables climáticas fue significativo (test de permutación para todos los ejes,  $F=6.7147$ ,  $p=0.014$ ). Debido a la gran cantidad de especies en el gráfico solo aparecen puntos (Fig. 10a) y la inercia es solo del 34.4%, al realizar el análisis comprimiendo las especies en las subtribus (Fig. 10b) se tiene una mejor comprensión del gráfico y la inercia aumenta a un 65%. Entre las seis variables climáticas estudiadas cuatro resultaron significativas siendo la humedad relativa la de mayor nivel de significancia ( $p=0.01$ ), la presión barométrica y radiación solar no fueron significativas

(Tabla 9). En las combinaciones lineales se observa que algunos puntos son positivos y otros son negativos (Tabla 10) dando su ubicándolos en el plano.

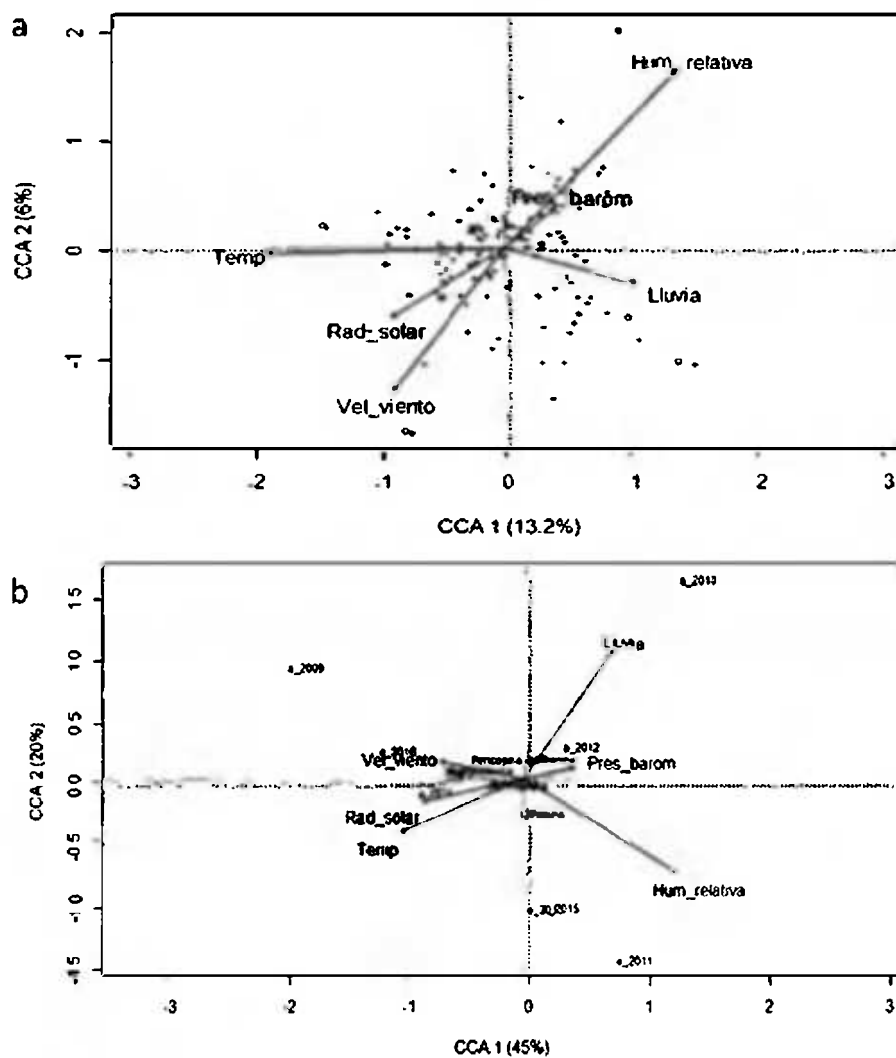


Figura 10. Análisis de ordenación de Correspondencia Canónica (ACC) aplicado a la composición cuantitativa de Arctiinae en función de las variables climáticas de 2009 a 2016. (a) total de especies de Arctiinae, (b) especies agrupadas en subtribus.

**Tabla 9** Resultados de la prueba de permutacion para los ejes canonicos y las variables climaticas. Los signos que acompañan los numeros son codigos de significancia: \*\*\* = 0.01, \*\* = 0.05

		Test de permutacion			
		Df	ChiSquare	F	Pr(>F)
Ejes Canonicos	CCA1	1	0.045457	23.9277	0.018 *
	CCA2	1	0.020217	10.6417	0.054
	CCA3	1	0.007552	3.9750	0.323
	CCA4	1	0.002394	1.2600	0.755
	CCA5	1	0.000837	0.4403	0.827
	CCA6	1	0.000083	0.0437	0.869
	Residual	1	0.001900		
		Df	ChiSquare	F	Pr(>F)
Variables	Lluvia	1	0.0193681	10.1949	0.011 *
	Temp	1	0.0141374	7.4416	0.041 *
	Hum_relativa	1	0.0243548	12.8198	0.003 **
	Vel_viento	1	0.0133017	7.0017	0.048 *
	Rad_solar	1	0.0024860	1.3086	0.437
	Pres_barom	1	0.0028912	1.5219	0.369
	Residual	1	0.0018998		

**Tabla 10** Valores de las combinaciones lineales de las variables con cada eje canonico: Temp= temperatura del aire, Hum\_relativa= humedad relativa, Velo\_viento= velocidad del viento

Combinaciones lineales de variables restrictivas						
	CCA1	CCA2	CCA3	CCA4	CCA5	CCA6
2009	-0.7696	-1.6575	-3.08075	0.7053	0.5019	0.15369
2010	1.4715	-1.032	0.776904	0.6013	-0.02323	-0.03925
2011	0.8557	2.019	-0.860795	0.7408	-0.18788	-0.54968
2012	0.5491	-0.5753	0.225504	0.235	0.22446	0.3349
2013	0.2084	0.4735	-0.259149	-1.5336	-0.62915	2.45313
2014	-0.524	-0.4543	-0.001165	-1.173	-2.09992	-1.53073
2015	-0.1812	0.1838	0.227094	-1.546	1.98794	-0.89712
2016	-1.4516	0.227	0.823592	0.8967	0.0586	0.30047
Lluvia	0.4511	-0.13996	0.39068	0.7732	-0.15693	0.04287
Temp	-0.8157	-0.02243	0.21347	-0.4409	0.30227	-0.05285
Hum_relativa	0.5843	0.69889	0.39355	-0.1013	-0.03948	-0.05882
Vel_viento	-0.3887	-0.56936	-0.16001	-0.5836	0.36594	-0.15702
Rad_solar	-0.3938	-0.27363	-0.61363	-0.2559	0.29494	-0.491
Pres_barom	0.1702	0.16028	0.01759	0.4643	0.7538	0.40153

## 7. DISCUSIÓN

Este estudio recopila la primera lista de Arctiinae para BCI despues de casi 100 años (Forbes, 1939) teniendo una buena representacion de especies, contando con el 72 % de las especies reportadas para Isla Barro Colorado, también se identifico un patron citado por Teston *et al* (2012) para la región Neotropical que es un hecho encontrar muchas especies con pocos individuos en las comunidades de Arctiinae. La fluctuación poblacional de Arctiinae presento un patron caracterizado por abundancias altas en los primeros años de colecta seguido de una disminución en los años intermedios hasta el ultimo año donde se presentaron picos de abundancia, un patron similar fue encontrado con la familia Reduviidae en BCI (Lucas, Dimitri & Basset, 2016) en nuestro caso presumiblemente atribuimos este patrón a los cambios climáticos ocurridos durante el periodo de estudio y al requerimiento de las especies.

La abundancia entre los transectos fue significativamente diferente y debido a que el esfuerzo de muestreo es el mismo en cada epoca y año para todas las trampas no sabemos a que se deba esta diferencia, también la abundancia para los años y las temporadas fue significativa, presentandose una fuerte interaccion entre ellos, esta abundancia presumiblemente la atribuimos a las variaciones sucedidas en los patrones del clima, debido a que los resultados para cada año de estudio presentaron un comportamiento diferente, ademas estuvieron influenciados por los efectos de los fenomenos climaticos del ENOS y como ya se sabe estos cambios afectan las poblaciones de insectos en Panamá, debido a que se tienen registros que durante un episodio de sequia hubo brotes de lepidopteros (Van Bael *et al* , 2004)

La abundancia en las temporadas secas al inicio de los muestreos pudiera estar influenciadas por la presencia de las especies de Lithosini ya que al observar las gráficas de fluctuación poblacional de sus especies agrupadas en las subtribus, presentaban picos de abundancia al inicio del muestreo coincidiendo con los periodos más altos de

precipitación y humedad del estudio, y contrario a estas las especies de la tribu Arctiini presentaron picos de abundancia más bajos y constantes en los primeros años de muestreos presentando un incremento en los últimos años, en la temporadas lluviosas el patrón se presentó contrario, posiblemente porque las especies de Arctiini dominaron las muestras y mantuvieron picos más uniformes, coincidiendo su pico final de abundancia con el período más cálido de muestreo. Estas relaciones de las variables climáticas y la composición cuantitativa de especies se reflejan en los resultados significativos del análisis de ordenación Canónico que permiten apreciar la relación de la subfamilia Arctiinae con los diferentes factores climáticos, siendo significativas las variables climáticas de la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y la velocidad del viento, estos resultados nos permiten relacionar que en cada año donde estas variables se presentaron altas hubo picos de abundancia, esto como ya se indicó con anterioridad podría estar relacionado con los requerimientos ambientales óptimos de cada especie de Arctiinae, pero como son tantas nos centraremos en las tribus ya que presentaron patrones diferentes.

En el caso de las especies de Lithosiini estas se relacionaron posiblemente más con la lluvia y la humedad relativa esto presumiblemente debido a sus hábitos alimenticios especializados, siendo la mayoría de los miembros de esta tribu consumidores de musgo y líquenes (Heppner, 2002, Lafontaine, Franclemont & Ferguson, 1982), en los años que estas variables se presentaron altas se registró una abundancia elevada de la especie *Prepiella pexicera* Schaus, 1899, siendo esta la más abundante de todo el muestreo. Para las especies de la tribu Arctiini debido a que presentan miembros que pueden ser un poco más generalistas en su alimentación siendo consumidores de una gran variedad de plantas (Rab-Green *et al*, 2011) presumiblemente necesitarían condiciones con temperaturas más cálidas donde haya brotes de hojas nuevas teniendo así disponibilidad de alimento, las dos especies más abundantes de esta tribu fueron *Virbia mentiens* Walker, 1854 e *Hypocladia restricta* Hampson, 1901 ambas con picos máximos en el año con el promedio más alto de temperatura 2016.



Los resultados del NMDS permitieron observar una clara separación de los años con fenómenos climáticos del ENOS y los años normales. Es así que los efectos de los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña en la población de Arctiinae presumiblemente se evidenciaron en el 2016 que fue un año de doble fenómeno climático ya que inicio con El Niño y finalizó con La Niña, donde casi todas las especies presentaron sus picos de abundancia excepto las especies de la subtribu Lithosini que presentaron sus picos de abundancia en el año 2011 que fue un año completo de La Niña y las especies del grupo de los Lithosini Incertae sedis presentaron su pico de abundancia en el 2015 que fue un año completo de El Niño. Así mismo los picos de riqueza para la tribu Arctiini se presentaron en el 2016 con el doble fenómeno climático y para la tribu Lithosini su pico de riqueza se presentó en el 2011 siendo este un año de La Niña.

Los cambios en las condiciones climáticas influyen en gran medida en el desarrollo y distribución de los insectos, ciertos cambios en el clima local pueden desencadenar brotes (Van Bael *et al.*, 2004) o extinciones que podrían ser una muestra de futuras condiciones en bosques tropicales, por lo que la predicción y el monitoreo (Kocsis & Hufnagel, 2011) pueden ayudar a comprender como se comportaran estos grupos de insectos ante los inminentes impactos del cambio climático que tendrán un alcance en los procesos de los ecosistemas. Por lo tanto basados en nuestros resultados concluimos que el objetivo de esta investigación que era analizar los efectos de las variables climáticas en la población de Arctiinae se verificó y podríamos señalar que pequeños cambios en el ambiente podrían poner en un estado de vulnerabilidad ciertas especies de este grupo de insecto que responden a pequeños cambios en el ambiente (Ferro & Romanowski, 2012) y otras veces dependen de condiciones óptimas para su desarrollo.

## 8. CONCLUSIONES

- Se registraron 89 generos y 189 especies de Arctiinae para la Isla de Barro Colorado, distribuidos en dos tribus Arctiini que represento la mayor riqueza de especies con 158 y la tribu Lithosiini que presento 31 especies
- La subtribu Phaegopterina presentó la mayor riqueza con 29 generos y 51 especies y las especies más abundante fueron *Prepiella pexicera* Schaus, 1899 (subtribu Cisthenina), *Virbia mentiens* Walker, 1854 (subtribu Spilosomina) e *Hypocladia restricta* Hampson, 1901 (subtribu Ctenuchina) y la morfoespecie *Agylla* BioLep05 (subtribu Lithosiina)
- Los perfiles de diversidad mostraron que el año 2009 fue el mas diverso, siendo 1.03 veces mas diverso que el año 2016 y tambien fue 1.81 veces mas diverso que el año 2010
- La fluctuación poblacional de Arctiinae presentó un patrón caracterizado por abundancias altas en los primeros años de colecta seguido de una disminución en los años intermedios y presentando picos elevados en el último año
- Los resultados significativos del ANOVA de dos vías permitieron sugerir que la abundancia de Arctiinae está afectada por los años y las temporadas climaticas
- Bajo la influencia del fenomeno climático de La Niña en el año 2011 la tribu Lithosiini tuvo su mayor riqueza de especies y la mayor riqueza para la tribu Arctiini se presentó en el año 2016 con la influencia de ambos fenomenos climáticos (El Niño y La Niña)

## 9. RECOMENDACIONES

- Realizar muestreos en otros meses del año para así poder establecer la cronosecuencia anual de los miembros la subfamilia Arctiinae para BCI
- Debido a que solo hay colectas puntuales a nivel nacional es necesario realizar otras colectas en Panamá para conocer la riqueza de la subfamilia Arctiinae
- Realizar estudios con Arctiinae en otras localidades tomando en cuenta las variables climáticas para asociarlas a las especies

## 10. REFERENCIAS

- Aiello, A, V Rodríguez G, V O Becker & O of Greece (2004) Moths and butterflies (Lepidoptera) from Bahía Honda and Canales de Tierra Island (Veraguas, Panama) LIL 71pp
- Anderson-Teixeira, K J, S J Davies, A C Bennett, E B Gonzalez-Akre, H C Muller-Landau, S J Wright, K A Salim, A M Almeyda Zambrano, A Alonso, J I Baltzer, Y Basset, N A Bourg, E N Broadbent, W Y Brockelman, S Bunyavejchewin, D F R P Burslem, N E Butt, M Cao, D Cardenas, G B Chuyong, K Clay, S Cordell, H S Dattaraja, X Deng, M Detto, X Du, A Duque, D I Erikson, C E N Ewango, G A Fischer, C Fletcher, R B Foster, C P Giardina, G S Gilbert, N Gunatilleke, S Gunatilleke, Z Hao, W W Hargrove, T B H, B C H Hau, F He, F M Hoffman, R W Howe, S P Hubbell, F M Inmannarahari, P A Jansen, M Jiang, D J Johnson, M Kanzaki, A R Kassim, D Kenfack, S Kibet, M F Kinnaird, L Korte, K Kral, J Kumar, A J Larson, Y Li, X Li, S Liu, S KY Lum, J A Lutz, K Ma, D M M, J R Makana, Y Malhi, T Marthews, R M Serudin, S M McMahon, W J Mcshea, H R Memiaghe, X Mi, T Mizuno, M Morecroft, J a Myers, V Novotny, A A De Oliveira, P S Ong, D A Orwig, R Ostertag, J D Ouden, G G Parker, R P Phillips, L Sack, M N Sange, W Sang, K Sri -Ngernyuang, R Sukumar, F Sun, W Sungpalee, H S Suresh, S Tan, S C Thomas, D W Thomas, J Thompson, B L Turner, M Uriarte, R Valencia, M I Vallejo, A Vicentini, T Vrska, X Wang, X Wang, G Weiblen, A Wolf, H Xu, S Yap & J Zimmerman (2014) CTF5-ForestGEO a worldwide network monitoring forests in an era of global change Global Change Biology 23pp
- Bale, J, G J Masters, I D Hodkinson, C Awmack, T M Bezemer, V K Brown, J Butterfield, A Buse, J C Coulson, J Farrar, J E G Good, R Harrington, S Hartley, T H Jones, R L Lindroth, M C Press, I Symrnioudis, A D Watt & J B Whittaker

- (2002) Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 8: 1-16. DOI 10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
- Basset, Y., R. Eastwood, L. Sam, D. J. Lohman, V. Novotny, T. Treuer, S. E. Miller, G. D. Weiblen, N. E. Pierce, S. Bunyavejchewin, W. Sakchoowong, P. Kongnoo & M. A. Osorio-Arenas (2012) Cross-continental comparisons of butterfly assemblages in tropical rainforests: implications for biological monitoring. *Insect Conservation and Diversity* The Royal Entomological Society 1-11. doi: 10.1111/j.1752-4598.2012.00205.x
- Basset, Y., G. P. A. Lamarre, T. Ratz, S. T. Segar, T. Decaens, R. Rougerie, S. E. Miller, F. Perez, R. Bobadilla, Y. Lopez, J. A. Ramirez, A. Aiello & H. Barríos. The Saturniidae of Barro Colorado Island, Panama: A model taxon for studying the long-term effects of climate change? *Ecology and Evolution* 1-14. DOI: 10.1002/ece3.3515
- Beccacece, H. M., A. I. Zapata, N. A. Villafañe & M. E. Drewniak (2012) *Árctidos nocturnos (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae) del Bosque Serrano de Córdoba, Argentina*. *Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina* 71 (1-2): 99-103
- Blest, A. D., T. S. Collett & J. D. Pye (1963) The generation of ultrasonic signals by a new world arctiid moth. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* Vol. 158, No. 971: 196-207 pp.
- Conner, W. E. & Weller, S. J. (2004) A quest for alkaloids: the curious relationship between tiger moths and plants containing pyrrolizidine alkaloids, pp. 248-282. In: Cardé, R. T., Millar, J. G. (Ed.) *Advances in Insect Chemical Ecology*. Cambridge University Press, New York.
- Corro-Chang, P. E. (2017) Behavioral notes and attraction on Lepidoptera around the Gehry's Biodiversity Museum (Causeway, Calzada de Amador, Panama, Republica de Panama). *Biodiversity Data Journal*, 5: 1-13

- Corro-Chang, P E & S Tarakanov (2017) Guia de Campo Principales especies de Lepidoptera (Heterocera) asociadas a cultivos anuales de Panamá 240 pp
- Diniz Filho, J A F, V G Ferro, T Santos, J C Nabout, R Dobrovolski & P De Marco Jr (2010) The three phases of the ensemble forecasting of niche models .geographic range and shifts in climatically suitable areas of *Utetheisa ornatix* (Lepidoptera, Arctiidae) Revista Brasileira de Entomologia 54 (3) 339–349
- Druce, Herbert, F L S, F Z S (1881-1900) Biologia Centrali-Americana Insecta, Lepidoptera-Heterocera Vol 1 (text ) U C D Library
- Dyar, H G (1914) Report on the Lepidoptera of Smithsonian biological survey of the Panama Canal Zone Proceedings of the United States National Museum Vol 47 No 2050 139-350 pp
- Eisenmann, E (1952) Annotated list of birds of Barro Colorado Island, Panama canal zone Smithsonian Miscellaneous Collections 117, pp 1-12
- Ferro, V G & H P Romanowski (2012) Diversity and composition of tiger moths (Lepidoptera Arctiidae) in an area of Atlantic Forest in southern Brazil is the fauna more diverse in the grassland or in the forest? Sociedade Brasileira de Zoologia Vol 29 (1) 7-18 pp
- Freitas, A V L, Francini, R B & Brown, K S, Jr (2003) Insetos como indicadores ambientais IN Métodos de estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre, organizado por Cullen, L, Jr., Rudran, R & Valladares-Padua, C Fundação Boticário e Editora da UFPR, Curitiba, págs 125-151
- Forbes, W T M (1939) The Lepidoptera of Barro Colorado Island, Panama Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College Vol LXXXV, No 4 99-230pp
- Galvan, R, M Carbonetti, M Gende & C Brunini (2018) Impacto del evento extremo ENOS 2015-2016 sobre la geometria de la superficie terrestre en la region Ecuatorial

- de Sudamerica Asociacion Argentina de Geofisicos y Geodestas GEOACTA 42(2) 23-44 pp
- García-Lara, S , C Espinosa Carrillo & D J Bergvinson (2007) Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control Mexico, D F CIMMYT
- Gowing, E (2017) Mariposas nocturnas Moths of Central and South America, A study in beauty and diversity Princeton University Press 144 pp
- Heppner, J B (2002) Mexican Lepidoptera biodiversity Insecta Mundi Vol 16 4 171-190
- Hernández Baz, F (2009) La diversidad biológica del Estado de Mexico Mariposas Arctiidae Coleccion Mayor, Estado de Mexico 109-410 pp
- Hijar, G , C Bonilla, C V Munayco, E L Gutierrez & W Ramos (2016) Fenómeno El Niño y desastres naturales intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta Rev Peru Med Exp Salud Publica 33(2) 300-10 doi 10.17843/rpmesp.2016.332.2205
- INTA-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2018) Que es El Fenomeno del Niño Argentina Consultado en línea el 17 de agosto del 2018 Disponible en [http://climayagua.inta.gob.ar/influencia\\_del\\_enso\\_en\\_el\\_clima](http://climayagua.inta.gob.ar/influencia_del_enso_en_el_clima)
- Jacobson, N L & S J Weller (2002) A cladistic study of the Arctiidae (Lepidoptera) by using characters of immatures and adults Entomological Society of America Lanham, MD Thomas Say Publications in Entomology Monograph
- Kitching, R L , D Li, & N E Stork (2001) Assessing biodiversity 'sampling packages' how similar are arthropod assemblages in different tropical rainforests? Biodiversity and Conservation 10, 793-813

- Kirby, W F, F L S, F E S, & C, (1892) A synonymic catalogue of Lepidoptera Heterocera (Moths) Vol I Sphinges and Bombyces London 1-129
- Kocsis, M & L Hufnagel (2011) Impacts of climate change on Lepidoptera species and communities Applied ecology and environmental research 9 (1) 43-72
- Kristensen, N P, M J Scoble & O Karsholt (2007) Lepidoptera phylogeny and systematics the state of inventorying moth and butterfly diversity Magnolia Press Zootaxa 1668, 699-747 pp
- Lafontaine, J D, J G Franclemont & D C Ferguson (1982) Classification and life history of *Acsala anomala* (Arctiidae Lithosiinae) Journal of the Lepidopterists' Society, 36 (3), 218-226pp
- Lagos, E (2014) Fluctuación poblacional y estacionalidad de Cerambycidae (Coleoptera) capturados de trampas malaise en Isla Barro Colorado Panama y una revision parcial del genero Colobatheia Tesis de maestría Universidad de Panamá p 16
- Lucas, M, D Forero & Y Basset (2016) Diversity and recent population trends of assassin bugs (Hemiptera Reduviidae) on Barro Colorado Island, Panama Insect Conservation and Diversity, 9 546-558
- Martínez Cambior, P (2012) Ajuste del valor-p por contrastes múltiples Revista Chilena de Salud Pública Vol 16 (3) 225-232
- Martínez Falcón, A P (2004) Influencia de las variables micro-ambientales y el tamaño del area en las comunidades de artrópodos asociados a rocas Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Pachuca de Soto, Hidalgo, Mexico
- Maturana, J, M Bello & M Manley (2004) Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilacion del Sur Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile Departamento de Oceanografía, Valparaiso 13-27 pp



- Marinoni, Renato C & Renato R C Dutra (1996) Levantamento da fauna entomologica no estado do Paraná II Ctenuchidae (Lepidoptera) Revista Brasileira de Zoologia 13 (2) 435-461
- Maur, P (2017) Simple and Canonical Correspondence Analysis <https://cran.r-project.org/web/packages/anacor/anacor.pdf>
- Moreno, C E (2001) Métodos para medir la biodiversidad M&T- Manuales y Tesis, Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), vol 1 Zaragoza, España, 84 pp
- Moreno, C E , F Barragán, E Pineda & N P Pavón (2011) Reanálisis de la diversidad alfa alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas Revista Mexicana de Biodiversidad 82 1249-1261
- Montero A , F , M Moreno & L C Gutiérrez (2009) Mariposas (Lepidoptera Hesperioidea y Papilionoidea) asociadas a fragmentos de bosque seco tropical en el departamento del atlántico, Colombia Boletín Científico del Museo de Historia Natural 13 (2) 157-173
- Moraes, S S (2014) Análise cladística da subtribo Pericopina e revisão taxonômica de *Dysschema* Hubner, 1818 (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae, Arctiini) Universidad de Sao Paulo Tesis doctoral 360 pp
- Muñoz, A & A Amarillo Suarez (2010) Variación altitudinal en diversidad de Arctidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla colombiano Revista Colombiana de Entomología 36 (2) 292-299
- Olmedo, B (2015) Estado actual de las condiciones del Océano Pacífico y su posible evolución durante el año 2015-2016 Informe Empresa de Transmisión Eléctrica, S A Dirección de Hidrometeorología Gerencia de Climatología Panamá
- Oksanen, J , Blanchet, F G , Friendly, M , Kindt, R , Legendre, P , McGlenn, D , Minchin, P R , O'Hara, R B , Simpson, G L , Solymos, P , Stevens, M H , Szoecs, E , Wagner, H

- (2018) Community Ecology Package Package “vegan” <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Rab Green, S B, G L Gentry, H F Greeney, & L A Dyer (2011) Ecology, Natural History, and Larval Descriptions of Arctiinae (Lepidoptera Noctuoidea Erebidae) From a Cloud Forest in the Eastern Andes of Ecuador Entomological Society of America Annals of the Entomological Society of America, 104(6) 1135-1148 pp
- Scherrer, S, V G Ferro, M N Ramos & I R Diniz (2013) Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera Erebidae) in two cerrado vegetation types Sociedade Brasileira de Zoologia Vol 30 (2) 200-210 pp
- Scott, C H & M A Branham (2012) A preliminary phylogeny of the lichen moth tribe Lithosiini (Lepidoptera Erebidae Arctiinae) based on morphological characters Insect systematics and evolution Koninklijke Brill NV, Leiden Vol 43 321-369 pp
- Scott, C H, J M Zaspel, P Chialvo & S J Weller (2014) A preliminary molecular phylogenetic assessment of the lichen moths (Lepidoptera Erebidae Arctiinae) with comments on palatability and chemical sequestration Systematic Entomology The Royal Entomological Society Vol 39 286-303 pp
- STRI-Smithsonian Tropical Research Institute Panamá (2017) Recuperado de [http://www.stri.si.edu/espanol/acerca\\_stri/acerca\\_panama/index.php](http://www.stri.si.edu/espanol/acerca_stri/acerca_panama/index.php)
- STRI-Smithsonian Tropical Research Institute Panama (2018) Recuperado de <http://www.ctfs.si.edu/site/Barro+Colorado+Island>
- STRI-Smithsonian Tropical Research Institute Panama (2018) Recuperado de <https://stri.si.edu/facility/barro-colorado>
- Teston, J A, J B Novaes & J O B Almeida Júnior (2012) Abundância, Composição e Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctidae) em um fragmento de floresta na Amazônia Oriental em Altamira, PA, Brasil Acta Amazonica Vol 42 (1) 105-114

- Van Bael, S. A., A. Aiello, A. Valderrama, E. Medianero, M. Samaniego & J. Wright (2004) General herbivore outbreak following an El Niño-related drought in a lowland Panamanian forest. *Journal of Tropical Ecology* 20: 625-633. DOI 10.1017/S0266467404001725
- van Nieukerker, E. J., L. Kaila, J. Kitching, N. P. Kristensen, D. C. Lees, J. Minet, C. Mitter, M. Mutanen, J. C. Regier, T. J. Simonsen, N. Wahlberg, S. H. Yen, R. Zahiri, D. Adamski, J. Baixeras, D. Bartsch, B. Å. Bengtsson, J. W. Brown, S. R. Bucheli, D. R. Davis, J. de Prins, W. Epstein, M. E. Gentili-Poole, P. Gielis, C. Hattenschwiler, P. Hausmann, A. Holloway, J. D. Kallies, A. Karsholt, O. Kawahara, A. Y. Koster, S. Kozlov, M. Lafontaine, J. D. Lamas, G. Landry, J. F. Lee, S. Nuss, M. Park, K. T. Penz, C. Rota, J. Schintlmeister, A. Schmidt, B. C. Sohn, J. C. Solis, M. A. Tarmann, G. M. Warren, A. D. Weller, S. Yakovlev, R. V. Zolotuhin & V. V. Zwick, A. (2011) Orden Lepidoptera Linnaeus, 1758. In Z.-Q. Zhang (Ed.), *Animal Biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness* (pp. 212-221). Auckland, New Zealand: Magnolia Press. *Zootaxa*, Vol. 3148.
- Wink, M. & E. von Nickisch-Roseneck (1997) Sequence data of mitochondrial 16S rDNA of Arctiidae and Nymphalidae: evidence for a convergent evolution of pyrrolizidine alkaloid and cardiac glycoside sequestration. *Journal of Chemical Ecology* Vol. 23, No. 6.
- Windsor, D. M. (1990) Climate and moisture variability in a tropical forest: long-term records from Barro Colorado Island, Panama. *Smithsonian contributions to the earth sciences* Number 29: 1-214.
- Zahiri, R., J. D. Holloway, I. J. Kitching, J. D. Lafontaine, M. Mutanen & N. Wahlberg (2011) Molecular phylogenetics of Erebiidae (Lepidoptera, Noctuoidea). *Systematic Entomology* DOI 10.1111/j.1365-3113.2011.00607.x 1-23.

Zaspel, J. M., S. J. Weller, C. T. Wardwell, R. Zahiri & N. Wahlberg (2014) Phylogeny and evolution of pharmacophagy in tiger moths (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae). *PLOS ONE* Vol. 9

Zenker, M. M., N. Wahlberg, G. Brehm, J. A. Teston, L. Przybylowicz, M. R. Pie & A. V. L. Frettas (2016) Systematics and origin of moths in the subfamily Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in the Neotropical region. *Zoologica Scripta*. Royal Swedish Academy of Sciences 1-15. doi:10.1111/zsc.12202

## 11. ANEXOS

### Anexo A Arctiinae (Leach, 1815) (Lepidoptera Erebidae) colectados de 2009-2016 en Isla Barro Colorado, Panamá

SUBTRIBU	ESPECIE/MORFOESPECIE	CÓDIGO DE BARRAS	n
TRIBU ARCTIINI Leach, 1815			
SUBTRIBU CTENUCHINA Kirby, 1837	<i>Aclytia albistriga</i> Schaus, 1910		2
{18 generos, 24 sp, 24 msp)	<i>Aclytia heber</i> (Cramer, [1780])		1
	<i>Aclytia punctata</i> Butler, 1876:	BOLD AAE3076	44
	<i>Aclytia heber</i> DHI01		1
	<i>Aclytia</i> sp 1YB		2
	<i>Aethria haemorrhoidalis</i> (Stoll, [1790])		1
	<i>Agyrta</i> sp 1YB		8
	<i>Argyroeides notha</i> Schaus, 1911		1
	<i>Belemnia inaurata</i> (Sulzer, 1776)		2
	<i>Correbia elegans</i> (Druce, 1884)		1
	<i>Correbia undulata</i> (Druce, 1884)		1
	<i>Correbia</i> sp 3YB near <i>elegans</i>		13
	<i>Correbia</i> sp 4YB near <i>undulate</i>		2
	<i>Correbia</i> sp 5YB		10
	<i>Correbia</i> sp 6YB		3
	<i>Correbia</i> sp 7YB		2
	<i>Correbidia costinotata</i> Schaus, 1911		118
	<i>Correbidia</i> BioLep03		15
	<i>Delphyre testacea</i> (Druce, 1884)	BOLD AAB4834	10
	<i>Delphyre</i> sp 2YB	BOLD AAM5154	9
	<i>Ecdemus obscurata</i> Schaus, 1911		90
	<i>Epidasma</i> sp 1YB		2
	<i>Episcepsis hypaleuca</i> Hampson, 1898		31
	<i>Episcepsis venata</i> Butler, 1877		13
	<i>Episcepsis</i> BioLep04		1

	<i>Episcepsis espinosa</i> 03		36
	<i>Episcepsis</i> sp 3YB		4
	<i>Episcepsis</i> sp 4YB		4
	<i>Episcepsis thetis</i> DHJ01		1
	<i>Episcepsis thetis</i> DHJ04		5
	<i>Heliura banana</i> Dyar, 1914		10
	<i>Heliura rhadophila</i> (Walker, 1856)		5
	<i>Heliura tetragramma</i> (Walker, 1854)		2
	<i>Heliura</i> sp 1YB	BOLD AAM3522	137
	<i>Hypocharis</i> sp 1YB		439
	<i>Hypocladia restricta</i> Hampson, 1901		1144
	<i>Leucopleura aarana</i> Schaus, 1924		385
	<i>Metastatia pyrharhoa</i> (Hubner, 1818)		2
	<i>Pterygopterus caeruleus</i> Hampson, 1898		12
	<i>Uranophora flaviceps</i> (Hampson, 1901).		1
	<i>Uranophora leucotelus</i> (Butler, 1876)		1
	<i>Uranophora quadristigata</i> (Hampson, 1898)	BOLD AAM6811	1
	<i>Uranophora walkeri</i> (Druce, 1889)		9
	<i>Ctenuchina</i> sp 1YB		1
	<i>Ctenuchina</i> sp 2YB		1
	<i>Ctenuchina</i> sp 4YB		1
	<i>Ctenuchina</i> sp 1YB near <i>Episcepsis</i>		1
	<i>Ctenuchina</i> sp 2YB near <i>Episcepsis</i>		1
SUBTRIBU EUCHROMIINA Butler, 1876	<i>Calanotos metallicus</i> Druce, 1886	BOLD AAN0544	2
(16 generos, 26 sp, 22 msp)	<i>Calanotos</i> sp 2YB	BOLD AAK1636	18
	<i>Chrysostola moza</i> Druce, 1896	BOLD AAM5069	9
	<i>Chrysostola espinosa</i> 02	BOLD AAA1424	3
	<i>Cosmosama caecum</i> Hampson, 1898	BOLD AAD0021	26
	<i>Cosmosama metallescens</i> (Menetries, 1857)	BOLD ACF1973	35

<i>Casmasama saran</i> Druce, 1884	BOLD ABY4182	44
<i>Casmasama teuthras</i> (Walker, 1854)	BOLD AAA1312	33
<i>Casmasama</i> sp. 11YB, near <i>rematum</i>	BOLD ACF3637	21
<i>Casmasama</i> sp. 16YB	BOLD ABY6105	20
<i>Dycladia emerita</i> DHJ03		1
<i>Eucereon aelum</i> Hampson, 1898	BOLD AAA8661	128
<i>Eucereon atrigutta</i> Druce, 1905	BOLD AAE1486	1
<i>Eucereon aurantiaco</i> Draudt, 1915	BOLD AAA1311	13
<i>Eucereon latifascia</i> Walker, 1856	BOLD ACF0957	1
<i>Eucereon relegatum</i> Schaus, 1911	BOLD AAA9439	1
<i>Eucereon varia</i> (Walker, 1854)	BOLD AAJ0944	22
<i>Eucereon rosadora xanthadara</i> DHJ01	BOLD AAX7986	1
<i>Eucereon</i> sp. 9YB near <i>mendianalis</i>	BOLD AAM4399	16
<i>Eucereon</i> sp. 12YB near <i>obscurum</i>	BOLD AAD0077	1
<i>Eucereon</i> sp. 14YB	BOLD ACC9448	5
<i>Eucereon</i> sp. 15YB	BOLD ACC9481	8
<i>Eucereon</i> sp. 17YB	BOLD AAK4328	1
<i>Eucereon</i> sp. 18YB near <i>obscurum</i>	BOLD ACE5637	20
<i>Gymnelia calana</i> (Schaus, 1911)	BOLD ACC9365	2
<i>Gymnelia jansoni</i> Butler, 1872	BOLD AAA1452	4
<i>Gymnelia salvini</i> (Butler, 1876)	BOLD AAM3632	124
<i>Loxophlebia amalesia</i> Schaus, 1920	BOLD ACF1200	1
<i>Loxophlebia</i> sp. 1YB near but not <i>mutata</i>	BOLD AAX6550	9
<i>Loxophlebia</i> sp. 2YB		2
<i>Macracneme cobimensis</i> ( <i>Macracneme lades cobimensis</i> Dyar, 1914 (Panama))		7
<i>Myrmecopsis lotricinctus</i> Hampson, 1898	BOLD ACC8948	8
<i>Myrmecopsis</i> sp. 1YB		2
<i>Myrmecopsis</i> sp. 2YB		3
<i>Myrmecopsis</i> sp. 3YB		1
<i>Phero albisigna</i> (Walker, 1854)		1

	<i>Phoenicoprocta paucipuncta</i> Dyar, 1914	BOLD AAE0618	24
	<i>Poliopectea auripes</i> (Walker, 1854)	BOLD AAD1862	9
	<i>Poliopectea</i> Janzen04	BOLD ACE6078	15
	<i>Psoloptera thoracica</i> DHJ03	BOLD AAA1364	63
	<i>Rhynchopyga cryptoleuco</i> (Walker, 1864)	BOLD AAC2716	1
	<i>Sarosa moro</i> Schaus, 1911	BOLD AAD6600	29
	<i>Saurita onseimo</i> Schaus, 1924	BOLD ABW9427	16
	<i>Saurita mora</i> (Druce, 1897)	BOLD AAN1020	5
	<i>Saurita watsoni</i> Rothschild, 1911		1
	<i>Saurita</i> Janzen33	BOLD AAE9542	1
	<i>Saurita</i> sp 1Y6 near <i>sanguinea</i>	BOLD AAM3396	15
	<i>Saurita</i> sp 2Y6		1
SUBTRIBU PERICOPINA Walker, 1869	<i>Colodesma maculifrons</i> (Walker, [1865])		1
(5 generos, 7 sp)	<i>Chetane anguloso</i> (Walker, 1854)	BOLD AAA1344	7
	<i>Dysschema perplexa</i> (Schaus, 1910)	BOLD AAD7204	48
	<i>Hyalurga fenestra</i> (Linnaeus, 1758)	BOLD AAA1440	8
	<i>Hyalurga uriaides</i> Schaus, 1910	BOLD AAE4907	25
	<i>Hypocrita aietta</i> (Stoll, [1782])	BOLD AAE1312	1
	<i>Hypocrita arcoei</i> (Druce, 1884)		1
SUBTRIBU PHAEGOPTERINA Kirby, 1892	<i>Agaraea minuto</i> (Schaus, 1892)	BOLD AAA7185	63
(30 generos, 39 sp, 12 msp)	<i>Agaraea semivirens</i> (Rothschild, 1909)		1
	<i>Agaraea</i> sp 1Y6 near <i>venosa</i>	BOLD AAM6965	296
	<i>Agaraea</i> sp 2Y6		15
	<i>Amoxia apyga</i> Hampson, 1901	BOLD AAB0265	457
	<i>Amoxia carinosa</i> Schaus, 1920	BOLD AAC4552	185
	<i>Amoxia osmophora</i> Hampson, 1901	BOLD ACF3742	26
	<i>Amoxia</i> sp 6Y6 near but not <i>osmophora</i>	BOLD ACF3741	1
	<i>Amoxia</i> sp 7		1
	<i>Ammala helops</i> (Cramer, [1775])	BOLD ACE3053	16
	<i>Castrico phalaenoides</i> (Drury, 1773)	BOLD AAA1439	2



<i>Cratoplastis diluta</i> Felder & Rogenhofer, 1874	BOLD ACE6149	3
<i>Echeta</i> sp 1YB near <i>pandiona</i>	BOLD ACG6239	1
<i>Elysius</i> sp 1YB near <i>ruffin</i> (sp nov.)	BOLD AAI5267	41
<i>Euchaetes antica</i> (Walker, 1856)		1
<i>Evis hippia</i> (Stoll, [1790])	BOLD AAD7627	2
<i>Glaucostola guttipalpis</i> (Walker, 1856)		1
<i>Haemanota</i> sp 1YB	BOLD AAM3521	128
<i>Halsyridata interlineata</i> (Walker, 1855)	BOLD AAN0969	5
<i>Idalus aletaria</i> (Schaus, 1905)	BOLD AAI7687	22
<i>Idalus crithes</i> Druce, 1884	BOLD AAA1395	21
<i>Idalus lucan</i> Laguerre, 2016	BOLD ACE3761	6
<i>Idalus occidentalis</i> (Rothschild, 1909)	BOLD ABZ5893	2
<i>Idalus</i> sp 3YB		2
<i>Leucanopsis tabernilla</i> (Schaus, 1933)	BOLD AAK9263	13
<i>Lophocampa amaxioeformis</i> (Rothschild, 1910)	BOLD ABZ5043	26
<i>Lophocampa catenulata</i> (Hubner, [1812])	BOLD AAA1447	3
<i>Lophocampa maroniensis</i> DH103	BOLD AAA1316	5
<i>Melese asana</i> (Druce, 1884)	BOLD ABY5802	13
<i>Melese incertus</i> (Walker, 1855)	BOLD AAA1434	21
<i>Melese laodamia</i> (Druce, 1884)	BOLD AAB0789	16
<i>Melese sixola sixola</i> Watson & Goodger, 1986	BOLD ABY5802	75.1
<i>Melese</i> sp 1YB		1
<i>Metaxanthia atribasis</i> Rothschild, 1913	BOLD AAK7424	1
<i>Munona indescens</i> Schaus, 1894		1
<i>Ochrodota</i> sp 1YB	BOLD ACG6501	2
<i>Opharus gemma</i> Schaus, 1894	BOLD AAC6634	7
<i>Ormetica ataenia</i> (Schaus, 1910)		2
<i>Ormetica sicilia</i> (Druce, 1884)	BOLD AAA1349	21
<i>Pachydata</i> sp 1YB near <i>inermis</i>		2

	<i>Phaemolis lineatus</i> DHJ02	BOLD AAA1448	2
	<i>Purus pilumnia</i> (Stoll, (1780))	BOLD ACC9252	1
	<i>Robinsonia deiopea</i> Druce, 1895		3
	<i>Robinsonia sanea</i> Druce, 1895	BOLD AAM3444	46
	<i>Robinsonia</i> sp 1YB near <i>flavomarginata</i>	BOLD AAM6352	8
	<i>Scaptius obscurata</i> (Schaus, 1920)	BOLD AAB9904	405
	<i>Selenarctia elissa</i> (Schaus, 1892)	BOLD AAG6291	2
	<i>Thysanoprymna hampsoni</i> (Dognin, 1902)	BOLD ABA3833	2
	<i>Tricypha impenalis</i> (Heylaerts, 1884)	BOLD ACE3900	20
	<i>Viviennea solma</i> (Druce, 1896)	BOLD ACE7851	1
	<i>Viviennea tegyra</i> (Druce, 1896)	BOLD AAA1389	1
<b>SUBTRIBU SPILOSOMINA</b> Seitz, 1910	<i>Virbia birchii</i> Druce, 1911		3
(1 genero, 4 sp, 1 msp)	<i>Virbia mentiensi</i> Walker, 1854	BOLD ABY7927	1161
	<i>Virbia orala</i> Oyar, 1914	BOLD AAM3023	699
	<i>Virbia thersites</i> Druce, 1885	BOLD AAM3023	4
	<i>Virbia</i> sp 5YB		3
<b>TRIBU LITHOSIINI</b> Ballberg, 1820			
<b>SUBTRIBU CISTHENINA</b> Bendib & Mnet, 1999	<i>Balburia dorsisigna</i> Walker, 1854	BOLD ABY8555	480
(9 generos, 7 sp, 9 msp)	<i>Balburia intervenata</i> Schaus, 1911	BOLD AAA1348	407
	<i>Dolichesia</i> sp 1YB	BOLD ACC9073	12
	<i>Euthyone grisescens</i> (Schaus, 1911)	BOLD ACF4334	19
	<i>Euthyone</i> sp 1YB	BOLD ACG6230	2
	<i>Illice</i> sp 1YB near <i>Croesus</i>	BOLD AAM7164	60
	<i>Illice</i> sp 2YB	BOLD AAM7165	7
	<i>Lycamorphodes sordida</i> (Butler, 1877)	BOLD AAA4769	173
	<i>Nodozana</i> sp 1YB	BOLD AAM6804	6
	<i>Prepiella pexicera</i> Schaus, 1899	BOLD AAA4768	2747
	<i>Rhabdatomis cara</i> (Oyar, 1907)	BOLD AAA4766	158
	<i>Talara cara</i> Schaus, 1911	BOLD AAC8830	41

	<i>Talara</i> sp 1YB	BOLD AAM3345	173
	<i>Talara</i> sp 3YB	BOLD AAM3378	12
	<i>Talara</i> sp 4YB, near but not <i>esperanza</i>	BOLD AAM7163	60
	<i>Talara</i> sp 5YB [BOLD ABX5623]		6
SUBTRIBU LITHOSIINA Billberg, 1820	<i>Agylla</i> BioLep05	BOLD AAB7465	1174
(3 generos, 7 msp)	<i>Agylla</i> .sp 1YB	BOLD AAM3076	836
	<i>Agylla</i> sp 4YB	BOLD AAM4128	38
	<i>Metallosia nidens</i> ( <i>nitens</i> ? Schaus, 1911)		2
	<i>Metallosia</i> sp 1YB	BOLD AAM6812	16
	<i>Odozana</i> sp 12YB	BOLD AAM1664	13
	<i>Odozana</i> sp 2YB near <i>flaccase</i>	BOLD AAH2610	24
LITHOSIINI INCERTAE SEDIS	<i>Callisthenia</i> sp 1YB	BOLD ACF0651	10
	<i>Callisthenia</i> sp 2YB	BOLD AAM7167	156
	<i>Epeirromulona</i> sp 1YB ( <i>phelina</i> o <i>bilaba</i> )	BOLD ACF0970	67
	<i>Gaudeator poidicus</i> Dyar, 1914	BOLD AAM7170	683
	<i>Lithosia caecina</i> Druce, 1897	BOLD AAA0895	48
LITHOSIINI NO IDENTIFICADOS	Lithosini sp 1YB		2
	Lithosini sp 2YB		3
	Lithosini sp 3YB		2

**Anexo B. Especies representativas de las subtribus de Arctiinae (Erebidae) colectadas de 2009-2016 en Isla Barro Colorado.**



**Anexo B.1. Especies representativas de las subtribus de la subfamilia Arctiinae. Subtribu Cisthenina (A-D). A-*Balbura dorsisigna* Walker, 1854; B-*Balbura intervenota* Schaus, 1911; C-*Lycomorphodes sordida* (Butler, 1877); D-*Tolaro* sp. 1Y8; E-*Prepiello pexicera* Schaus, 1899. Ctenuchina (F-J). F-*Hypochoris* sp. 1Y8; G-*Hypocladia restricta* Hampson, 1901; H-*Leucopleura ciarano* Schaus, 1924; I-*Ecdemus obscurata* Schaus, 1911; J-*Correbidia costinotata* Schaus, 1911.**



Anexo B.2. Continuación. Subtribu Euchromiina (K-M). K-*Casmasoma saron* Druce, 1884; L-*Eucereon aelum* Hampson, 1898; M-*Sarasa mara* Schaus, 1911; N-*Gymnelia salvini* (Butler, 1876). Subtribu Lithosiina (O-P). O-*Agylla* BioLep05; P-*Agylla* sp. 1YB; Subtribu Pericopina (Q-S). Q-*Dysschema perplexa* (Schaus, 1910); R- *Hyalurga fenestra* (Linnaeus, 1758); S-*Hyalurga uriaides* Schaus, 1910. Subtribu Phaegopterina (T). T- *Agaraoe* sp. 1YB.

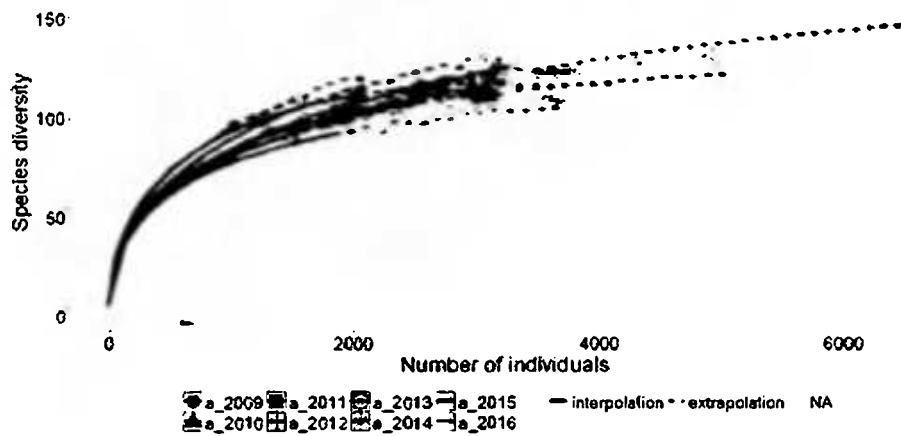


Anexo B.3. Continuación. Subtribu Phaegopterina (U-Z). U-*Melese sixola sixola* Watson & Goodger, 1986; V-*Amaxia apyga* Hampson, 1901; W- *Amaxia carinosa* Schaus, 1920; X-*Haemanota* sp. 1YB; Y-*Scaptius obscurata* (Schaus, 1920); Z-*Ormetica sicilia* (Druce, 1884). Subtribu Spilosomina (AA-AB). AA-*Virbia mentiens* Walker, 1854; AB-*Virbia orola* Dyar, 1914. Especies que no están asignadas a una subtribu (AC-AD). AC-*Epeirumulona* sp.1YB; AD-*Gaudeato paidicus* Dyar, 1914.

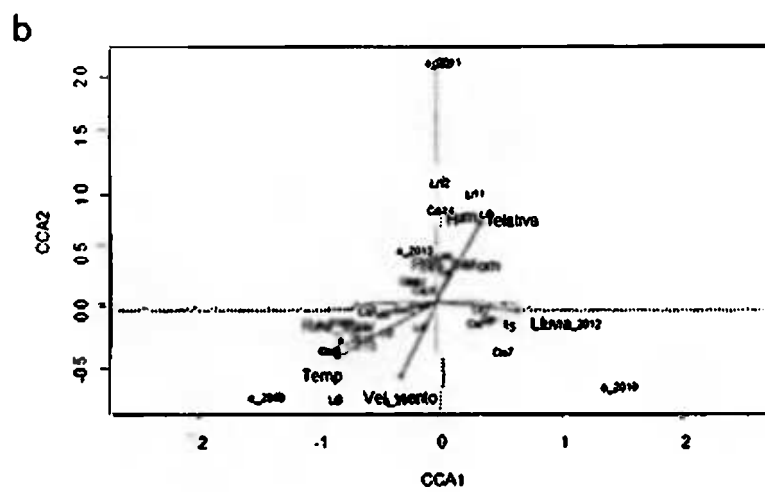
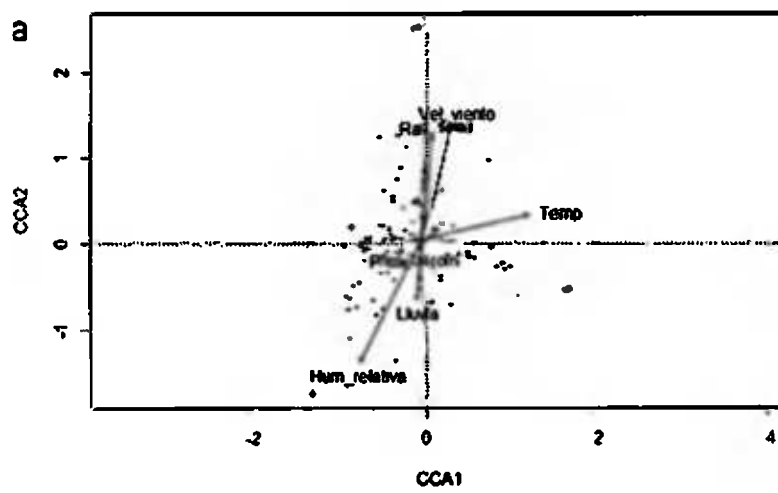
Anexo C. Abundancia de Arctiinae por transectos de BCI, diferencia entre abundancia por transectos con t. test-BONFERRONI.

	ARM1	ARM2	ARM3	ARM4	BAL1	DRA1	WHE1	WHE2	ZET1
ARM2	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-
ARM3	0.95279	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
ARM4	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-
BAL1	0.17133	0.60389	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
DRA1	1.00000	0.83878	0.00130	0.00161	7.5e-05	-	-	-	-
WHE1	0.29761	0.99042	1.00000	1.00000	1.00000	0.00017	-	-	-
WHE2	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.00918	1.00000	-	-
ZET1	1.00000	1.00000	0.07024	0.08398	0.00753	1.00000	0.01494	0.31820	-
ZET2	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.15549	1.00000	1.00000	1.00000

Anexo D. Curva de rarefacción para Arctiinae de 2009-2016.



Anexo E. Análisis de Correspondencia Canónica para la abundancia de Arctiinae dividida en las dos tribus con las variables climáticas en BCI de 2009 a 2016. (a) Arctiini y (b) Lithosiini.





Anexo F Abundancia de Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) de la Isla Barro Colorado, de 2009 a 2016 (a) Arctiinae, (b) Arctiinae Arctini y (c) Arctiini Lithosini. La abundancia promedio esta representada por una linea negra, incluyendo barras de desviación estandar

