

# El género *Heliconius* Kluk, 1708 en dos habitats de diferente grado de conservación en la Amazonia colombiana y aportes para su conservación

Nicol Rueda-M<sup>1,\*</sup>, M. Gonzalo Andrade-C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar las especies del género *Heliconius* presentes en hábitats con diferente grado de conservación en la Amazonia colombiana, y así responder a la pregunta de si el grado de conservación de los bosques en el Amazonas colombiano afectan la diversidad del género *Heliconius*? esto mediante la recolección de este género a lo largo de seis meses consecutivos en dos sitios de diferente grado de conservación. La comunidad del género *Heliconius* en esta zona está compuesta por 11 especies, de las cuales 9 fueron recolectadas en Leticia (sitio1 – menor grado de conservación) y 8 en Puerto Nariño (sitio2 – mayor grado de conservación). En el sitio2 no se encontraron dos subespecies de la especie *H. numata* ni la especie *H. hecale humboldti*. Si bien los sitios son significativamente diferentes en su estado de conservación, se puede decir que el sitio1 presenta una afectación del bosque intermedia, por tanto, se considera que los resultados de este trabajo en cuanto a un mayor número de individuos en el sitio más conservado, es una primera muestra de la afectación del grado de conservación del bosque en las poblaciones de mariposas y que el resultado de una diversidad mayor en el sitio1, se puede explicar en parte por la dificultad de captura en el sitio2 y por otra parte se debe considerar que este género se le ha visto en otros estudios ser más resistentes a la perturbación gracias a la plasticidad ecológica que presentan. © 2016. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

**Palabras clave:** *Heliconius*; Amazonas; Conservación; Diversidad.

## The *Heliconius* genus Kluk, 1708 in two different habitats degree of conservation in the Colombian Amazon and contributions to conservation

## Abstract

The objective of this study is to determine the species of the genus *Heliconius* in habitats with different degrees of conservation in the Colombian Amazon, and thus answer the question of whether does the degree of conservation of forests in the Colombian Amazon affect gender diversity *Heliconius*? this by collecting this genus over six consecutive months in two different sites degree of conservation. Genus *Heliconius* community in this area is composed of 11 species, of which 9 were collected in Leticia (Site1 - Low Degree of Conservation). And 8 in Puerto Nariño (Site2 - High Degree of Conservation). In Site 2 we did not find two subspecies of the species *H. numata* nor the species *H. hecale humboldti*. Although sites are significantly different in their conservation status, it can be said that the Site 1 has an affectation of intermediate forest, therefore, it is considered that the results of this work in terms of a greater number of individuals on the Site best preserved, is a first sign of involvement on the degree of forest conservation in butterfly populations and that the result of greater diversity in Site 1, can be explained in part by the difficulty of capturing the Site 2 and moreover should be considered that this genus has been seen in other studies to be more resistant to disturbance by presenting the ecological plasticity. © 2016. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

**Key words:** *Heliconius*; Amazonas; Conservation; diversity.

## Introducción

Son muchos los estudios que de este grupo se han hecho alrededor del mundo y se dice que es uno de los grupos mejor estudiados dentro de los artrópodos y que dentro del grupo de mariposas, el género *Heliconius*, es el más estudiado, ya que de él se posee buena información sobre su sistemática, comportamiento, biología de sus inmaduros, relaciones

plantas hospedera, coevolución, mimetismo, genética y algunos trabajos de ecología poblacional (Turner 1971, Ehrlich, P. & Gilbert, L., 1973, Cook, L., Thomason, E., & Young,

### \*Correspondencia:

Nicol Rueda-M, [nmruedam@gmail.com](mailto:nmruedam@gmail.com)

Recibido: 02 de junio de 2016

Aceptado: 25 de noviembre de 2016

A., 1976, Araujo, A.M., 1980, Mallet, J.L.B. & D.A. Jackson, 1980, Brown, K., 1981, Ehrlich, P., 1984, Mallet, J., 1986, Quintero, H. E., 1988, Mallet, J. & L. E. Gilbert., 1995, Jiggins, C.D., *et al.*, 2001). Sin embargo, no son tan abundantes los trabajos en el departamento del Amazonas en Colombia, ya que, dentro de los antecedentes revisados se encontró que de las especies del género *Heliconius* en esta zona del país se tienen reportes aislados de la presencia de especies y subespecies del género pero no se encontraron trabajos a largo término ni comparativos de presencia de especies en bosques con diferente grado de conservación.

Se hizo así pertinente llevar a cabo esta investigación buscando aportar al conocimiento de las mariposas, el cual comienza a verse afectado por las diferentes problemáticas ambientales, tanto así que a nivel mundial 724 son las mariposas que se encuentran registradas en la Lista Roja de IUCN (IUCN, 2016). En esta lista hay actualmente 10 especies de origen colombiano; lo cual nos indica que hace falta mucha más investigación sobre este grupo que no solo aportaría a su conservación sino también a muchos otros seres vivos al ser estas reconocidas como un grupo indicador ecológico valioso, por su abundancia, facilidad de encuentro y manejo en campo, por su estabilidad espacio – temporal y por qué se trata de un grupo taxonómicamente bien estudiado, así como, por ser sensibles a perturbaciones mínimas y presentar fidelidad ecológica (Andrade-C., M.G., 1998). Por estas razones, todos los estudios que se lleven a cabo con mariposas aportan no sólo a su conocimiento sino también al del hábitat en donde se encuentren y acerca de otros seres vivos con los que ellas tienen relaciones.

De esta manera, la presente investigación buscó aportar información sobre las especies del género *Heliconius* presentes en el Amazonas y las diferencias, si existen, entre las comunidades de mariposas de este género en cuanto a la presencia de sus especies en dos hábitats de diferente grado de conservación y así poder aportar a la conservación de las mariposas del Amazonas y en particular del género *Heliconius* que aunque es uno de los grupos taxonómicos mejor estudiados, no son la excepción a la falta de información tanto biológica como de dinámica de sus poblaciones. Es así como, este trabajo tuvo por objetivo determinar las especies del género *Heliconius* presentes en hábitats con diferente grado de conservación en los bosques lluviosos del sur del Amazonas colombiano, y así responder a la pregunta de si ¿el grado de conservación de los bosques en el Amazonas colombiano afectan la diversidad del género *Heliconius*? esto mediante la recolección de los individuos de este género a lo largo de seis meses consecutivos en dos hábitats de diferente grado de conservación. Al final se logró obtener la lista de las especies del género *Heliconius* que habitan en esta zona, una comparación de las especies entre los sitios y a partir de un análisis de los resultados se estableció una propuesta que contiene medidas de gestión, mejora y conservación de los hábitats en cuestión en función a este grupo de mariposas.

Este trabajo toma importancia si se tiene en cuenta que el género *Heliconius* presenta un amplio polimorfismo intra-específico en los caracteres de los patrones de color del ala principalmente a lo largo del Rio Amazonas, esto hace que en esta zona (Amazonas – colombiano) sea común encontrar una gran variedad de subespecies, resultante de la hibridación y otros procesos evolutivos, por lo que esta zona ha sido denominada como de contacto o sutura interracial. Así mismo, se considera que la mayoría de las subespecies de tierras bajas no representan especies incipientes, dado que hay una alta tasa de flujo de genes lo que conlleva a la no divergencia entre polimorfos locales y a la no diferenciación a nivel molecular, de esta manera, se considera que estas subespecies son relativamente jóvenes en relación a las subespecies distribuidos en el área Andina y que si bien se encuentra en un proceso de especiación parapátrica, esta es muy lenta debido a que el Amazonas presenta menos barreras de aislamiento debido a su menor diferencia en el hábitat (Rosser, N., *et al.*, 2012), concluyendo de esta manera que las subespecies de una misma especie en esta zona pertenecen a un solo taxón.

Por lo tanto, en este artículo se presentan las especies encontradas, así como, las subespecies o polimorfos de cada una de estas, y se aclara que el análisis de la cantidad de especies recolectados de las subespecies *H. erato reductimacula* y *H. erato lativitta*; *H. melpomene malleti* y *H. melpomene vicina* y *H. numata aurora*, *H. numata silvana* y *H. numata arcuella* son tomadas como un solo taxón denominados en este trabajo como *H. erato* spp?, *H. melpomene* spp? y *H. numata* spp? respectivamente, esto debido a lo mencionado en el párrafo anterior así como a la verificación que hizo en campo de la presencia de flujo de genes entre estas subespecies. Este nombre es asignado de esta manera, debido a que se decide no dar un nombre taxonómico definido a cada uno de estos grupos de subespecies de mariposas siendo consciente de que esto implicaría hacer un análisis fuera de los objetivos de este trabajo, que incluirían entre otras cosas, analizar el patrón de alas, las genitalias y los resultados moleculares, lo que permitiría decir si estos polimorfos pertenecen todos a una subespecie ya descrita dentro de *H. numata*; o a la descripción de una nueva subespecie o al de una nueva especie dentro del género *Heliconius*.

## Materiales y métodos

El muestreo fue llevado a cabo en dos áreas del sur del Departamento de Amazonas de Colombia. Las áreas de estudio fueron “sitio1” (S04°08′.050″ - W69°56′29.50″), en el municipio de Leticia y “sitio2” (S 03° 46′ 12.3″ - W 70° 20′ 23.3″) en el municipio de Puerto Nariño (Figura 1). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen-Geiger las áreas de muestreo son del tipo Af – Ecuatorial, esta zona de manera general se caracteriza por presentar lluvias repartidas a lo largo del año por lo que no hay una estación seca, ya que todos los meses superan los 60 mm, las

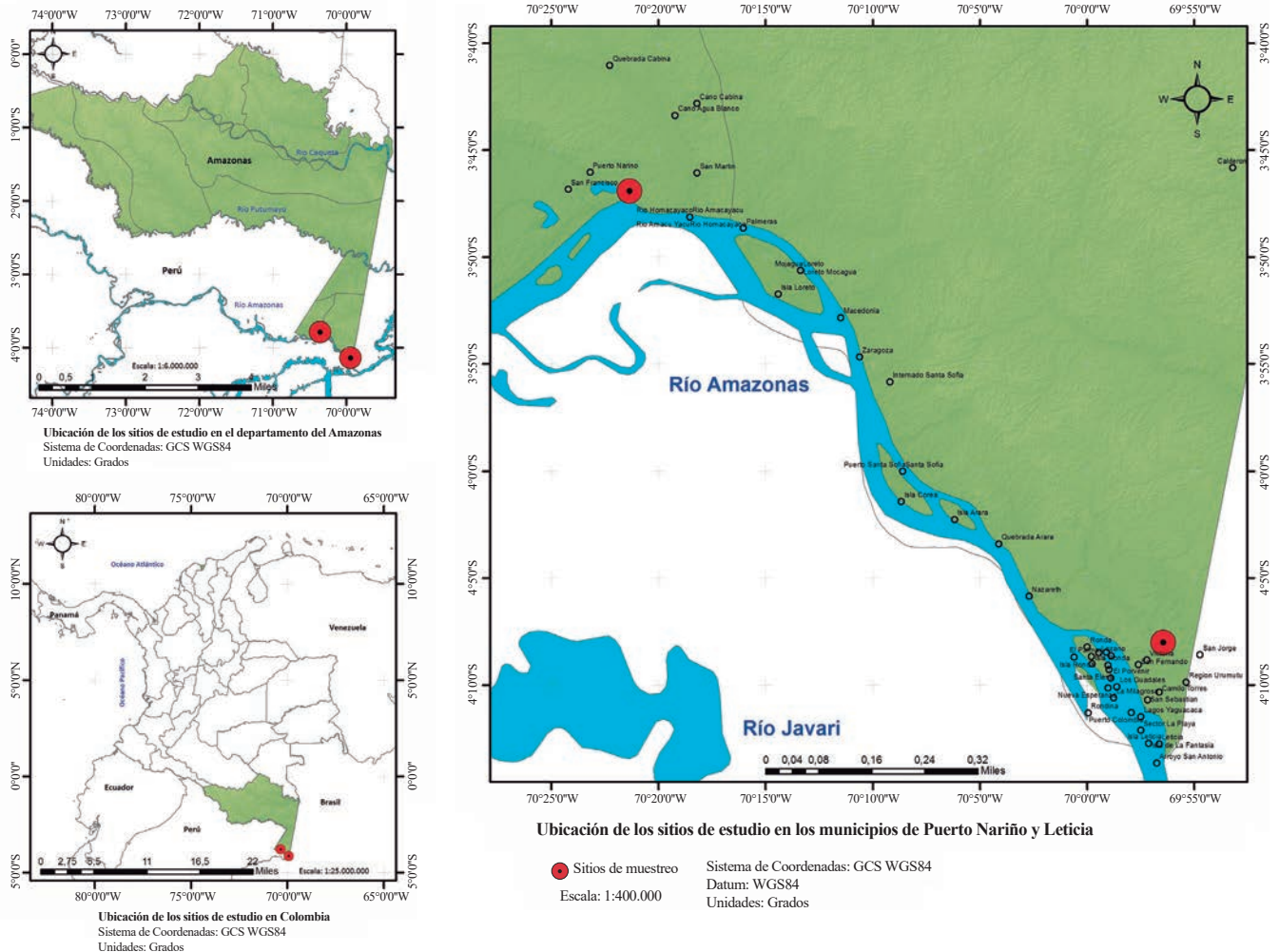


Figura 1. Departamento del Amazonas – Colombia y sitios de muestreo.

temperaturas son altas, las oscilaciones diarias mayores que las oscilaciones anuales, la radiación solar es muy intensa y en el ambiente está siempre saturado de humedad (Alcaraz, F., 2012). El sitio1 “con grado de conservación menor” está cercano a la carretera, a viviendas y cultivos, así mismo, se evidenció presencia de tala (por lo menos 10 claros por esta causa) y tumba de árboles para la construcción de caminos peatonales a través del bosque, por estas razones este es un bosque con árboles de baja altura en su mayoría y un dosel no tan cerrado, así como presenta una alta demanda de leña y madera; a diferencia del sitio2 “con grado de conservación mayor” que no se encuentra rodeado por ninguna de las anteriores, la única casa cercana al sitio se encuentra a aproximadamente 30 minutos caminando y aunque existe una trocha es delgada y poco transitada, además de no haberse encontrado presencia de tala en más de una ocasión, por tanto un bosque con una buena presencia de árboles altos y gruesos, así como un dosel bastante cerrado, dadas estas características este sitio tiene un bosque de referencia adecuado para la comparación.

Con el fin de conocer el grado de alteración de los bosques donde se realizaron los muestreos y verificar las diferencias en el estado de conservación se llevó a cabo en cada sitio de muestreo una caracterización de la estructura de la vegetación, que como su nombre lo indica, se fundamenta en el estudio de la estructura o arquitectura comunitaria, que está definida por el ordenamiento en sentido vertical y horizontal de sus componentes. En sentido vertical, el atributo que mejor refleja el aspecto, es la estratificación mientras que en sentido horizontal, aparecen la densidad, el área basal y la cobertura (Rangel-Ch, J.O & Velásquez, A, 1997). El análisis de la distribución de clases de las alturas, de los valores del DAP y de las coberturas, facilita la comprensión de la dinámica de la vegetación y se pueden interpretar si los sitios muestreados estaban conservados o con cierto grado de alteración (Rangel-Ch, J.O & Velásquez, A, 1997). De esta manera, los datos de campo que se utilizaron para la caracterización son: descripción general, Imagen satelital, densidad o número de individuos según la superficie de

muestreo, altura, CAP (Cintura a la altura del pecho) y se siguieron las recomendaciones estipuladas por **Rangel-Ch, J.O & Velásquez, A, 1997**.

Para conocer las especies del género *Heliconius* que se encuentran en las áreas de muestreo en los Municipios de Leticia y Puerto Nariño – Amazonas, se llevaron a cabo tres actividades, en primer lugar se hizo una revisión bibliográfica para conocer reportes de las especies de este género en estos sitios, posteriormente se realizaron visitas y revisión del género en las principales colecciones del país y finalmente se llevó a cabo una recolección permanente durante los meses de muestreo de las especies que iban apareciendo, los especímenes recolectados fueron montados y determinados en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia a partir de la Literatura, disección de genitales y asesoría de los expertos. La recolección se hizo por 48 días de 9:00am – 4:00 pm para cada sitio de muestreo durante seis meses consecutivos, posteriormente se analizaron los datos de captura diaria por especie, y así poder analizar las diferencias entre la cantidad de individuos por especie en cada sitio. Para realizar las comparaciones se llevaron a cabo análisis de contraste de homogeneidad para determinar si los sitios si son diferentes significativamente en cuanto a la conservación de su bosque y de la diversidad y cantidad de individuos del género *Heliconius*.

## Resultados

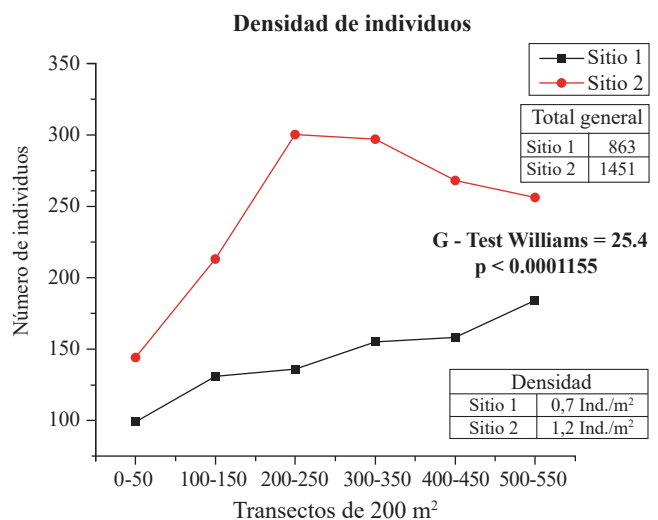
### Caracterización de la estructura de la vegetación

**Densidad de individuos.** En la figura 2 se puede observar que el sitio1 (con menor grado de conservación) presentó en todos los cuadrantes un menor número de individuos por metro cuadrado con respecto al sitio2; en general, en el primer sitio se contaron 842 individuos presentando así una densidad de 0,7 individuos por metro cuadrado. Para el sitio2 se presentó en todos los cuadrantes un mayor número de individuos por metro cuadrado de modo tal que presentó un total de 1.628 individuos y una densidad de 1,3 individuos por metro cuadrado, un 46,1 % más densidad que en el sitio1. Se llevó a cabo un contraste de homogeneidad por medio del Programa RWizard 1,1 (**Guisande, C. & et al., 2014**). Se tiene en cuenta el resultado del G Test Williams, el cual dio 25,42 y un  $p < 0,0001155$ ; por lo tanto, se rechaza la idea de que las muestras son homogéneas, es decir, existen diferencias significativas entre los dos sitios. Se puede decir que las diferencias entre los dos bosques se dan principalmente por el cuadrante N. 1, que en el caso del sitio1 es el más cercano a la carretera y a los sitios de vivienda y cultivos, lo que hace que hallan tan pocos individuos.

**Distribución por categorías CAP.** Para analizar la distribución de los individuos por categorías CAP, los resultados fueron agrupados en seis categorías: 1 - 10 cm, 11 – 20 cm, 21 – 30 cm, 31 – 40 cm, 41 – 50 cm, 51 – 160 cm. La tendencia general en los dos bosques es presentar mayor abundancia de individuos en la clase de menor diámetro, sus

valores de abundancia decrecen hacia las clases de mayor CAP de tal manera que para el sitio N. 1 el 82% de los Individuos tienen un CAP menor de 10 cm y para el sitio2 el 78% de los individuos presentan este valor de CAP. Al igual que en el análisis de la densidad el sitio2 presenta siempre un mayor número de individuos en todas las categorías, siendo más marcada la diferencia entre los dos sitios en la primera y dos últimas categorías donde la diferencia es muy amplia para el sitio2. De esta manera, el número total de individuos con un  $CAP \geq 10$  en todo el sitio1 fue de 154 y para el sitio2 de 345 (Figura 3). Los resultados de la prueba de contraste de homogeneidad muestran que los dos sitios son significativamente diferentes, el G Test Williams presenta un valor de 38,24 y un  $p < 3.368e-07$ , las diferencias están dadas principalmente por las dos últimas categorías, en los CAP de mayor amplitud, esto muy seguramente causado por la tala de árboles llevada a cabo en el sitio N. 1, donde muy pocos arboles alcanzan a completar CAP amplios.

**Distribución por categorías de estratos arbóreos.** No se diferencia un estrato arbóreo superior predominante en ninguno de los sitios (Figura 4), sin embargo, el sitio2 presenta un mayor número de individuos maduros con una altura mayor a 25 metros. El estrato arbustivo y subarboreo están muy bien representados en los dos sitios; en el sitio1 estos tienen una cobertura promedio del 88% y en el sitio2 una cobertura promedio de 84%, comparando con el estudio hecho por (**Cantillo, E. & Rangel-Ch, J.O, 2010**) se puede establecer que los sitios en estudio pertenecen a la unidad de clasificación geomorfológica de Lomerio descrita por ellos, en donde encontraron que en promedio estas áreas tienen un 86% de estrato arbóreo inferior (Arbustivo) porcentaje muy similar al encontrado en este trabajo. Como se evidencio en el parámetro de CAP el sitio2 gana mayor diferencia en las últimas categorías y también en este caso el motivo de ausencia de individuos del estrato arbóreo superior en el



**Figura 2.** Gráfica de densidad de individuos – vegetación.

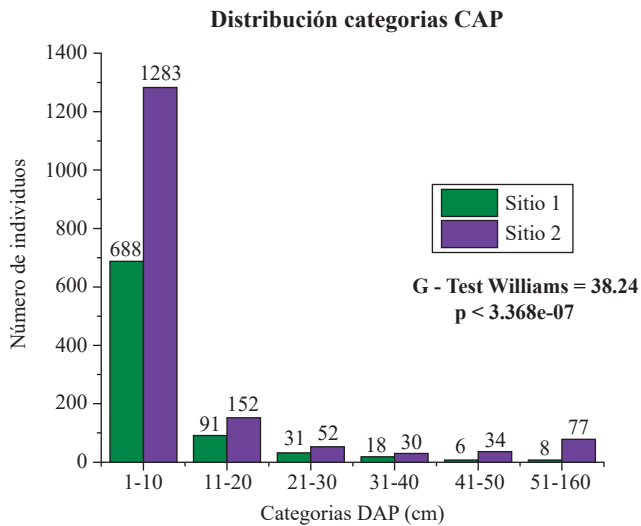


Figura 3. Gráfica de distribución categorías CAP - vegetación.

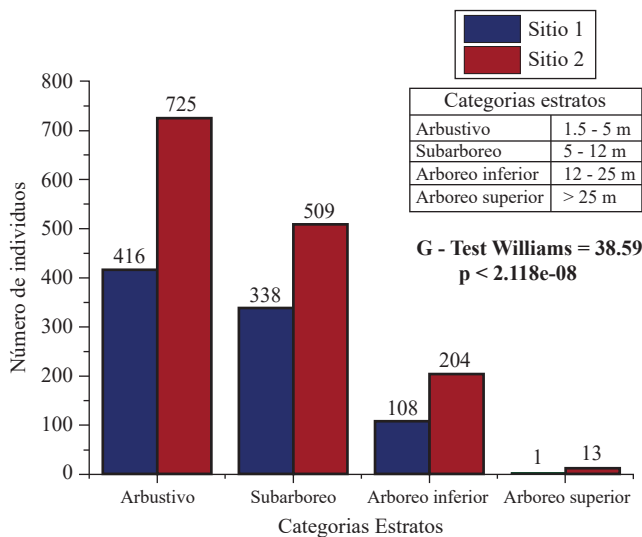


Figura 4. Gráfica de distribución en categorías de estratos - vegetación.

sitio1 está relacionado con la afectación antrópica a la que es expuesto. Al igual que en las categorías anteriores los sitios son significativamente diferentes en cuanto a la altura de sus árboles (Test de G:  $p < 2.118e-08$ ). Las categorías subarboreo y arbóreo superior son las que aportan más a la diferenciación de los sitios.

#### Comunidad de mariposas del género *Heliconius* de las áreas de estudio.

**Reportadas en la literatura.** Se llevó a cabo una búsqueda de información publicada sobre reportes de especies del género *Heliconius* encontradas en Colombia y particularmente en el Departamento del Amazonas, encontrando muy poca información publicada para este departamento, de modo tal, que este listado se hizo a partir de la revisión de los libros de mariposas “Butterflies of

America de D’Abrera Bernard, 1984 y “*Heliconius* and related genera. Lepidoptera: Nymphalidae. The genera Eueides, Neruda and *Heliconius*” de **Holzinger, H. & Holzinger, R.**, 1994, la página ilustrada de mariposas para América (<http://butterfliesofamerica.com/> de **(Warren, A. D, et al., 2013)**, un artículo sobre la lista de mariposas de Colombia “Biodiversidad de las mariposas (Lepidóptera: Rhopalocera) de Colombia” de **Andrade, M.G.**, 2002 (Ver Anexo 1, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSuppFile/382/1751>).

**Presentes en colecciones del país.** La tabla 1 presenta las especies encontradas en las colecciones revisadas: Instituto de Ciencias Naturales –ICN-, Universidad Nacional de Colombia –UNAL-, Instituto Alexander von Humboldt –IavH-, Universidad de los Andes, Colección Personal Jean F. Le Crom, Bogotá y Colección Universidad Nacional de Colombia – UNAL- Sede Medellín.

**Recolectadas durante el periodo de muestreo en las áreas de estudio.** La Figura 5 (sitio1) y la Figura 6 (sitio2) presentan las especies encontradas a lo largo de los seis meses de muestreo, en el sitio1 con menor grado de conservación se encontraron 9 especies y 14 subespecies y en sitio2 con Mayor grado de Conservación se encontraron 8 especies y 11 subespecies. Las especies que están encerradas en un cuadro rojo en el sitio1 son las especies que se recolectaron solo para ese sitio y las que están dentro de un cuadro azul son las que se recolectaron en una sola ocasión; así mismo, las especies que están en cuadro rojo en el sitio2 son las que están ausentes para este sitio y las que están en azul nuevamente son las que se recolectaron en una sola ocasión.

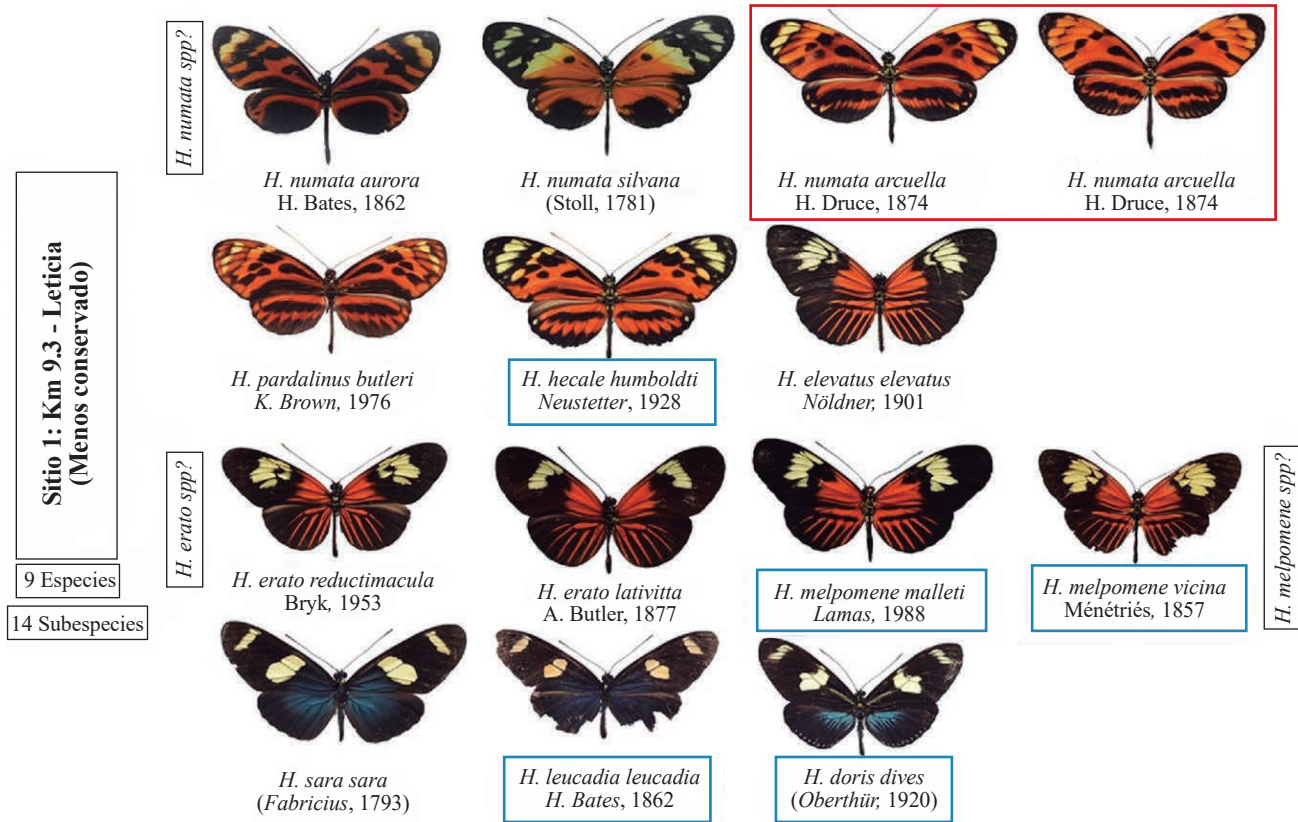
La tabla 2 muestra el resumen de las especies encontradas, como es posible evidenciar en estos resultados se puede ver que hay especies y/o subespecies que no se encontraron en algunas de las tres actividades. Todas están presentes en la Literatura, no fue recolectada para los dos sitios la subespecie *H. antiochus antiochus*, la subespecie *H. wallacei flavescens* fue recolectada a 11 Km del sitio1 y en ninguna ocasión para el sitio2, las subespecies *H. numata arcuella* y *H. hecale humboldti* no fueron encontradas en el sitio2.

Para los dos sitios el número de días de muestreo fue de 48 y el promedio de individuos capturados por día para el sitio1 es de 4.8 con una desviación estándar (SD) de 2.21 y para el sitio2 de 4.7 con una desviación estándar (SD) es de 2.17, con tres de días de  $n = 1$  ( $n = \#$  de capturas) para el sitio1 y cuatro días de  $n = 1$  para el sitio2, este sitio presenta una media mayor de 4.5 que en el sitio1 (4.0).

En la Figura 7, se observan los resultados del número de individuos capturados en cada uno de los sitios, en estas podemos observar como para el sitio1 se realizaron un 22.7% más de capturas que en el sitio2 (Barra morada), aportada esta diferencia principalmente por las especies *H. numata* spp? y *H. sara*, las cuales si se encontraron en el sitio2 pero en una proporción considerablemente más baja. El resultado en cuanto a la especie *H. numata* concuerda

**Tabla 1.** Especies y subespecies del género *Heliconius* presentes en las colecciones del país.

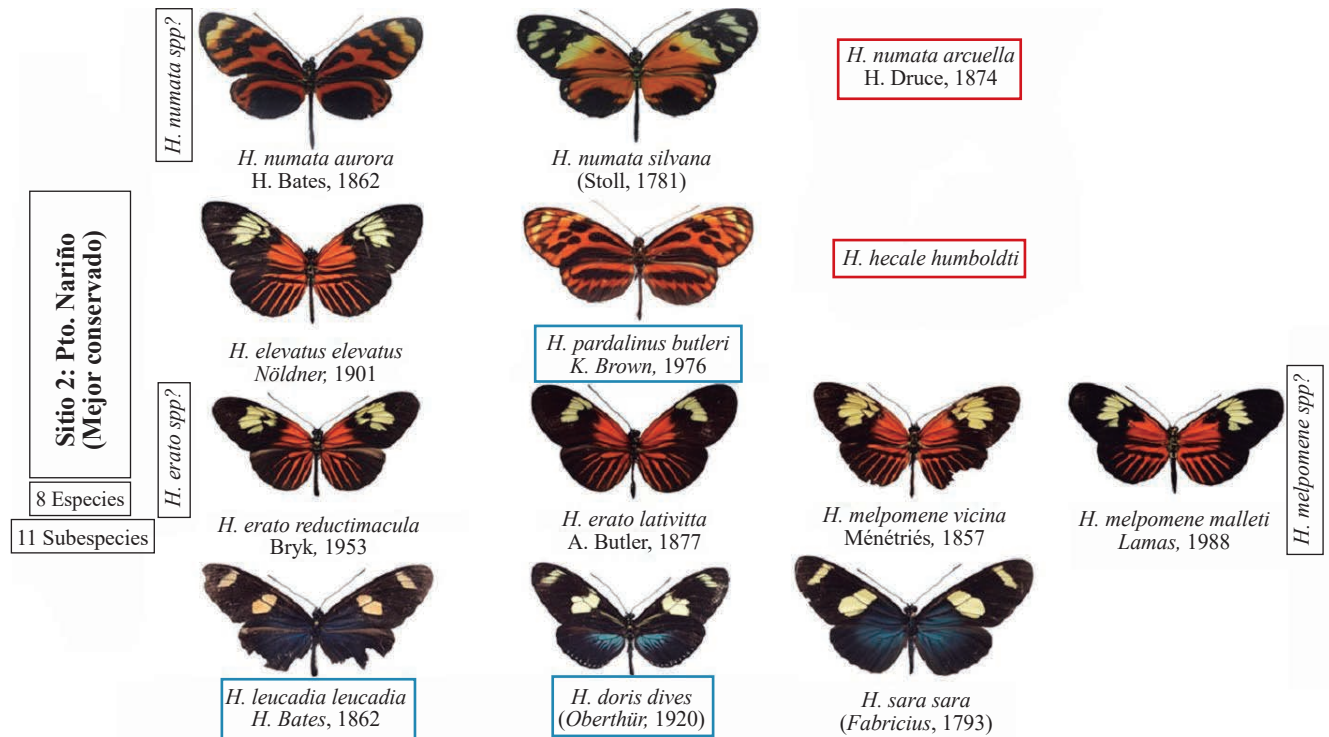
Especie / Subespecie	Instituto de Ciencias Naturales – ICN- UNAL	Universidad Nacional de Colombia sede de Medellín	Instituto Von Humboldt	Colección privada Jean Francois Le Crom
<i>H. leucadia leucadia</i>	X		X	
<i>H. doris dives</i>	X		X	
<i>H. antiochus antiochus</i>	X		X	
<i>H. wallacei flavescens</i>	X	X		X
<i>H. sara sara</i>	X	X	X	
<i>H. erato reductimacula</i>	X		X	X
<i>H. erato lativitta</i>	X		X	X
<i>H. numata aurora</i>		X	X	X
<i>H. numata silvana</i>	X	X	X	
<i>H. melpomene malleti</i>		X	X	X
<i>H. melpomene vicina</i>	X		X	X
<i>H. elevatus elevatus</i>	X		X	X
<i>H. pardalinus butleri</i>	X		X	X
<i>H. hecale humboldti</i>			X	X



**Figura 5.** Especies y subespecies del género *Heliconius* recolectadas en el sitio 1, km 9.3 - Leticia.

con lo encontrado en otros estudios como por ejemplo en el de **Joron, M., 2005**, donde se afirma que esta especie se encuentra en una amplia diversidad de hábitats pero que son más comunes en Bosques Secundarios altos, como el del sitio1. Por otra parte, la especie *H. pardalinus butleri* no fue encontrada en el sitio2 y si en el sitio1 en muy baja cantidad y la especie *H. melpomene* fue encontrada en mayor cantidad

en el sitio2 y una sola vez para el sitio1. En el análisis de contraste de Homogeneidad, se puede ver que el valor del G Test Williams es igual a 49.93;  $p < 1.434e-09$ , por lo que se puede decir que en cuanto al número de marcados los dos sitios son significativamente diferentes y además la gráfica nos muestra que esta diferencia es aportada principalmente por las especies *H. melpomene* spp? y *H. sara*.



**Figura 6.** Especies y subespecies del género *Heliconius* recolectadas en el sitio 2 Puerto Nariño.

**Tabla 2.** Resumen de las especies del género *Heliconius* en el Amazonas Colombiano.

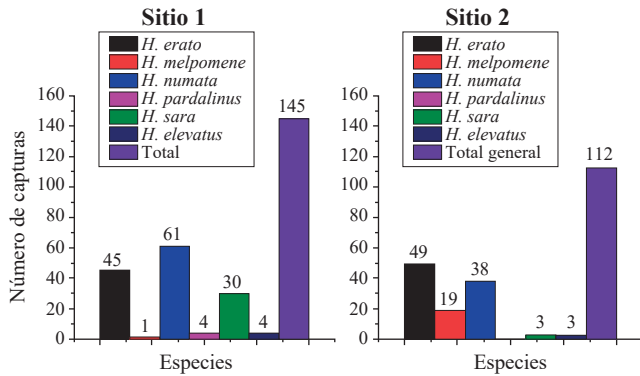
Taxa	Literatura	Colecciones	Recolectada	
			Sitio 1	Sitio2
<i>H. leucadia leucadia</i>	X	X	X	X
<i>H. doris dives</i>	X	X	X	X
<i>H. antiochus antiochus</i>	X	X	-	-
<i>H. wallacei flavescens</i>	X	X	X*	-
<i>H. sara sara</i>	X	X	X	X
<i>H. erato reductimacula</i>	X	X	X	X
<i>H. erato lativitta</i>	X	X	X	X
<i>H. numata aurora</i>	X	X	X	X
<i>H. numata silvana</i>	X	X	X	X
<i>H. numata arcuella</i>	X		X	-
<i>H. numata arcuella</i>	X		X	-
<i>H. melpomene malleti</i>	X	X	X	X
<i>H. melpomene vicina</i>	X	X	X	X
<i>H. elevatus elevatus</i>	X	X	X	X
<i>H. pardalinus butleri</i>	X	X	X	X
<i>H. hecale humboldti</i>	X	X	X	-

\*A 11 Km del sitio de muestreo en dirección hacia el Río Amazonas.

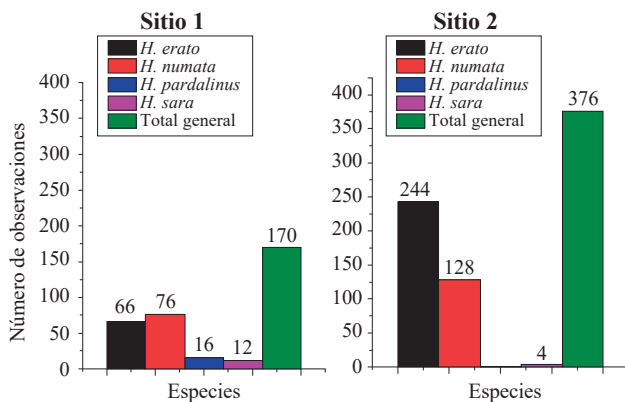
Durante el proceso de muestreo se notó que era muy difícil la captura de los individuos debido a que estas presentan en una buena proporción del día una altura de vuelo mayor a 6 metros y solo bajan a los claros del bosque en los momentos del día en el que la temperatura asciende

considerablemente; por esta razón se decidió que era pertinente realizar un conteo visual que permitiera tener una mejor idea de la comunidad de mariposas de este género. De esta manera, en la Figura 8 se muestran dos gráficas de la cantidad de observaciones en total y por especie en cada uno de los sitios. Es posible evidenciar, que para el sitio2 (Derecha) se hicieron más del doble de observaciones en el total general y esta diferencia se da principalmente por una cantidad mucho mayor de individuos de las especies *H. numata* spp? y *H. erato* spp?, así mismo como en los resultados de capturas las especies *H. sara* y *H. pardalinus* no fueron observadas en el sitio2. El contraste de homogeneidad del número de observaciones nos confirma entonces que los dos sitios son significativamente diferentes en cuanto al número de individuos observados, este análisis muestra un valor en el G Test Williams igual a 67,03 ; p = 1.843e-14. Del mismo modo, las especies que aportan principalmente a esta diferencia son *H. sara* y *H. pardalinus* con un mayor número de observaciones para el sitio1 y *H. erato* spp? para el sitio2.

Se obtuvieron además de las especies y subespecies de *Heliconius* antes descritas un número de mariposas y polillas que presentan una morfología similar a las mismas, las cuales son llamadas especies miméticas, estas se mencionan a continuación ya que este conocimiento ha sido de gran importancia desde el tiempo de Darwin y Bates y permitió el desarrollo del concepto original de mimetismo, en el cual estas mariposas juegan un rol fundamental como modelos no palatables y ellos han permanecido como centro en el



**Figura 7.** Número de marcajes por especie en el sitio 1 (menor estado de conservación) y en el sitio 2 (mayor estado de conservación).



**Figura 8.** Número de observaciones por especie en el sitio 1 (menor estado de conservación) y en el sitio 2 (mayor estado de conservación).

desarrollo de la teoría y la evolución de la no palatabilidad (Poulton, 1887; Itringham, 1916; Fisher, 1930; Turner, 1965, 1970, 1976, 1983; Benson, 1971; Brown, Sheppard & Turner, 1974; Sheppard, *et al.*, 1985; Chai, 1990; Mallet & Singer, 1987; Mallet, 1993; Mallet & Gilbert, 1995; Brower, 1996. En: Penz, C., 1999), es así como este conocimiento se hace pertinente ya que evidencia la importancia de la conservación de este grupo como individuos involucrados en una variedad de procesos no solo ecológicos sino también evolutivos. En el Anexo 2, <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/download/SuppFile/382/1752>, se muestran las especies miméticas del género *Heliconius* en las áreas de muestreo, se identificaron especies de la subfamilia Ithomiinae, del género *Neruda* de la subfamilia Heliconiinae y dos especies de polillas de la Subfamilia Arctiinae; la especie que más miméticos presenta es la especie *H. numata*, esta no solo presenta apariencias fenotípicas muy diferentes en el mismo sitio sino que también presenta convergencia mimética local casi perfecta con otras especies, cada uno de los diferentes morfos es un preciso mimético de una especie diferente

del Género *Melinaea* (Joron Mathieu, *et al.*, 2006), en la figura se muestran dos de los pares miméticos de las tres formas de *H. numata* encontradas, así como también, se muestra la especie de polilla *Chetone histrio* Boisduval, 1870, que también la mimetiza; posteriormente, se muestra la especie mimética de *H. pardalinius* que pertenece al mimo género *Melinaea*; la siguiente especie dentro de *Heliconius* que presenta varios miméticos es *H. erato*, en primer lugar está la especie *Neruda aeode* y luego la especie de polilla *Chetone phyleis* (Druce, 1885).

## Discusión

A partir del estudio de la estructura de la vegetación de los dos bosques en estudio, se confirmó por medio de los análisis de contraste de homogeneidad que los dos sitios son significativamente diferentes en el grado de conservación de los bosques, que el sitio2 presenta un grado de conservación mayor y que la degradación a la que está siendo sujeto el sitio1 ha alterado la disponibilidad de las fuentes de alimentos de néctar y de las plantas hospederas de estas especies de mariposas, por un lado, ha favorecido el crecimiento de las pasifloras en el borde del bosque, ya que las semillas de estas plantas pueden germinar solo en áreas abiertas donde el suelo está expuesto a la luz (Gilbert, L., 1982), y por otro lado, la cercanía a las casas ha hecho que haya una mayor oferta de polen fuera del bosque, lo que justifica en gran parte que la mayoría de la captura de individuos haya sido en el borde del sitio teniendo en cuenta que el recurso de polen en *Heliconius* parece ejercer más grande influencia en los patrones de movimiento de los adultos que incluso lo que hace el recurso larval (Ehrlich & Gilbert, 1973. En: Gilbert, L., 1984).

En cuanto a la diversidad de especies del género *Heliconius* en los dos sitios, la diferencia fue a favor del sitio1 ya que en este sitio se capturó una especie más (*Heliconius hecale*) y dos subespecies más de *H. numata*; en el primer caso, es importante, tener en cuenta que subespecie *H. hecale humboldti* si ha sido reportada para el sitio2 en la colección de J.F. Le crom en el año 1998 en un mes diferente al de los muestreos (julio), por lo que si debe estar allí y su ausencia deberse a la temporada climática en la que se hizo el muestreo.

La ausencia de las subespecies *H. numata arcuella* en el sitio2 puede deberse a que esta especie es comúnmente habitante de bosques secundarios (Joron Mathieu, *et al.*, 2006) como el bosque del sitio1 y a que esta especie es generalista en el uso de su planta hospedera, ya que se le vio ovipositar en cuatro pasifloras (*P. edulis*, *P. cuadrangulares*, *P. vitifolia* y *P. ligularis*), así mismo, estas pasifloras germinan y crecen solamente en áreas con disturbio tales como en árboles caídos, derrumbes y bancos de semillas (Mallet, J., 1986) por lo que es mayor la densidad de este recurso en comunidades simples como en el sitio1 que en agregaciones vegetales más complejas como el sitio2. Esta subespecie es registrada por primera vez en el país y confirma el



polimorfismo intraespecífico que este grupo presenta (**Bates**, 1862; **Eltringham**, 1916; **Turner**, 1976; **Brown**, 1979. En: **Brower, A.**, 2011).

Por otra parte, en el caso de la subespecie de *H. antiochus antiochus*, la cual no fue recolectado en los dos sitios, es reportada en la colección del ICN- UNAL para las comunidades de Nazareth, Arara y Macedonia y en la colección del IAvH para Leticia. Lo que permite inferir que la subespecie debe estar para los dos sitios y en la misma temporada climática, dado que las fechas de recolecta coinciden con la fecha de muestreo, de tal manera, que la razón por la que no se capturo en ninguno de los dos sitios debe obedecer más a la baja probabilidad de captura que puede ser por un comportamiento de vuelo restringido al dosel del bosque o a áreas abiertas, así como también puede deberse a un número bajo de individuos en sus poblaciones. Esto mismo sucede para la subespecie *H. wallacei flavescens*, la cual fue reportada en la Colección del ICN-UNAL para la vereda de Nazareth y en el Hotel On vacation cerca a la Ciudad de Leticia, en la colección de la UNAL- Sede Medellín para Leticia y en la colección de J.F. Le crom para el Municipio de Puerto Nariño, por lo tanto, se puede inferir que esta debe estar en los dos sitios de muestreo y en la misma temporada climática.

En cuanto al número de individuos capturados se muestra que los sitios son significativamente diferentes y que el sitio1 en general presenta un 22.7% más de capturas que el sitio2, sin embargo, es importante señalar que esto nos necesariamente indica que haya mayor cantidad de individuos en el sitio1 que en el sitio2 sino que es el resultado del efecto de muestreo, ya que, el bosque de este último sitio al ser más cerrado y más alto no permitió la captura de más cantidad de individuos, esto es corroborado con los resultados del conteo visual, el cuál fue mucho más alto en el sitio2.

Se hace necesario mencionar que en cuanto a las capturas, hubo especies que fueron capturadas en una sola ocasión durante los siete meses de muestreo en las mismas áreas de estudio o por fuera de ellas como *H. antiochus antiochus*, *H. wallacei flavescens*, *H. doris dives*, *H. hecale humboldti* y *H. leucadia leucadia*; muestreos anteriores a este, en otras épocas y otros sitios han permitido ver que en general estas especies se ven de manera muy poco frecuente; con respecto a esto, **Pollard y Yates**, 1993 (En: **Gaskin, D.**, 1995) notaron que algunas especies pueden ser subcontadas en muestreos de transectos, esto debido a que algunas especies pueden presentar concentraciones en colonias locales y éstas son perdidas en el muestreo, o a que las especies estén grandemente restringidas al dosel y fuera de vista de los observadores, o que sean de baja visibilidad por su coloración criptica, o que tengan un comportamiento o vuelo en márgenes sombreadas o a que realmente sean raras como una función propia de poblaciones pequeñas. El inconveniente es que determinar si un taxón es verdaderamente raro puede ser difícil y solo los estudios de campo a largo término son la única manera

de resolver muchos de estos enigmas (**Gaskin, D.**, 1995). En el caso de que una especie presente características de una especie rara no se debe asumir inmediatamente que es un efecto de actividades antropogénicas, ya que algunas poblaciones pueden sostenerse en bajas densidades por limitación de recursos, predadores, parásitos o enfermedades; sin embargo, la investigación debe ser de alta prioridad ya que cuando las distribuciones son claramente localizadas y las densidades poblacionales bajas no son balanceadas por alta movilidad además de la especieser “rara” puede también ser “vulnerable” (**Gaskin, D.**, 1995). De modo tal, que es importante priorizar nuevas investigaciones sobre estas especies que permitan conocer el motivo de su baja captura.

Finalmente, no es sorpresa del todo que la diferencia en cuanto a la diversidad de las especies de este género entre los dos sitios haya favorecido al sitio1, ya que como han mencionado otros autores, como **Hornor, M., Daily, G., Ehrlich, P., Boggs, C.**, (2003), se ha encontrado que los bordes entre bosques y áreas abiertas algunas veces tienen riquezas de especies relativamente altas, esto posiblemente dado por la presencia de viviendas y áreas de agricultura cercanas a los bosques que tienen una alta importancia en recursos como las plantas hospederas, frutas en descomposición, flores con néctar y polen para las mariposas, por lo que podría también tener un efecto indirecto en la diversidad de las mariposas alrededor del bosque, este fenómeno es conocido como efecto de borde. Por otro lado, **Ehrlich, P.**, (1984) concluye que uno de los factores que más influyen la estructura de una población es la distribución y abundancia de los recursos nutricionales, los cuales dependen completamente del grado de conservación del bosque en general, y en el caso particular de los *Heliconius* observados en este trabajo se comprueba que los individuos se mueven entre los recursos de las larvas y de los adultos, los cuales están separados, siendo estos factores determinantes en su desplazamiento.

Así es importante notar que la afectación de los problemas ambientales actuales sobre las poblaciones de mariposas depende en gran parte del nivel de los mismos, dado que se ha visto que a niveles intermedios (Fragmentación) puede introducir recursos favorables para las poblaciones; así mismo, es importante tener en cuenta que la afectación es diferencial con respecto al grupo de mariposas en particular, en el caso de *Heliconius*, la plasticidad ecológica que presenta le permite a varias de sus especies (*H. numata*) responder favorablemente al disturbio intermedio, como el caso de la especie *H. numata*, la cual en el sitio1 se vio favorecida, presentando subespecies diferentes y mayor cantidad de individuos, esto puede deberse a que esta especie es comúnmente habitante de bosques secundarios (**Joron Mathieu, et al.**, 2006) y/o al favorecimiento también de los recursos propios de esta especie, como su planta hospedera, lo que ha sido generado por la alteración a la dinámica natural del bosque. Esto también podría deberse a que esta especie presenta la habilidad de usar un gran rango de recursos de adultos y de larvas, cambiando de

comportamiento y preferencias de acuerdo al ambiente, lo que es conocido como plasticidad ecológica, esto visto para *H. erato phyllis* por Ramos, R. & Freitas, A., 1999 y contrario a lo manifestado por estos autores para *H. numata* spp?, los cuales encontraron que en su áreas de estudio esta especie estaría restringida a sectores limitados de hábitats de bosque.

## Conclusiones

Si bien los sitios son significativamente diferentes en su estado de conservación, se puede decir que el sitio1 presenta una afectación del bosque que se considera en un grado no tan alto como podría llegar a ser en el futuro, por tanto, se considera que los resultados de este trabajo en cuanto a un mayor número de individuos en el sitio más conservado, es una primera muestra de la afectación del grado de conservación en las poblaciones de mariposas y que el resultado de una diversidad mayor en el sitio1, se puede explicar en parte por la dificultad de captura en el sitio2 y por otra parte se debe considerar que este género en particular se le ha visto en otros estudios ser más resistentes al disturbio gracias a la plasticidad ecológica que muchas de sus especies muestran, por tanto, es importante no hacer generalizaciones al resto de especies de las mariposas ni en todos los sitios, y llevar a cabo más investigaciones que permitan resolver preguntas como: ¿Con el avance de la alteración de los bosques se espera que también avancen las alteraciones en las poblaciones de mariposas? ¿Si esto sucede en este grupo de mariposas que podría estar sucediendo con otros grupos? ¿Podrían algunos de estos grupos ser más vulnerables a la disminución de su hábitat? ¿Qué está pasando con especies como *H. leucadia leucadia* que en siete meses solo fue capturada en tres ocasiones para los dos sitios? ¿Es pertinente esperar a que las poblaciones de mariposas se vean realmente amenazadas para intervenir como en muchas otras ocasiones se ha hecho con otros seres vivos? ¿Qué acciones o medidas se pueden adelantar que permitan la conservación de los bosques del Amazonas colombiano y por ende de los seres vivos que habitan en ellos?

Finalmente, se considera que el Amazonas es un área de suma importancia para la conservación, no solo por los servicios ambientales que presta sino que también tiene un valor intrínseco al ser un ecosistema que alberga una gran variedad de formas de vida, como el género *Heliconius*, al ser una zona de contacto con presencia de una gran variedad de polimorfos locales con hibridación intraespecífica, de tal manera que es un banco genético, con gran cantidad de datos ecológicos y evolutivos y que el país debe poner mayor interés y recursos económicos a las estrategias ya establecidas y debe gestionar medidas de uso y conservación como: reducir la pérdida de hábitat, fomentar programas de investigación, fomentar las instituciones tanto públicas como privadas envueltas en la conservación y manejo de los bosques y la biodiversidad aumentar el control y la protección de los seres vivos ante el comercio y la explotación ilegal.

## Información suplementaria

**Anexo 1.** Especies del género *Heliconius* reportados en la literatura. Vea el anexo 1 en: <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/download/SuppFile/382/1751>

**Anexo 2.** Especies miméticas del género *Heliconius* halladas en los sitios de muestreo en el Amazonas Colombiano. Vea el anexo 2 en: <http://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/download/SuppFile/382/1752>

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia y al Instituto de Ciencias Naturales por los espacios y tiempos brindados, a la Fundación Omacha por el apoyo logístico en el Municipio de Puerto Nariño, a la Empresa Mariposas del Amazonas por su apoyo logístico en el Municipio de Leticia y a la Secretaria de Educación del Distrito de Bogotá por la Comisión de Estudios brindada a la estudiante. Al Profesor André Lucci Freitas por sus aportes y enseñanzas.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

## Referencias

- Alcaraz, F. (2012). *Geobotánica, Tema 22. Selvas ecuatoriales y tropicales*. Universidad de Murcia, España. Recuperado de: <http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema22.pdf>
- Andrade, M.G. (2002). Biodiversidad de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) de Colombia. *Monografías Tercer Milenio*. 2: 153-172.
- Andrade-C., M.G. (1998). Utilización de las Mariposas como bioindicadores del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Revista de la Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 22 (84): 407-421.
- Araujo, A.M. (1980). Estudios genéticos e ecológicos em *Heliconius erato* (Lepidoptera, Nymphalidae). *Actas IV Congr. Latinoam. Genética*. 2: 199-206.
- Brower, A. (2011). Hybrid speciation in *Heliconius* butterflies? A review and critique of the evidence. *Genetica*. 139: 589-609. <http://doi.org/10.1007/s10709-010-9530-4>
- Brown, K. (1981). The biology of *Heliconius* and related genera. *Annual review entomology*. 26: 427-456.
- Cantillo, E., & Rangel-Ch, J.O. (2010). La estructura y la riqueza en los bosques del Amazonas colombiano. En: *Colombia Diversidad Biótica VII* (Vol. VII). Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá D.C.
- Cook, L., Thomason, E., & Young, A. (1976). Population structure, dynamics and dispersal of the tropical butterfly *Heliconius charitonius*. *Journal of animal ecology*. 45 (3): 851-863.

- D'Abbrera Bernard.** (1984). *Butterflies of the Neotropical Region. Parte II: Danaidae, Ithomiidae, Heliconidae & Morphidae.* (Vol. 2). Hill House.
- Ehrlich, P.** (1984). The structure and dynamics of butterflies populations. En *The biology of butterflies* (pp. 25-40). Florida: The Royal Entomological Society. Academic press.
- Ehrlich, P., & Gilbert, L.** (1973). Population structure and dynamics of the Tropical Butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica*, **5** (2): 69-82.
- Gaskin, D.** (1995). Butterfly conservation programs must be based appropriate ecological information. *Proceedings of the entomological society of Ontario*, **126**: 15-27.
- Gilbert, L.** (1982). The Coevolution of a Butterfly and a Vine, *Scientific American, INC*, **247** (8): 110-121.
- Gilbert, L.** (1984). The biology of butterflies communities. En *The biology of butterflies* (pp. 41-54). Florida: The Royal Entomological Society. Academic press.
- Guisande, C., & et al.** (2014). *RWizard Software*. Universidad de Vigo. España. Recuperado a partir de <http://www.ipez.es/RWizard>.
- Holzinger, H., & Holzinger, R.** (1994). *Heliconius and related genera. Lepidoptera: Nymphalidae. The genera Eueides, Neruda and Heliconius.* (Sciences Nat ed.). Francia: Sciences Nat.
- Horner, M., Daily, G., Ehrlich, P., Boggs, C.** (2003). Countryside Biogeography of Tropical Butterflies. *Conservation Biology*, **17** (1): 168-177.
- IUCN.** (2016). IUCN Red List. Recuperado a partir de <http://www.iucnredlist.org/>
- Jiggins, C.D., M. Linares, R. E. Naisbit, C. Salazar, Z. H. Yang, & J. Mallet.** (2001). Sex-linked hybrid sterility in a butterfly. *Evolution*, **55**: 1631-1638.
- Joron, M.** (2005). Polymorphic mimicry, microhabitat use, and sex-specific behaviour. *Journal of evolutionary Biology*, **18**: 547-556. <http://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2005.00880.x>
- Joron Mathieu, Papa Riccardo, Beltran Margarita, Chamberlain Nicola, Maravéz Jesus, Baxter Simon, ... Jiggins C.** (2006). A Conserved Supergene Locus Controls Colour Pattern Diversity in *Heliconius* Butterflies. *PLoS Biology*, **4** (10): 1831-1840. <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040303>
- Mallet, J.** (1986). Dispersal and gene flow in a butterfly with home range behaviour: *Heliconius erato* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Oecología*, **68**: 210-217.
- Mallet, J., & L. E. Gilbert.** (1995). Why are there so many mimicry rings? Correlations between habitat, behaviour and mimicry in *Heliconius* butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, **55**: 159-180.
- Mallet, J.L.B., & D.A. Jackson.** (1980). The ecology and social behavior of the Neotropical butterfly *Heliconius xanthocles* Bates in Colombia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **70**: 1-13.
- Penz, C.** (1999). Higher level phylogeny for the passion-vine butterflies (Nymphalidae, Heliconiinae) based on early stage and adult morphology. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **127**: 277-344. <http://doi.org/1998.0187>
- Quintero, H. E.** (1988). Population dynamics of the butterfly *Heliconius charitonius* L. in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, **24**: 155-160.
- Ramos, R., & Freitas, A.** (1999). Population biology and wing color variation in *Heliconius erato phyllis* (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterists Society*, **53** (1): 11-21.
- Rangel-Ch, J.O., & Velásquez, A.** (1997). Metodos de estudio de la Vegetación. En *Colombia. Diversidad Biotica II. Tipos de vegetación en Colombia.* (Vol. II, p. 436). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC. U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Rosser, N., Phillimore, A., Huertas, B., Willmott, K., & Mallet, J.** (2012). Testing historical explanations for gradients in species richness in heliconiine butterflies of tropical America. *Biological Journal of the Linnean Society*, **105**: 479-497.
- Warren, A. D, K. J. Davis, E. M. Stangeland, J. P. Pelham, & N. V. Grishin.** (2013). *Illustrated Lists of American Butterflies*. Recuperado a partir de <http://www.butterfliesofamerica.com>