

## Diversidad en formícidos y plantas vasculares en el Parque Nacional Yasuní, Ecuador

**Carolina Reyes-Puig<sup>1,2,3</sup> & Gorki Ríos-Alvear<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad. Calle Rumipamba 341 y Av. De Los Shyris. Casilla Postal 17-07-8976, Quito, Ecuador. E-mail: carolina.reyes@ambiente.gob.ec

<sup>2</sup>Maestría en Biología de la Conservación, Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Apartado 17-01-2154, Quito, Ecuador.

<sup>3</sup>Departamento de Ambiente de la Fundación Oscar Efrén Reyes. Calle 12 de Noviembre 270 y Luis A. Martínez, Baños, Tungurahua, Ecuador

---

### RESUMEN

Se analizó la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de dos grupos taxonómicos abundantes y fáciles de coleccionar en el Parque Nacional Yasuní: Plantas vasculares y hormigas, con la finalidad de determinar similitudes y diferencias entre diversidad y abundancia de especies. Se utilizaron metodologías específicas para cada taxón. Para la colecta e identificación de hormigas se seleccionaron cuatro localidades, en cada una se establecieron 20 puntos de muestreo utilizando trampas de cebo. Para la identificación de plantas vasculares se establecieron 8 transectos lineales en Bosque de tierra firme (BTF) y 8 en várzea (VZ). Para la diversidad  $\alpha$  se utilizaron los índices de: Margalef, Menhinick, Simpson, Shannon - Wiener. Para la diversidad  $\beta$  se utilizaron índices de similitud de Jaccard, índices de Sorensen y Magurran. Se registraron 72 especies de hormigas, siendo Myrmicinae y Formicinae las subfamilias más frecuentes. El índice de diversidad  $\beta$ , demostró que existe heterogeneidad en la composición de especies de cada localidad. Se registraron 146 especies de plantas en BTF y 88 en várzea VZ. Según el índice de Shannon - Wiener existe mayor diversidad en BTF, no obstante la composición de especies entre VZ y BTF es heterogénea. Los resultados obtenidos revelan la gran diversidad albergada en el Parque Nacional Yasuní, así como la importancia de su conservación.

**Palabras clave.-** Bosque de tierra firme, Formicidae, plantas vasculares, biodiversidad.

### ABSTRACT

We analyze  $\alpha$  and  $\beta$  diversity of two abundant and easy to collect taxonomic groups in the Yasuní National Park: vascular plants and ants, in order to determine similarities and differences between species diversity and

abundance. Different methodologies were used for each taxon. For the collection and identification of ants four study sites were chosen, 20 sampling points were established using bait stations in each. For the identification of vascular plants 8 linear transects in forest land (BTF) and 8 in floodplain (VZ) were established. For  $\alpha$  diversity indices Margalef, Menhinick, Simpson, Shannon - Wiener were used. For  $\beta$  diversity Jaccard similarity index, indices of Sorensen and Magurran were used. Overall 72 ant species were recorded, with Myrmicinae and Formicinae as more frequently subfamilies. Analysis of  $\beta$  diversity index showed that there is heterogeneity in species composition of each locality. 146 plant species in BTF and 88 species in VZ were recorded. According to the Shannon - Wiener there is greater diversity in BTF, however species composition between VZ and BTF is heterogeneous. These results, obtained in a few days sampling, reveal the diversity housed in the Yasuní National Park and the importance of its conservation.

**Key words.-** Forest land, Formicidae, vascular plants, biodiversity.

ISSN 1390-3004

Recibido: 5-08-2015

Aceptado: 31-08-2015

## INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Yasuní (PNY) tiene alrededor de 982 000 ha (RO, 1992) y es considerado Reserva Mundial de Biosfera (UNESCO, 2001), está ubicado en el noreste del Ecuador entre las provincias de Francisco de Orellana y Pastaza y está compuesto por dos unidades de manejo: El PNY propiamente dicho y La Reserva étnica Huaorani (RO, 1992; Albacete *et al.*, 2004). Es albergue de un número considerable de especies endémicas regionales y comprende una extensa área de bosque húmedo tropical amazónico, debido a sus características de endemismo y extraordinaria biodiversidad, el parque ha sido calificado como Refugio del Pleistoceno, además, es un área rica en diversidad cultural, pues se encuentran varios grupos étnicos asentados dentro de esta zona (Albuja *et al.*, 1988; Mendoza, 2007).

El Yasuní protege un gran número de especies amenazadas y endémicas, un ejemplo de esto es la presencia de 220 a 720 plantas endémicas, según lo planteado por Bass y colaboradores en el 2010. Algunos estudios han sugerido que el Yasuní es uno de los lugares más biodiversos en el planeta, con *récorde*s aparentes en especies de algunos vertebrados (anfibios, aves, mamíferos) y plantas vasculares, el Yasuní cuadruplica la riqueza de especies del resto de la Amazonía occidental, alcanzando una diversidad máxima (Bass *et al.*, 2010). Tanto es así que el Plan de Manejo del Parque Nacional Yasuní menciona como prueba de esta gigantesca diversidad un estimado de 1 576 especies de plantas en 107 familias, cuenta con una amplia extensión de bosque de tierra firme y zonas inundadas en forma permanente o temporal, ríos y lagunas o humedales (Jorgenson & Rodríguez, 2001).

El PNY enfrenta serios problemas para conservar su integridad ecológica debido a la permanente presencia humana en sus ecosistemas y a la

extracción de crudo que en ellos se realiza, los principales factores que amenazan la diversidad del parque son la cacería, pesca, tráfico de fauna silvestre, actividades agrícolas, extracción de recursos no renovables, apertura de carreteras, colonización y fragmentación de hábitats (Albacete *et al.*, 2004). Durante los últimos años se han extraído grandes cantidades de crudo, actividad que genera problemas ecológicos y ambientales, aparentemente inadvertidos, pero muy perjudiciales para la naturaleza y los seres humanos (Mendoza, 2007).

Los estudios de diversidad reflejan el estado de composición de ecosistemas y permiten identificar áreas prioritarias para la conservación, los mismos que, en el Yasuní, se han enfocado principalmente en anfibios, reptiles, mamíferos, aves y plantas vasculares (Bass *et al.*, 2010). La megadiversidad en el PNY es solo comparable con otros bosques amazónicos o los de Malasia insular, donde también se han registrado concentraciones altas en la riqueza de especies (Valencia, 2013). La inmensa concentración de especies observadas en el PNY ( $\bar{x}$ = 650 especies vegetales/ha.) origina una compleja red de interacciones que sostiene a decenas de miles de otras especies (insectos, otros animales y plantas); en un solo árbol, Terry Erwin ha estimado que pueden existir más de mil especies de insectos (Valencia, 2013).

La alta diversidad, así como la facilidad de muestra y de colecta de plantas y hormigas (Forgarait, 1998; Valencia *et al.*, 2001; Valencia *et al.*, 2004) permite que estos taxones hayan sido seleccionados para el desarrollo de este estudio. Las hormigas han existido en el planeta hace ya más de 100 millones de años, además sus formas primitivas no difieren mucho de las modernas, lo que expresa un modelo de supervivencia bastante estable. Las hormigas se han convertido en un grupo de insectos sumamente exitoso y esto se ve reflejado en su propagación en la mayoría de ecosistemas terrestres, sobre todo en los tropicales (Fernández, 2003). Los diferentes niveles de intervención dentro del ecosistema, revelan la gran importancia ecológica de las hormigas (Majer, 1983), representan un porcentaje muy alto de la biomasa, abundancia y riqueza de especies (Forgarait, 1998), son fáciles de muestrear por lo que han sido usadas como indicadores ecológicos y de biodiversidad en sistemas naturales y perturbados (Lobry de Bryun, 1999). En lo que se refiere a las hormigas en la cuenca amazónica occidental se han registrado especies endémicas como: *Anochetus*, *Apterostigma*, *Basiceros*, *Dolichoderus*, *Megalomyrmex*, *Odontomachus*, *Pseudomyrmex* y *Stegomyrmex* (Fernandez, 2003).

El bosque del PNY se caracteriza por una alta diversidad local de plantas leñosas, que contrasta con una diversidad regional y aparentemente baja (Valencia *et al.*, 2001). Svenning (1999) y Valencia *et al.* (2001) identifican, cada uno, una alta diversidad de especies de plantas en el bosque húmedo de la Amazonía del Ecuador y determinan como los géneros más abundantes a: *Maticia*, *Rinorea*, *Iriartea* y *Eschweilera*. La diversidad  $\alpha$  de los bosques tropicales ha sido altamente documentada, mientras que la diversidad  $\beta$  varía

con las distancias entre las parcelas de estudio, por lo que ésta se estima cuantitativamente (Condit *et al.*, 2002).

Tomando en cuenta estos antecedentes este estudio pretendió determinar la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de las especies vegetales, y la diversidad  $\beta$  de las especies de hormigas presentes en las áreas cercanas la Estación Científica Yasuní (ECY), los resultados obtenidos fueron comparados para determinar semejanzas y diferencias en diversidad y abundancia de especies.

## METODOLOGÍA

*Área de estudio.*- ECY pertenece a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, está ubicada en la Provincia de Orellana, a la ribera del río Tiputini, con las coordenadas 76° 24' 1,8'' E; 0° 40' 16,7'' S, se encuentra dentro del PNY y se sitúa dentro del campo petrolero "Bloque 16" de Repsol YPF (ECY, 2013; Repsol, 2013). El PNY tiene una extensión de un millón de hectáreas aproximadamente, consta en el Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental, como Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray, su bioclima es pluvial, su ombrotipo es húmedo y pertenece al piso bioclimático de tierras bajas (170 - 350 m s.n.m.) (MAE, 2013); tiene una precipitación media mensual de 235 mm, una temperatura ambiental de entre 22 y 32 °C y una humedad ambiental entre el 56 % y 96 % (Valencia *et al.*, 2004).

**Tabla 1.** Puntos de muestreo de formicidos

Localidad	Día	Caracterización	Punto de muestreo
Casa	1	Construcciones de cemento	Exteriores de las edificaciones, interior de baños, dormitorios, pasillos, gradas y cocina
Oleoducto	1	Vegetación herbácea	Km 7, dentro de los 5 metros del derecho de vía
Bosque	1 - 2	Bosque secundario de tierra firme y colinado	Senderos Ceiba, Coca y Botánico
Carretera	1 - 2	Vegetación herbácea	Borde de carretera km 3, 5, 7, 9
Jardines	2	Vegetación intervenida, bosque secundario y potreros	Muelle, margen de río y alrededor de la ECY

*Trampeo y colección de hormigas.*- Se seleccionaron cinco localidades: Carretera, Oleoducto, Bosque, Casa y Jardines (Tabla 1). En las tres primeras localidades se establecieron 2 transectos de 200 metros en cada una, disponiéndose 10 cebos de atún en un cuadrante de papel de aproximadamente 10 cm<sup>2</sup>, separados unos de otros por 20 metros en cada transecto. En las localidades Casa y Jardines, las trampas fueron ubicadas en las inmediaciones de las instalaciones y áreas verdes respectivamente. Cada trampa estuvo activa por veinte minutos aproximadamente. Se realizaron tres recorridos por cada

trampa y se colectó un individuo de cada morfo especie presente dentro de cada una, para luego depositarlos en viales que contenían alcohol al 70 %. El trabajo de campo se realizó durante dos días y fue ejecutado por grupos de tres personas (Tabla 1).

*Fase de laboratorio.*- Después de la colecta en el campo, se procedió a la identificación de hormigas en el laboratorio, para la determinación de subfamilias se utilizó un estéreo microscopio que permitió definir las principales características morfométricas y anatómicas de los formícidos. La identificación taxonómica se realizó con la ayuda de un entomólogo experto (D.D.).

*Análisis de datos.*- Los análisis realizados para la diversidad de plantas fueron índices de diversidad  $\alpha$  y  $\beta$ , mientras que para calcular la diversidad de hormigas, se calcularon sólo índices de diversidad  $\beta$  ya que en este componente se hace imposible obtener datos de abundancia, pues los formícidos viven en sociedad y una colonia actúa como un solo organismo (Donoso com. pers.).

- Diversidad  $\alpha$ .- Para estos análisis se tomaron en cuenta algunos criterios para la determinación de los índices a utilizar en el presente estudio.

*Criterio de Riqueza de especies*

- Índice de diversidad de Margalef ( $D_{Mg}$ ).- Este índice supone una relación entre el número de especies y el número total de individuos (Álvarez *et al.*, 2006).
- Índice de diversidad de Menhinick ( $D_{MU}$ ).- Se basa en el número total de especies y el número total de individuos (Vásquez-García, 2008).

*Criterio de Heterogeneidad*

- Índice de diversidad de Simpson (D).- Este índice identifica la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar sean de la misma especie (Álvarez *et al.*, 2006).
- Índice de diversidad de Shannon - Wiener ( $H'$ ).- Este índice calcula el grado de incertidumbre existente para predecir que un individuo extraído al azar de una comunidad es de determinada especie (Álvarez *et al.*, 2006).
- Diversidad  $\beta$ .- Para calcular la similitud entre dos localidades se utilizaron índices cuantitativos y cualitativos de diversidad  $\beta$ .

*Índices Cualitativos*

- Índice de Jaccard (Cj).- Este índice calcula las diferencias en la presencia o ausencia de especies (Álvarez *et al.*, 2006).
- Índice de Sorensen (Is).- Este índice mide la relación entre el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en las dos localidades (Álvarez *et al.*, 2006).
- Índice de Magurrán.- El valor de la diversidad  $\beta$  aumenta en este índice, cuando el número de especies también aumenta en los dos sitios (Álvarez *et al.*, 2006).

*Índice Cuantitativo*

- Índice cuantitativo de Sorensen.- Este índice no se relaciona con las especies sino con sus abundancias (Álvarez *et al.*, 2006).

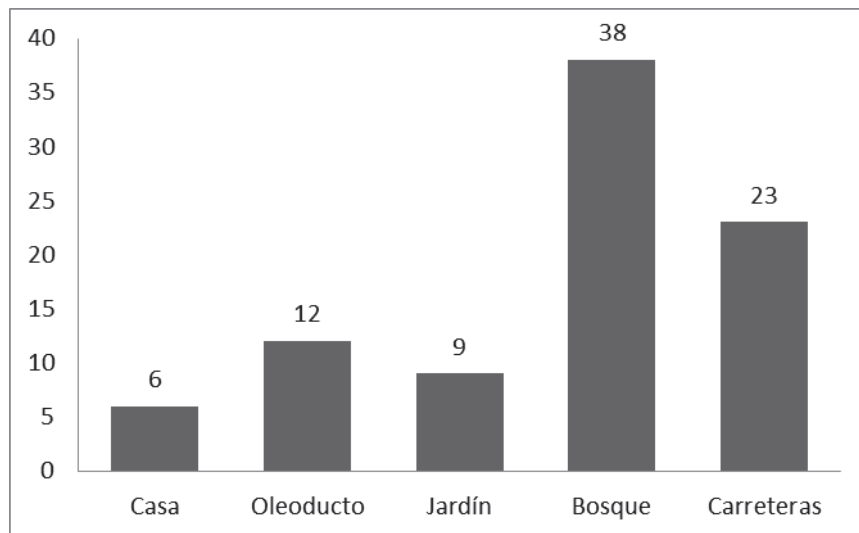
El cálculo de todos los índices fue realizado en matrices específicas en Excel en donde se ingresó la respectiva fórmula de cada índice de diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  (Tabla 1).

- Índice de valor de importancia  
Para estimar el aporte o significación ecológica y el dominio florístico de cada especie vegetal en la comunidad, se determinó el índice de valor de importancia (IVI).

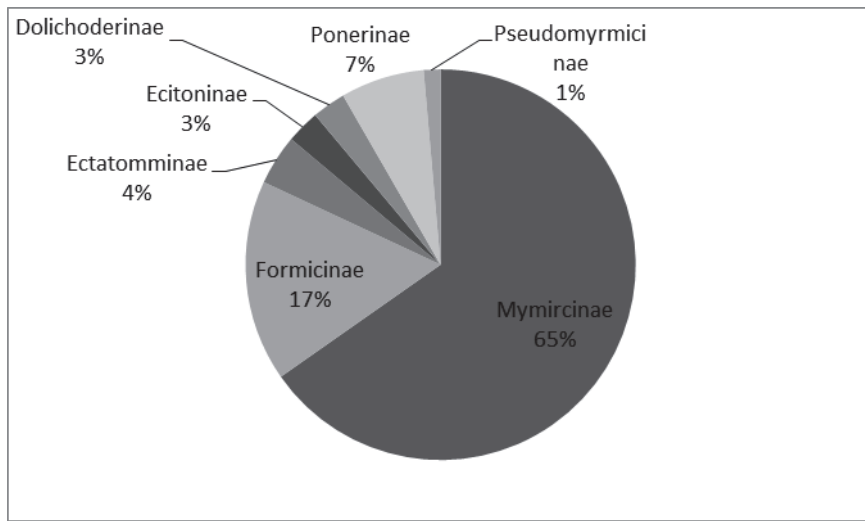
Para evaluar las diferencias estadísticas de la riqueza de plantas entre las localidades de muestreo, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que permite identificar diferencias en la riqueza de especies (Esparza-León y Amat-García, 2007). En el caso de los formicidos, se realizó un análisis de conglomerados para evidenciar el porcentaje de similitud en la composición de especies entre localidades de muestreo.

## RESULTADOS

*Formicidos.-* Se registraron un total de 72 especies de hormigas en toda el área de estudio (Anexo 1), la zona con mayor riqueza fue la ubicada en el bosque, seguida de la zona de carreteras (Fig. 1), además, las subfamilias que presentaron mayor frecuencia fueron Myrmicinae y Formicinae (Fig. 2).



**Figura 1.** Riqueza de especies de hormigas en el área de estudio.



**Figura 2.** Subfamilias de formícidos registradas en la ECY.

Se realizaron un total de ocho comparaciones entre las zonas específicas de colecta de hormigas, para así obtener el análisis de diversidad  $\beta$ , con lo cual se obtuvo que la composición de especies en cada zona de colecta fue heterogénea. Las localidades con el valor más alto de similitud según los índices de Jaccard y Sorensen fueron: Oleoducto/jardín y Bosque/carretera y según el índice de Magurran las localidades con mayor diferenciación por número de especies fueron: Bosque/carretera Oleoducto/carretera (Tabla 2.), adicionalmente, conforme al análisis de conglomerados, la zona Casa fue la localidad más diferenciada con respecto a las demás zonas de muestreo. En general se observó amplia heterogeneidad entre las zonas muestrales, así, las relaciones de similitud entre áreas no superó el 12% (Fig. 3).

**Tabla 2.** Índices de diversidad  $\beta$  en las localidades de colecta de hormigas

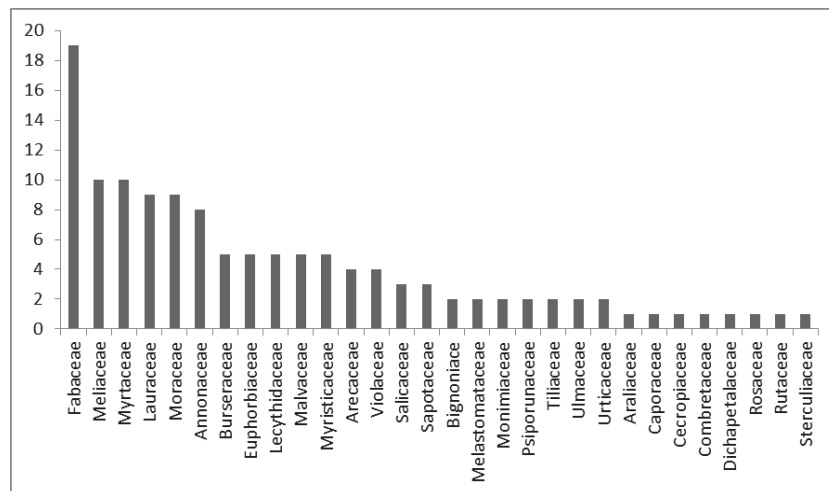
Localidades	Índice Jaccard	Índice Sorensen (cualitativo)	Índice de Magurran
Casa/Jardín	0,0714	0,1333	13,9286
Casa/carretera	0,0357	0,0690	27,9643
Oleoducto/carretera	0,0606	0,1143	32,8788
Oleoducto/bosque	0,0204	0,0400	48,9796
Oleoducto/jardín	0,1053	0,1905	18,7895
Jardín/bosque	0,0444	0,0851	44,9111
Jardín/carretera	0,0323	0,0625	30,9677
Bosque/carretera	0,1091	0,1967	54,3455





**Figura 3.** Análisis de conglomerados Formicidos: Especie/localidad

*Plantas vasculares.*- Se registraron un total de 146 especies de plantas para la zona de BTF y 84 especies para la zona de VZ, con una abundancia de 301 y 188 individuos respectivamente; la familia en BTF que presentó mayor abundancia fue Fabaceae, seguida de Meliaceae y Myrtaceae (Fig. 4) y en el caso de VZ las familias más abundantes fueron Fabaceae, Rubiaceae y Moraceae (Fig. 5). Las especies más abundantes en BTF fueron *Rinorea lindeniana* y *Marmaroxylon basijugum* y en VZ fueron *Quararibea guianensis*, *Nea popular* e *Inga alata*.



**Figura 4.** Familias registradas en BTF.

Según el índice de Simpson la localidad con una mayor probabilidad de que dos especies aleatorias sean de la misma especie fue VZ y, según el índice de Shannon-Wiener, la localidad que presenta mayor incertidumbre para la identificación de especies fue BTF; sin embargo, la similitud en composición de especies fue de entre el 12 y 20 % entre las dos formaciones vegetales, resultando ser localidades heterogéneas (Tabla 3), así lo confirma la prueba de Kruskal-Wallis ( $p= 0,003$ ), donde se evidencian diferencias altamente



significativas de riqueza entre los dos tipos de bosque. Las especies con mayor importancia ecológica dentro de la comunidad florística, según el índice de valor de importancia (IVI) fueron *Virola surinamensis* (36,92) y *Genipa americana* (16,69) distribuidas en VZ y *Rinorea lindeniana* (14,54) para BTF.

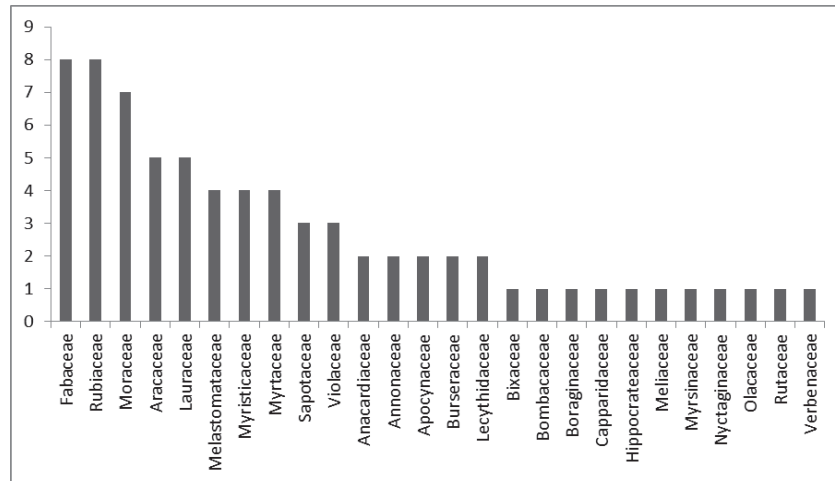


Figura 5. Familias registradas en VZ.

Tabla 3. Diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de las zonas de Tierra firme y Várzea

Diversidad $\alpha$		Diversidad $\alpha$		Diversidad $\beta$	
BTF		VZ		BTF/VZ	
<b>Margalef</b>	25,406904	<b>Margalef</b>	15,850457	<b>Jaccard</b>	0,127451
<b>Menhinick</b>	8,4153001	<b>Menhinick</b>	6,1263296	<b>Sorensen cualitativo</b>	0,226087
<b>Simpson</b>	0,01862	<b>Simpson</b>	0,024841	<b>Magurran</b>	200,68627
<b>Shannon - Wiener</b>	4,56349	<b>Shannon - Wiener</b>	4,071565	<b>Sorensen cuantitativo</b>	0,2290389

## DISCUSIÓN

*Formícidos*.- En todo el estudio se registraron setenta y dos especies de hormigas, tomando en cuenta diferentes localidades y puntos de muestreo, en la Amazonía brasileña al muestrear 2 880 m<sup>2</sup> y 3 706 ramas arbustivas se hallaron setenta especies de formícidos (Carvalho & Vasconcelos, 2002), esto permite dar una perspectiva de la gran diversidad en el PNY, ya que en tan sólo dos días de muestreo se documentó una cifra similar de especies en las cercanías de la ECY. Las localidades con mayor riqueza en especies de hormigas fueron el bosque y la carretera, si consideramos que la carretera está ubicada en el bosque, la similitud entre las dos localidades es casi obvia y la reducción en la riqueza de carretera se da por la presencia de un efecto de borde generado por la misma (López-Barrera, 2004). Los hábitats de bosques

tropicales parecen ser especialmente ricos en hormigas (Benson & Harada, 1988), como se evidencia en esta investigación y si se considera que el bosque tropical amazónico es el segundo lugar con mayor número de géneros de formicidos (39 % del total mundial) y con el mayor número de géneros endémicos (19 %) (Lattke, 1994), la importancia de la conservación de los bosques tropicales y toda la entomofauna es una prioridad.

Las localidades que presentaron menor riqueza fueron casa y jardín, las dos ubicadas en las inmediaciones de la ECY, especies como *Linepithema humile*, *Pachycondyla apicalis*, *Tapinoma melanocephala* y *Tetramorium bicarinatum*, son dominantes, invasivas y algunas exóticas cuya presencia se relaciona con actividades antropogénicas (Oliveira & Holldobler, 1990; Human & Gordon, 1996; Acurio *et al.*, 2010) lo cual podría explicar la mayor diferenciación de especies presentes en la localidad casa (Fig. 3). Las subfamilias que presentaron mayor frecuencia en todas las áreas de estudio fueron Myrmicinae, Formicinae y Ponerinae, en estudios realizados en la Amazonía de América del Sur se han registrado a estas tres subfamilias como las de mayor abundancia y dominancia en los ecosistemas tropicales, así como también a los géneros *Pheidole*, *Solenopsis* y *Crematogaster* (Benson & Harada, 1988; Majer & Delabie 1994; Carvalho & Vasconcelos, 2002).

Las dos localidades con mayor riqueza de especies y las dos localidades con menor riqueza permiten entender los análisis de diversidad  $\beta$ , aunque todas las localidades fueron heterogéneas, Bosque /Carretera y Casa/Jardín tuvieron mayor similitud entre sí, en el primer caso por pertenecer a un ecosistema boscoso y en el segundo a un ambiente intervenido; la diversidad que se registra en la zona de bosque tropical puede darse porque los ecosistemas tropicales tienen una mayor diversidad de hormigas comparado con bosques subtropicales y templados (Majer & Delabie 1994; Benson & Harada 1988) y la diversidad en las inmediaciones de la ECY se puede explicar por la presencia de especies invasivas íntimamente ligadas a actividades antropogénicas (Oliveira & Holldobler, 1990; Human & Gordon, 1996; Acurio *et al.*, 2010).

*Plantas vasculares.*- Se registraron un total doscientas treinta especies de plantas, con alturas entre los dos y treinta y cinco metros, la mayor riqueza estuvo representada por la localidad de BTF seguida por de VZ, este resultado se asemeja a lo evidenciado por Valencia y colaboradores (2004) donde se identifican 1 104 especies de plantas en una parcela de 25 ha en áreas cercanas a la ECY. La localidad BTF es más rica que VZ, este resultado es muy similar al de Valencia *et al.* (2001) en el que se registra un 52,1 % de individuos pertenecientes a tierra firme y se afirma que ciertas parcelas de plano inundable tienden a tener menos individuos que las de tierra firme.

En toda el área de estudio, tanto en BTF como en VZ, las familias más abundantes y representativas fueron Fabaceae, Meliaceae, Myrtaceae, y Rubiaceae y Moraceae, además, las especies dentro de estas familias con

mayor abundancia fueron *Rinorea lindeniana*, *Marmaroxylon basijugum*, *Quararibea guianensis*, *Nea popular* e *Inga alata*, estas familias y especies son características de los bosques tropicales y presentan una amplia distribución y especiación en estos ecosistemas (Sierra, 1999; Pitman 2000; Valencia *et al.* 2004; MAE, 2013).

El Bosque Tropical del PNY, es uno de los más diversos, junto con el de Lambir registran la más alta diversidad de árboles hasta ahora registrada (LaFrankie *et al.*, 2006), además, es albergue de un número considerable de especies endémicas regionales, aproximadamente de 220 a 720 plantas vasculares. Los índices de diversidad  $\alpha$  y los criterios en los que se fundamentan, indican que la comunidad es tan diversa que no permite extraer dos individuos de la misma especie (Jost & González-Oreja, 2012). Los análisis de la diversidad  $\beta$  nos indican que las localidades BTF y VZ fueron heterogéneas y no alcanzaron un alto grado de similitud, característica debida a la diferenciación por hábitats, ecosistemas y la vegetación propia de cada zona (Sierra, 1999; Pitman, 2000; Valencia *et al.* 2004; MAE, 2013). Según el índice de valor de importancia (IVI), las especies con mayor relevancia ecológica fueron *Virola surinamensis*, *Genipa americana* y *Rinorea lindeniana*, estas especies al presentar mayor densidad de madera crecen a menor velocidad que especies de madera más liviana, interviniendo en la captación de mayor cantidad de carbono para el tamaño del vástago (Enquist *et al.*, 1999).

El presente estudio es un ensayo sobre la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de dos componentes, los índices para diversidad  $\alpha$ : Simpson, Shannon-Winner, Margalef y Menhinick; permiten calcular la diversidad de una forma matemática evidenciando la complejidad de un conjunto de especies, este tipo de medidas suelen añadir como estructura de las comunidades: la riqueza y la abundancia relativa de especies, representan la complejidad biológica de un sistema pero no la diversidad, sin embargo con ellos se puede facilitar la interpretación de dicha diversidad (Pla & Matteucci, 2001; Jost & González-Oreja, 2012). Los problemas presentados por las malas interpretaciones de estos índices se hacen más evidentes en áreas con alta biodiversidad como en América Latina, ya que la proposición de estos índices fue realizada por ecólogos en latitudes templadas, regiones menos diversas que el Neotrópico. El principal inconveniente para la interpretación de los índices mencionados anteriormente, es su dependencia del tamaño de número de elementos considerados en (n); es decir, que la probabilidad de una estimación adecuada de la realidad subyacente a la valoración es baja, incrementándose a medida que (n) aumenta (Saiz, 1980; Jost & González-Oreja, 2012).

Para tener una visión más completa y real de la diversidad en una comunidad, es aconsejable la transformación de los Índices de Shannon-Wiener y Simpson a su exponencial e inverso respectivamente; el uso e interpretación correcta de los índices de diversidad y el conocimiento de la distribución de la biodiversidad y de las áreas de concentración de las

especies endémicas es fundamental para llegar a una estrategia para el uso sustentable y conservación de la biodiversidad del país (Squeo *et al.*, 1998; Jost & González-Oreja, 2012).

## AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento a Estefanía Sánchez, Consuelo Torres, Eriza Vinueza y Rubén Vinueza por su importante apoyo en la fase de campo. Además, agradecemos a Álvaro Pérez y David Donoso por su significativa ayuda con la identificación de plantas vasculares y hormigas.

## REFERENCIAS

- Albuja, L., N. Gallo, C. Cerón-M & P. Mena-V.** 1988. *Prospección del recurso flora y fauna del Parque Nacional Yasuní.* Informe Inédito. 60 pp.
- Acurio, A., V. Rafael & D. Olivier.** 2010. Biological invasions in the Amazon Tropical rain forest: The case of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in Ecuador, South America. *Biotropica* 42(6): 717-723.
- Albacete, C., P. Espinosa & W. Prado.** 2004. *Rapid Evaluation of the Gran Yasuní Napo. Parks Watch, Strengthening Parks to the Safeguard Biodiversity,* Pp26.
- Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A. Umaña & E. Villareal.** 2006. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa Inventarios de Biodiversidad Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (GEMA). Bogotá - Colombia.
- Arroyo, M., P. Rayen & J. Sarukhan.** 1992. *Biodiversity Science for Environment into the 21st Century:* 205-219.
- Baraloto, C., C.E.T. Paine, S. Patino, D. Bonal, B. Herault & J. Chave.** 2009. Functional trait variation and sampling strategies in species-rich plant communities. *Functional Ecology* 24: 208-216.
- Bass, M., M. Finer, C.N. Jenkins, H. Kreft, D. Cisneros-Heredia, S. McCracken, N. Pitman, P. English, K. Swing, G. Villa, A. Di Fiore, C. Voigt & T. H. Kunz.** Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní. *PLOS ONE* 5(1): 1-22.
- Benson, W.W. & A.Y. Harada.** 1988. Local diversity of tropical ant faunas (Hymenoptera, Formicidae). *Acta Amazonica* 18(3-4): 275-289.
- Carvalho, K. & H. Vasconcelos.** 2002. Comunidade de formigas que nidificam em pequenos galhos da serrapilheira em floresta da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 46 (2):115-121.
- Condit, R., N. Pitman, E. Leigh, J. Chave, J. Terborgh, R. Foster, P. Núñez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H. Muller-Landau, E. Losos, S. Hubbell.** 2002. Beta-Diversity in Tropical Forest Trees. *Science* 295: 666.

- Enquist B.J., G.B. West, E.L. Charnov & J.H. Brown.** 1999. Allometric scaling of production and life-history variation in vascular plants. *Nature* 401: 907-911.
- Esparza-León, A. & G. Amat-García.** 2007. Composición y riqueza de escarabajos coprófagos (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) en un gradiente altitudinal de la selva húmeda tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo-Barí (Norte de Santander), Colombia. *Actu Biol* 29(87): 187-198.
- Estación Científica Yasuní, ECY.** 2013. *Estación Científica Yasuní*. Web site: [www.yasuni.ec](http://www.yasuni.ec). Consultado: 2014
- Fernández F. (ed.).** 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p.
- Folgarait, P. J.** 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1 221-1 244.
- Haffer, J.** 2001. *Ciclos de tiempo e indicadores de tiempos en la historia de Amazonia*, pp. 119-128 en J. Llorente B. y J.J. Morrone, eds., *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F.
- Hooghiemstra, H. & T. van der Hammen.** 2001. *Desarrollo del bosque húmedo neotropical en el Neogeno y en el Cuaternario: la hipótesis de los refugios*, pp. 129-136 en J. Llorente B. y J.J. Morrone, eds., *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F.
- Human, K. & D. Gordon.** 1996. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia* 105: 405-412.
- Jorgenson, J. & M. Rodríguez.** *Conservación y desarrollo sostenible del Parque Nacional Yasuní*. 2001. Ministerio del Ambiente/UNESCO/Wildlife Conservation Society. Quito-Ecuador.
- Jost, L. & J. González-Oreja.** 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*. 56(1-2): 3-14.
- Kraft, N. & D. Ackerly.** 2010. Functional trait and phylogenetic tests of community assembly across spatial scales in an Amazonian forest. *Ecological Monographs* 80(3): 401-422.
- Kraft, N., M. Metz, R. Condit & J. Chave.** 2010. The relationship between wood density and mortality in a global tropical forest data set. *New Phytologist*.
- Kraft, N., R. Valencia & D. Ackerly.** 2008. Functional Traits and Niche-Based Tree Community Assembly in an Amazonian Forest. *Science* 322: 580-582.
- LaFrankie, J.V., A.S. Peter, G.B. Chuyong, C. Leonardo, C. Richard, S.J. Davies, R. Foster, S.P. Hubbell, D. Kenfack, D. Lagunzad, E.C. Losos, N. Supardi Md. Nor, S. Tan, D.W. Thomas, R. Valencia & G. Villa.** 2006. Contrasting structure and composition of the understory in species-rich tropical rain forests. *Ecology* 87(9): 2298-2305.

- Lattke, J. E.** 1994. Phylogenetic relationships and classification of ectatommine ants (Hymenoptera: Formicidae). *Entomologica Scandinavica* 25: 105-119.
- Lobry de Bryun, L.A.** 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 425-441.
- López-Barrera, F.** 2004. Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas* 13(1): 67-77.
- Majer, J.D. & J.H.C. Delabie.** 1994. Comparation of the ant communities of annually inundated and terra firme forest at Trombetas in the Brazilian Amazon. *Insectes Sociaux* 41: 343-359.
- Majer, J.D.** 1983. Ants: Bio-Indicators of Minesite Rehabilitation, Land-Use, and Land Conservation. *Environmental Management*, 7(4): 375-383.
- Mendoza, A.** 2007. *Las áreas naturales protegidas frente a la actividad hidrocarburífera. Las organizaciones ambientalistas y la gobernanza ambiental en el Ecuador. El caso del Parque Nacional Yasuní.* FLACSO. Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador.** 2013. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.* Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito-Ecuador.
- Oliveira, P. & B. Holldobler.** 1990. Dominance orders in the ponerine ants *Pachycondyla apicalis* (Hymenoptera, Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 27(6): 385-393.
- Pitman N., León-Yáñez S., Valencia R.** 2000. *Resumen de las categorías y criterios de la UICN. En Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000.* Eds Valencia R., Pitman N., León-Yáñez S., Jorgensen P.M. pp. 5-14. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Pla, L. & S.D. Matteucci.** 2001. Intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 18: 222-234.
- Repsol YPF.** 2013. Página Web oficial de Repsol-Ecuador. Consultado: 2014
- RO,** 1992. Acuerdo Ministerial para la ampliación de límites del Parque Nacional Yasuní. Acuerdo Ministerial n° 202. Registro Oficial n° 937 de 18 de mayo de 1992. Quito, Ecuador.
- Saiz, F.** 1980. *Experiencias en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades.* Laboratorio de Ecología, Universidad Católica de Valparaíso- Chile.
- Sierra, R. (Ed).** 1999. *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental.* Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador
- Squeo, F., L. Cavieres, G. Arancio, J. Novoa, O. Matthei, C. Marticorena, R. Rodríguez, M. Arroyo & M. Muñoz.** 1998. *Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta.* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena. La Serena, Chile.
- Svenning, J.** 1999. Recruitment of tall arborescent palms in the Yasuní National Park, Amazonian Ecuador: are large treefall gaps important?. *Journal of Tropical Ecology* 15: 355-366.
- UNESCO.** 2001. UNESCO - MAB Biosphere Reserves Directory.



- Valencia, R., R. Foster, G. Villa, R. Condit, J. Christian, C. Hernández, K. Romoleroux, E. Losos, E. Magard & H. Balslev.** 2004. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology* 92: 214 –229.
- Valencia, R., G. Villa, E. Losos, R. Condit, R. Foster & H. Basl.** 2001. *Diversidad, dinámica del bosque y aspectos sobre conservación y desarrollo al noroccidente del Parque Nacional Yasuní.* Ministerio del Ambiente/UNESCO/Wildlife Conservation Society. Quito-Ecuador.
- Vásquez-García, A.** 2008. *Métodos de medición al nivel de especies, biodiversidad alfa.* Lambayeque- Perú.
- Wilson, E.O.** 1992. *The diversity of life.* W. Norton & Company, Nueva York, E.E.U.U., 424 pp.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Especies de formícidos documentados en la ECY.

Subfamilia	Especie	Casa	Oleoducto	Jardín	Bosque	Carreteras	Total
Myrmicinae	<i>Atta cephalotex</i>	0	0	0	0	1	1
Myrmicinae	<i>Azteca</i> sp1	0	0	0	0	1	1
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp1	0	0	0	0	1	1
Formicinae	<i>Camponotus sericeiventris</i>	0	0	1	0	0	1
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp1	0	1	0	0	1	2
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp2	0	1	0	1	0	2
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp3	0	1	0	0	0	1
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp4	0	1	0	0	1	2
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp5	0	1	1	0	0	2
Myrmicinae	<i>Cephalotes atratus</i>	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Cephalotes opacus</i>	0	0	0	1	1	2
Myrmicinae	<i>Cephalotes</i> sp1	0	0	0	0	1	1
Myrmicinae	<i>Crematogaster</i> sp1	0	1	1	0	0	2
Myrmicinae	<i>Crematogaster</i> sp2	0	1	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Crematogaster</i> sp3	0	0	1	1	0	2
Myrmicinae	<i>Cyphomyrmex</i> sp1	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Cyphomyrmex</i> sp2	0	0	0	1	0	1
Ectatomminae	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	0	0	0	1	1	2
Formicinae	<i>Gigantiops destructor</i>	0	0	0	1	0	1
Ectatomminae	<i>Gnamptogenis</i> sp1	0	0	0	1	0	1
Ectatomminae	<i>Gnamptogenis</i> sp2	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Hylomyrma</i> sp1	0	0	0	1	0	1
Ecitoninae	<i>Labidus coecus</i>	0	0	1	0	0	1
Dolichoderinae	<i>Linepithema humile</i>	1	0	0	0	0	1



<b>Subfamilia</b>	<b>Especie</b>	<b>Casa</b>	<b>Oleoducto</b>	<b>Jardín</b>	<b>Bosque</b>	<b>Carreteras</b>	<b>Total</b>
Myrmicinae	<i>Megalomyrmex</i> sp1	0	0	0	1	1	2
Myrmicinae	<i>Mycocepurus</i> sp1	0	0	0	1	1	2
Formicinae	<i>Myrmelachista</i> sp1	0	0	0	0	1	1
Formicinae	<i>Nylanderia</i> sp1	0	0	0	1	0	1
Formicinae	<i>Nylanderia</i> sp2	0	0	0	0	1	1
Ecitoninae	<i>Nomamyrmex esenbeckii</i>	0	1	0	0	0	1
Ponerinae	<i>Odontomachus bauri</i>	0	0	0	1	0	1
Ponerinae	<i>Pachycondyla apicalis</i>	1	0	0	0	0	1
Ponerinae	<i>Pachycondyla obscurans</i>	0	0	1	0	0	1
Ponerinae	<i>Pachycondyla obscuricornis</i>	0	0	0	1	0	1
Ponerinae	<i>Pachycondyla</i> sp1	1	0	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole xantogaster</i>	0	0	0	0	1	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> "small"	0	0	1	1	0	2
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp1	1	0	1	0	1	3
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp2	0	1	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp3	0	1	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp4	0	0	0	0	1	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp5	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp6	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp7	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp8	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp9	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp10	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp11	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp12	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp13	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp14	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp15	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp16	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp17	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp18	0	0	0	0	1	1
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp19	0	0	0	0	1	1
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp1	0	0	1	0	0	1
Formicinae	<i>Sericomyrmex</i> sp1	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Solenopsis globularia</i>	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Solenopsis invicta</i>	0	0	0	1	1	2

<b>Subfamilia</b>	<b>Especie</b>	<b>Casa</b>	<b>Oleoducto</b>	<b>Jardín</b>	<b>Bosque</b>	<b>Carreteras</b>	<b>Total</b>
Myrmicinae	<i>Solenopsis</i> sp1	0	1	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Solenopsis</i> sp2	0	1	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Solenopsis</i> sp3	0	0	0	0	1	1
Myrmicinae	<i>Solenopsis</i> sp4	0	0	0	0	1	1
Dolichoderinae	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	1	0	0	0	0	1
Myrmicinae	<i>Tetramorium bicarinatum</i>	1	0	0	0	1	2
Myrmicinae	<i>Trachymyrmex</i> sp1	0	0	0	1	1	2
Myrmicinae	<i>Trachymyrmex</i> sp2	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Trachymyrmex</i> sp3	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Trachymyrmex</i> sp4	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Trachymyrmex</i> sp5	0	0	0	1	0	1
Myrmicinae	<i>Xenomyrmex stollii</i>	0	0	0	0	1	1
<b>S=72</b>		<b>6</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>38</b>	<b>23</b>	