

# Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y Río Blanco (Matagalpa, Nicaragua)

A. M. Pérez, M. Sotelo, F. Ramírez, I. Ramírez<sup>1</sup>, A. López<sup>2</sup>, I. Siria<sup>3</sup>

(1) Centro de Malacología y Diversidad Animal, UCA, Managua, Nicaragua - Asociación Gaia Managua, Nicaragua.

(2) Centro de Malacología y Diversidad Animal, UCA, Managua, Nicaragua.

(3) Centro de Malacología y Diversidad Animal, UCA, Managua, Nicaragua - Asociación Gaia Managua, Nicaragua.

➤ Recibido el 11 de mayo de 2005, aceptado el 27 de octubre de 2005.

**Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y Río Blanco (Matagalpa, Nicaragua).** Con el fin de estudiar la relación entre uso del suelo y diferentes componentes de la biodiversidad de aves moluscos y plantas, se seleccionaron 12 usos de suelo en 41 fincas, 28 en Bulbul y 13 en Paiwas (Matagalpa, Nicaragua). Para el monitoreo de la vegetación se establecieron 10 parcelas en cada uso de suelo, siempre que fue posible, donde se estudió el número de árboles, densidad de tallos y arbustos, perfiles de altura del follaje, altura promedio del dosel, porcentaje de cobertura del dosel y cobertura del suelo. Para el estudio de las aves se realizaron puntos de conteo en todas las fincas seleccionadas. Para el estudio de los moluscos se muestreó en el 50% de las parcelas de vegetación y aves. Se realizaron 3 campañas de muestreo para el estudio de las aves, 2 para los moluscos y 1 para la vegetación. Se han identificado un total de 170 especies de plantas, 180 especies de aves y 56 especies de moluscos. Se ha concluido el estudio de la estructura de la vegetación y las comunidades de aves, y se ha muestreado en 113 parcelas distribuidas en 12 tipos de usos de suelo y 41 fincas, así como 10 parcelas en el Cerro Quirragua para un total de 123 parcelas. Los valores más altos de riqueza de especies en plantas, se encontraron en el bosque primario del Cerro Quirragua ( $S=46$ ) y en los bosques riparios ( $S=43$ ). En aves, se encontraron en los bosques riparios ( $S=74$ ) y en bosques secundarios intervenidos ( $S=72$ ). En moluscos, en bosques primarios ( $S=35$ ), seguidos por los Tacotales ( $S=28$ ). Los valores más altos de biodiversidad para plantas se encontraron en el bosque primario de Quirragua ( $H'=3,34$ ) y en los bosques riparios ( $H'=3,12$ ). Para aves, en bosques riparios ( $H'=3,92$ ) y bosques secundarios intervenidos ( $H'=3,86$ ). Para moluscos, los bosques primarios ( $H'=2,93$ ) y los bosques riparios ( $H'=2,46$ ).

Palabras clave: Composición de la comunidad, uso del suelo, riqueza específica, aves, moluscos, plantas

**Biodiversity conservation in silvopastoral systems in Maniguás and Río Blanco (Matagalpa, Nicaragua).** We studied biodiversity of birds, mollusks and plants on 12 land use types from 41 farms, 28 in Bulbul and 13 in Paiwas (Matagalpa, Nicaragua). For the study of vegetation structure and birds we established 10 plots on each land use type. For the study of birds, point counts were made on each farm, and for the study of mollusks we sampled 50% of the quadrats made for sampling vegetation and birds. Samplings were conducted from December 2003 until August 2004. We performed 3 sampling campaigns for the study of birds, 2 for the study of mollusks and 1 for the study of vegetation. We identified 170 plant species, 180 bird species, and 56 mollusk species. Highest values of plant species richness were found in the primary forests from Quirragua ( $S=46$ ), and riparian forests ( $S=43$ ). The highest values for bird species richness were found in riparian forest ( $S=74$ ), and in altered secondary forests ( $S=72$ ). As for mollusks, primary forests  $S=35$ , followed by 'Tacotales' ( $S=28$ ). Highest biodiversity values for plants were found in the primary forest of Quirragua ( $H'=3.34$ ), and in riparian forests ( $H'=3.12$ ). For birds, riparian forests ( $H'=3.92$ ) and altered secondary forests ( $H'=3.86$ ) were the most diverse. Highest biodiversity values for mollusks were found in primary forests ( $H'=2.93$ ) and riparian forests ( $H'=2.46$ ).

Key words: Community composition, land use, species richness, birds, mollusks, plants.

## Introducción

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de los sistemas agroforestales, donde se desarrollan árboles y pasturas manejados en forma conjunta, cuyo objetivo es incrementar la productividad en forma sostenible, sufriendo además otros beneficios (Radulovich, 1994). Estudiar los componentes de cada sistema particular permitirá acercarse a la forma óptima de manejarlos. Afortunadamente cada vez existen más datos sobre la diversidad de diferentes grupos biológicos en ecosistemas fragmentados y sistemas silvopastoriles (Petit y Usher, 1998; Bergin *et al.*, 2000; Fournier y Loreau, 2001; Ricketts *et al.*, 2001; Estrada y Coates-Estrada, 2002; Pérez, 2002; Jeanneret *et al.*, 2003; Weibull *et al.*, 2003; Naranjo, 2004). Sin embargo, como señalan Schulze *et al.* (2004), la mayoría de los estudios han cuantificado el impacto antropogénico sobre la diversidad de un solo grupo taxonómico, con excepciones como las del trabajo realizado por estos mismos autores, que comprendió plantas, aves e insectos, el de Lawton *et al.* (1998) que comprendió varios grupos, la contribución de Kessler *et al.* (2001), quienes estudiaron, plantas y aves, y el trabajo de Pérez *et al.* (2004) en el que se estudiaron plantas, aves y moluscos.

Existen además, datos de gran importancia sobre plantas en general, cercas vivas, murciélagos, aves y escarabajos coprófagos que han generados varias publicaciones (Cárdenas *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2003; Lang *et al.*, 2003; Villanueva *et al.*, 2003; López *et al.*, 2004; Medina *et al.*, 2004; Sánchez *et al.*, 2004; Vélchez *et al.*, 2004). Se debe destacar que la mayoría de los datos publicados se refieren a estudios relacionados con aves, escarabajos coprófagos y plantas, mientras que aparentemente los primeros datos publicados sobre moluscos en sistemas agrosilvopastoriles son los de Pérez *et al.* (2004). No obstante, también existen trabajos de gran interés sobre el uso de hormigas como indicadores en agroecosistemas (Luna, 2005).

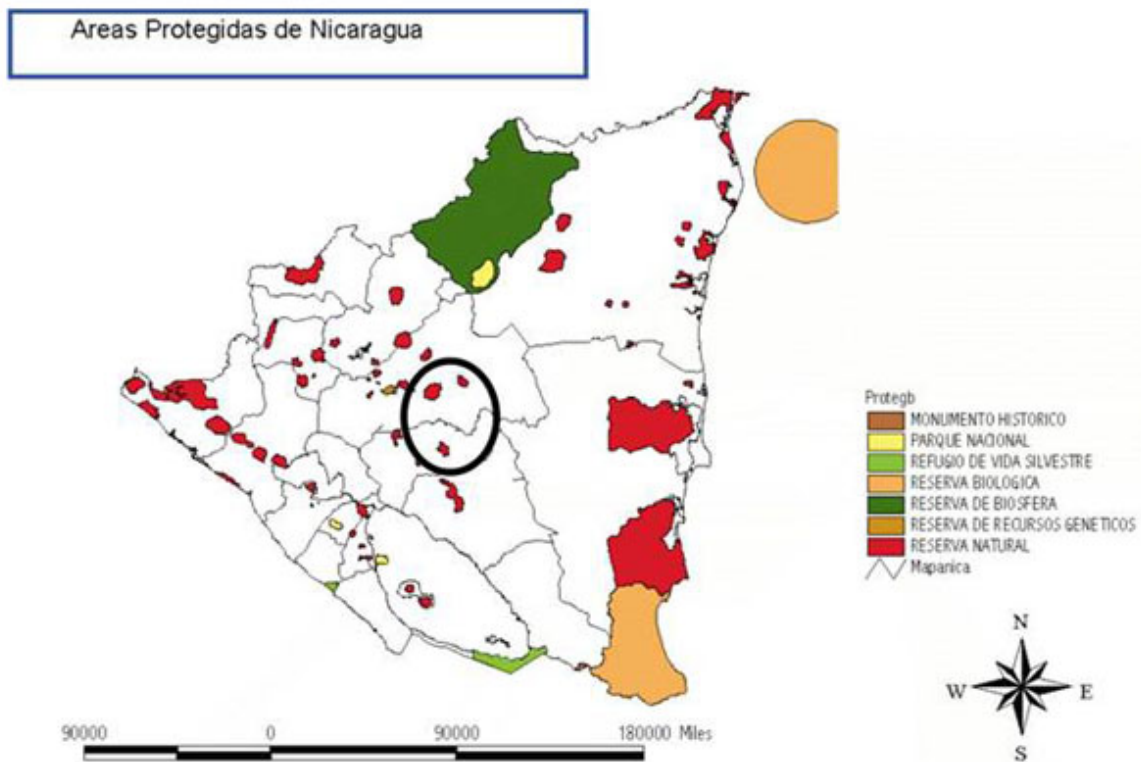
En el presente trabajo se presentan los resultados de un año de monitoreo sobre la composición y estructura de aves, moluscos y vegetación en el área de estudio, lo que ha permitido aportar datos relacionados con los tres grupos taxonómicos estudiados en los 12 usos de suelo en que se ha trabajado, de cara a establecer prioridades de manejo y conservación a nivel local y nacional, así como destacar la importancia de los sistemas silvopastoriles como reservorios de biodiversidad fuera de las áreas protegidas.

Los grupos faunísticos estudiados fueron seleccionados con el propósito de analizar los datos aportados por un grupo de invertebrados poco vágiles (moluscos), así como uno de los grupos más vágiles de vertebrados (aves).

## Material y Métodos

### Área de estudio

Se encuentra ubicada dentro del triángulo que conforman las Reservas Naturales, Sierra Quirragua, Cerro Musún y Fila Masigüe al sur (**Fig. 1**). Está compuesta por la comarca de Bulbul, perteneciente al Municipio de Matiguás, que se encuentra en las coordenadas UTM 670165 E, 1417108 N y tiene una extensión de 1335 km<sup>2</sup> y una población de 38.584 habitantes de los cuales el 81% vive en áreas rurales (INEC 1995; Levard *et al.*, 2001), así como por la comarca de Paiwas, perteneciente al Municipio de Río Blanco, que se encuentra en las coordenadas UTM 686152 E, 1424706 N, y tiene una extensión de 700 km<sup>2</sup> y una población de 33.195 habitantes, de los cuales 23.950 (72%) vive en áreas rurales (INIFOM, 2004). Ambas comarcas pertenecen al Departamento de Matagalpa.



**Figura 1.** El área de estudio comprendida dentro del triángulo compuesto por las Reservas Naturales, Sierra Quirragua, Cerro Musún y Fila Masigüe al sur. Mapa tomado de CBM-MARENA (2001).

### Selección de fincas y usos del suelo

Se seleccionaron fincas con la mayor variedad de usos de suelo posible, y de ese primer grupo se realizó una segunda selección de aquellas fincas en las que los usos del suelo existentes tuviesen un área mayor que 0,7 Ha. Los dos primeros niveles de selección fueron no aleatorios e intencionales. Fueron escogidos 12 usos del suelo: pastura natural con alta densidad de árboles (PNADA), Pastura mejorada con alta densidad de árboles (PMADA), Pastura natural con baja densidad de árboles (PNBDA), Pastura mejorada con baja densidad de árboles (PMBDA), Pasturas sin árboles (PSA), Banco forrajero de leñosas (BFL), Cercas vivas (CV), Tacotales (TAC), Bosque ripario (BR), Bosque secundario intervenido (BSI), Bosque secundario sin intervenir (BS), Bosque primario (BP), Bosque Primario Quirragua (BPQ=BPP).

En cada uso del suelo se hicieron 10 parcelas siempre que fue posible, teniendo en cuenta la regla de 10 (Gotelli y Ellison 2004), y en ellas se muestreó la vegetación y las aves. Se evitó hacer repeticiones de un mismo tipo de uso en una finca particular, por lo que, si existió la posibilidad de tener un mismo tipo de hábitat en la finca repetido más de una vez, la parcela a evaluar se escogió al azar. El centro de las parcelas de muestreo se ubicó aproximadamente en el centro del uso del suelo con lo que se espera haber minimizado el efecto de borde en la misma. Igualmente, el centro de la parcela de observación de aves coincide con el centro de la parcela de evaluación de vegetación.

### Vegetación

Para el estudio de la vegetación se estudiaron parcelas de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>) según la metodología propuesta por Chipley *et al.* (2003), en las que se identificó y contó el número de árboles. Una planta se consideró un árbol cuando tenía más de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Para las Cercas vivas se realizó una modificación en la forma de las parcelas de toma de datos de estructura de la vegetación para hacerla más acorde con la forma y estructura de la cerca viva. Para ello la muestra se tomó en una parcela de 200 metros de largo por 2 metros de ancho (0,04 ha o 400 m<sup>2</sup>). Cuando los bosques riparios tuvieron una o dos líneas de árboles se adoptó la metodología usada para Cercas vivas. Los datos fueron recogidos entre Diciembre del 2003 y Febrero del 2004.

## Aves

Para el estudio estructural de las aves se realizaron muestreos en las fincas seleccionadas. Los observadores realizaron los muestreos entre 6 y 10 de la mañana. Las observaciones se realizaron en puntos de conteo de 25 metros de radio durante 10 minutos, en cada una de las parcelas seleccionadas, haciendo la observación desde el centro de la parcela (Wunderle, 1994). Cada vez que se llegó a un punto de conteo se dejó pasar 5 minutos, con el fin que las aves se acostumbraran a nuestra presencia. Para la identificación y los datos generales de las aves se utilizaron las guías de Howell y Webb (1995), Stiles y Skutch (1998), y AOU (1998). Las campañas de muestreo fueron realizadas entre Diciembre 2003 y Agosto 2004, se realizaron tres campañas de monitoreo, la primera entre Diciembre del 2003 y Febrero del 2004, la segunda entre Abril y Mayo del 2004, y la tercera entre Julio y Agosto de ese mismo año, o sea 8 meses efectivos de monitoreo.

## Moluscos

Para su estudio se utilizaron los mismos puntos que para la observación de aves. La recolecta se realizó como habitualmente para este grupo (Altonaga, 1988). Para el estudio de los moluscos se realizaron dos campañas de muestreo, la primera entre Marzo y Mayo del 2004, y la segunda entre Julio y Septiembre del citado año.

Se muestreó en el 50% de las parcelas definidas para el muestreo de la estructura de la vegetación y aves debido a las dificultades en la dinámica de trabajo en este grupo, mucho más lenta que en los otros grupos estudiados. El muestreo se efectuó mediante el levantamiento de piedras, revisión ocular de la hojarasca y/o el mantillo, cortezas y oquedades de árboles, troncos, etc.

En cada parcela se recogió una muestra de hojarasca de un área aproximada de 50 x 50 cm, con el objetivo de no pasar por alto los microgasterópodos; las muestras se introdujeron en bolsas de plástico etiquetadas que fueron llevadas al laboratorio, donde se separó e identificó el material. Se realizaron además muestreos directos por parte de dos personas, durante una hora por parcela, para un total de 65 parcelas totales. Las recolectas se realizaron en época de seca y época de lluvia.

Toda la separación se realizó a mano, bajo microscopios estereoscópicos WILD y/o NIKON. Los ejemplares se depositaron en cápsulas de plástico debidamente etiquetadas y luego dentro de tubos de cristal. Para la identificación del material se utilizó la obra de Pérez y López (2002). Para complementar se revisaron las colecciones del Centro de Malacología y Diversidad Animal de la Universidad Centroamericana.

## Análisis de datos

Se confeccionaron los índices ecológicos  $H'$  diversidad de Shannon y Weaver (1949), así como  $E_1$ , Equitatividad de Pielou (1977) y Hill (1973) respectivamente. Todos los índices fueron calculados con el programa PAST. Para los moluscos se calculó también el Índice Biogeográfico (Pérez *et al.*, 1996), que consiste en un valor promedio comunitario calculado a partir de las distribuciones de las especies, a las cuales se les asignan valores entre 1 (especies cosmopolitas) y 5 (especies endémicas), pasando por valores intermedios desde 2 (antillanas), 3 (méxico-norteamericanas o suramericanas) hasta 4 (centroamericanas).

Se brindan además los valores de riqueza de especies (S) y abundancia (A) para cada grupo. La riqueza de especies es el índice de diversidad más simple (Ludwig y Reynolds 1988) y consiste en la cantidad de especies existentes en un área determinada. La abundancia está dada por la cantidad de individuos de una especie recolectados u observados por usos de suelo o en total.

Para los tres grupos taxonómicos estudiados se calcularon las curvas de saturación de especies según Colwell y Coddington (1994), las mismas se realizaron usando el programa EstimateS. Los índices empleados fueron los siguientes:

Índice de CHAO 1:

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2(F_2 + 1)} - \frac{F_1 F_2}{2(F_2 + 1)^2}$$

Índice de CHAO 2:

$$S_2 = S_{obs} + \frac{Q_1^2}{2(Q_2 + 1)} - \frac{Q_1 Q_2}{2(Q_2 + 1)^2}$$

donde:

$S_{obs}$ : Número total de especies observadas en todas las muestras reunidas.

$F_i$ : Número de especies que tienen exactamente  $i$  individuos cuando todas las muestras están agrupadas ( $F_1$  es el número de singletons o especies representadas por un individuo y  $F_2$  es el número de doubletons o especies representadas por dos individuos).

$Q_j$ : Número de especies que tienen exactamente  $j$  individuos cuando todas las muestras están agrupadas ( $Q_1$  es el número de únicos o especies representadas por un individuo y  $F_2$  es el número de duplicados o especies representadas por dos individuos).

Las curvas de saturación fueron elaboradas teniendo en cuenta una escala de paisaje, es decir, considerando todos los datos de todos los usos de suelo (13) y las réplicas realizadas en cada uno de ellos (10).

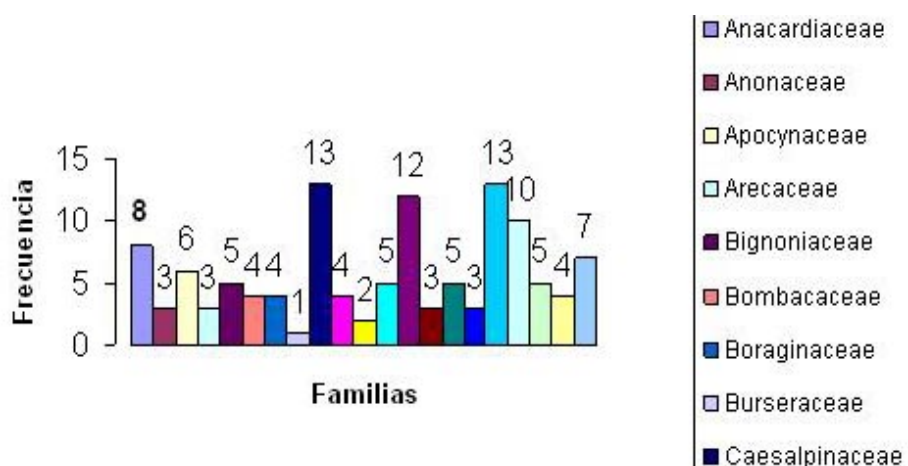
Se realizaron ANOVAs de clasificación simple y modelo II o de efectos aleatorios a los valores de riqueza de especies, abundancias y diversidad según el índice de diversidad de Shannon-Weaver entre los usos de suelo, según Sokal y Rohlf (1981) para detectar la existencia de diferencias entre los mismos. Los cálculos fueron realizados con el programa SPSS. El índice de Shannon-Weaver se calculó según la expresión con base en el logaritmo neperiano. Se trabajó con los datos originales a los cuales previamente se les realizaron pruebas de normalidad y homoscedasticidad.

## Resultados

### Vegetación

#### Composición de especies

En los 12 usos del suelo se observó un total de 170 especies distribuidas en 57 familias, de las 170 especies 91 fueron encontradas dentro de las parcelas de estudio. La riqueza por usos osciló entre 18 y 115, con un promedio de 47 especies por uso. Las familias más diversas fueron Caesalpinaceae, Fabaceae y Mimosaceae (**Fig. 2**). La familia Burseraceae está representada por una sola especie, *Bursera simaruba*, pero esta especie es la más abundante de todas las presentes en los sistemas, por lo que se incluye esta familia en el gráfico de las familias más diversas encontradas en la zona.



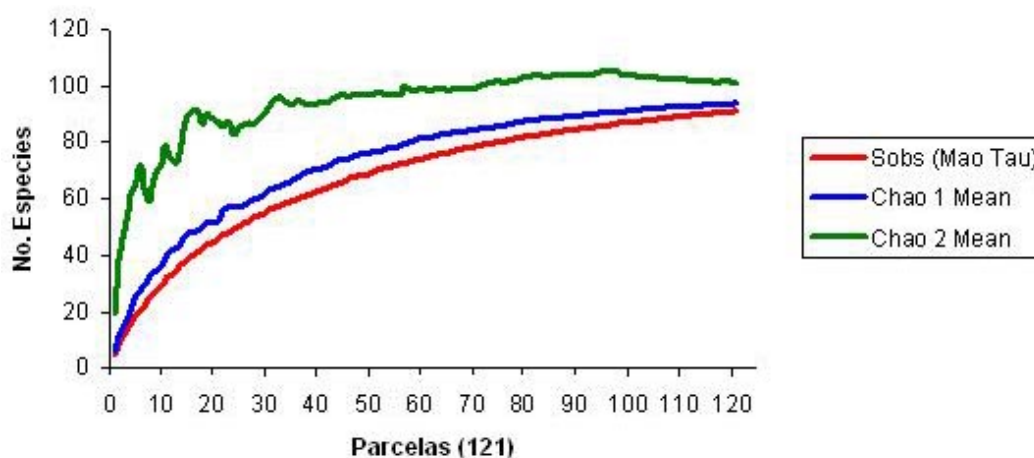
**Figura 2.** Frecuencia de especies por familias en plantas



En general, en los usos de suelo muestreados en las cuencas de Bulbul y Paiwas se contabilizaron 1896 individuos. Basándose en la escala cualitativa de abundancia de Tansley y Chipp (1926), fueron identificadas como especies muy abundantes: *Bursera simaruba* (Burseraceae), abundantes: *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae), Poco Abundantes: *Cordia alliodora* (Boraginaceae), escasas: *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae), *Glyricidia sepium* (Fabaceae), *Trichilia* sp. (Meliaceae) y Raras: *Liquidambar styraciflua* (Hamamelidaceae), *Ardisia revoluta* (Myrcinaceae) *Platymiscium pleiostachyum* (Fabaceae), *Albizia caribea* y todas las demás especies identificadas, es decir, más de 150 especies.

#### Estructura de las comunidades

En la **Figura 3**, se muestran las curvas de saturación de especies según el índice de Chao 1. Como puede observarse el número de especies observadas todavía no forma una curva asintótica, lo que indica que aún hay especies por encontrar en la comunidad. De acuerdo al índice de Chao1 la cantidad de especies previstas es de 93 y de acuerdo al índice de Chao2 de 101. Como se puede apreciar el valor del índice de Chao1 prácticamente coincide con el valor observado de riqueza de especies (91).



**Figura 3.** Curvas de saturación de especies para plantas. En la leyenda: Índice de Chao1, Índice de Chao 2 y Sobs= Riqueza de especies observada.

Los valores de abundancias más altos se presentaron en las Cercas Vivas (825 individuos), seguidas por el Bosque Primario de Quirragua (294 individuos), existiendo diferencias significativas entre los mismos ( $F=13,08$ ;  $p < 0.01$ ). Los valores de riqueza de especies entre los usos presentaron diferencias muy significativas ( $F= 17,18$ ;  $p < 0.01$ ); los valores más altos obtenidos se encontraron en el Bosque Primario del Cerro Quirragua (47) y en los Bosques Riparios (43), que son los dos usos de suelo más conservados en el área de estudio (**Tabla 1**).

Igualmente entre los valores de diversidad se presentaron diferencias muy significativas ( $F= 7,11$ ;  $p < 0.01$ ); los valores más altos de diversidad fueron obtenidos en Bosque Ripario ( $H' = 2,63$ ), Bosque Secundario Intervenido ( $H' = 2,50$ ) y el Tacotal ( $H' = 2,38$ ), y los valores más bajos se encontraron en Pastura Mejorada con baja densidad de Árboles ( $H' = 1,12$ ), Cercas Vivas ( $H' = 1,49$ ) y Banco forrajero de leñosas ( $H' = 1,81$ ). Los valores de equitatividad más altos fueron obtenidos en el Bosque secundario intervenido ( $E_1 = 0,79$  y  $E_5 = 0,62$ ) y Tacotal ( $E_1 = 0,76$  y  $E_5 = 0,62$ ).

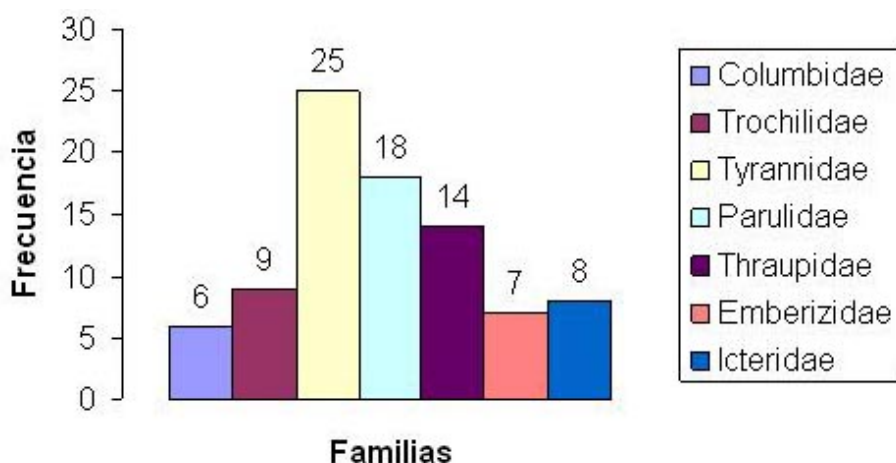
**Tabla 1.** Índices ecológicos estructurales calculados en la vegetación de los 12 usos de suelo en los Sistemas Silvopastoriles de los municipios de Matiguás y Río Blanco. Las abreviaturas corresponden a riqueza de especies (S), abundancia (A), Índice de Shannon-Weaver (H') y Equitatividad de Pielou (E1).

Ind. Usos del suelo													
	PNADA	PMADA	PNBDA	PMBDA	PNSA	BFL	CV	TAC	BR	BSI	BS	BP	BPQ
S	21	17	19	14	1	21	34	23	43	38	32	30	46
A	170	174	100	54	0	210	825	174	270	247	153	77	294
H'	2,14	1,99	2,15	1,57	0	2,26	2,09	2,38	2,63	2,74	2,72	3,12	3,34
E1	0,70	0,70	0,73	0,59	0	0,74	0,59	0,76	0,70	0,75	0,78	0,92	0,87

## Aves

### Composición de especies

Se observó un total de 180 especies distribuidas en 39 familias y 14 órdenes. De esta cantidad, en las parcelas de muestreo (plots) se registraron 151 especies, 33 familias y 13 órdenes (Cuadro 3). De las 151 especies contadas en los puntos de conteo, 98 especies fueron contadas en la primera campaña, 107 en la segunda y 94 en la tercera. Las familias más diversas en el área de estudio son Tyrannidae (25 especies), Parulidae (18 especies) y Thraupidae (14 especies) (**Fig. 4**).

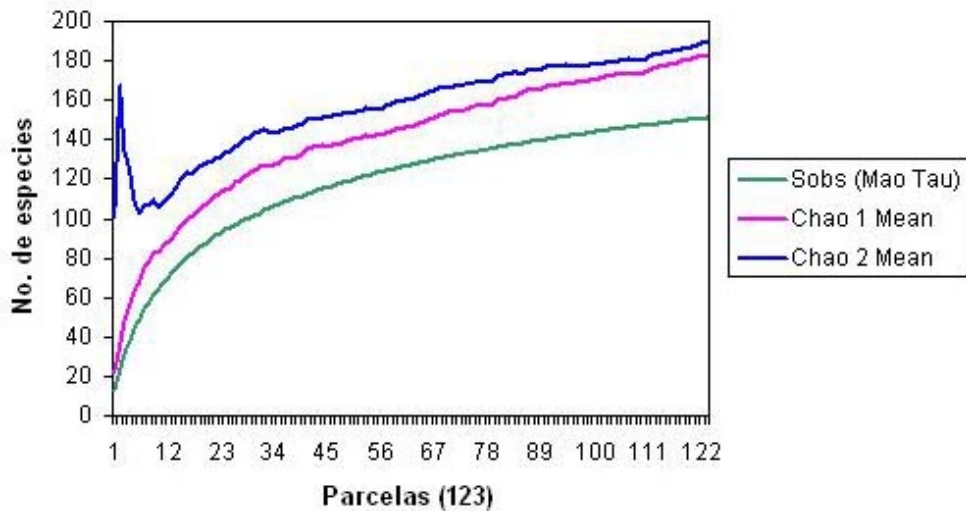


**Figura 4.** Frecuencia de especies por familias.

En general, en los usos de suelo muestreados en las cuencas de Bulbul y Paiwas se censó un total de 3575 individuos. Las especies más abundantes fueron *Volatinia jacarina* (308), *Crotophaga sulcirostris* (283), *Troglodytes aedon* (162) y *Tyrannus melancholicus* (121).

### Estructura de las comunidades

En la **Figura 5** se muestran las curvas de saturación de especies según los índices de Chao 1 y Chao 2. Los mismos muestran un comportamiento que todavía no es asintótico, lo que significa que existen nuevas especies a encontrar en la zona. De acuerdo al índice de Chao1 la cantidad de especies previstas es de 182 y de acuerdo al índice de Chao2 de 189. Este aspecto es muy interesante ya que aunque la cantidad de especies registradas en los puntos de conteo fue de 151, la cantidad total de especies registradas en el área de estudio fue de 180.



**Figura 5.** Curvas de saturación de especies para aves. En la leyenda: Índice de Chao1, Índice de Chao 2 y Sobs= Riqueza de especies observada.

Los valores de los índices estructurales indican que las comunidades más ricas se presentan en las Bosques Riparios seguidos por los Bosques Secundarios Interventidos (**Tabla 2**). Asimismo, los mayores valores de diversidad ( $H' = 3,92$  y  $H' = 3,86$ ) coinciden con los citados usos de suelo.

**Tabla 2.** Índices ecológicos estructurales de aves calculados en 12 usos de suelo en los Sistemas Silvopastoriles de los municipios de Matiguás y Río Blanco y en el Cerro Quirragua (BPQ). Síntesis de las tres campañas de monitoreo. Las abreviaturas corresponden a riqueza de especies (S), abundancia (A), Índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) y Equitatividad de Pielou (E1).

Ind.	Usos del suelo												
	PNADA	PMADA	PNBDA	PMBDA	PNSA	BFL	CV	TAC	BR	BSI	BS	BP	BPQ
S	68	59	62	52	33	59	60	59	74	72	63	41	22
A	388	353	296	273	171	357	302	367	361	311	168	150	87
$H'$	3,71	3,49	3,65	3,29	2,83	3,57	3,65	3,36	3,92	3,86	3,80	3,34	2,74
E1	0,88	0,86	0,88	0,83	0,81	0,88	0,89	0,82	0,91	0,90	0,98	0,90	0,89

Los usos del suelo con mayor abundancia de individuos, considerando todas las campañas fueron las Pasturas Naturales con Alta Densidad de Árboles y los Tacotales. Los valores de abundancia entre los usos mostraron diferencias muy significativas ( $F = 4,08$ ;  $p < 0,01$ ). En estos y otros usos boscosos se presenta *Chiroxiphia linearis*, una especie muy asociada con ambientes cerrados (**Fig. 6**). Al igual que la abundancia, la riqueza de especies (S) y la diversidad según el índice de Shannon-Weaver mostraron diferencias muy significativas entre los usos de suelo ( $F = 7,42$ ;  $p < 0,01$  y  $F = 9,86$ ;  $p < 0,01$ , respectivamente).



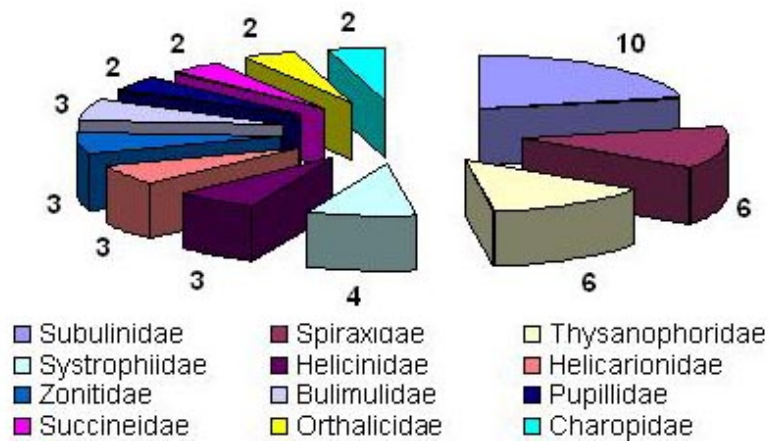


**Figura 6.** Ejemplar de *Chiroxiphia linearis*.

Moluscos

*Composición de especies*

Se observó un total de 56 especies distribuidas en 22 familias y tres órdenes. Las familias mejor representadas en la zona fueron Subulinidae y Spiraxidae (**Fig. 7**), se contabilizaron 6740 individuos. Las especies más abundantes fueron *Bulimulus corneus* (1814 individuos), *Beckianum beckianum* (782) y *Caecilioides consobrinus* (563). Es interesante destacar que en el área de estudio se recolectó *Neocyclotus dysoni nicaraguense* (**Fig. 8**) y *Xenodiscula tantori*, entre otras especies asociadas con ecosistemas conservados.



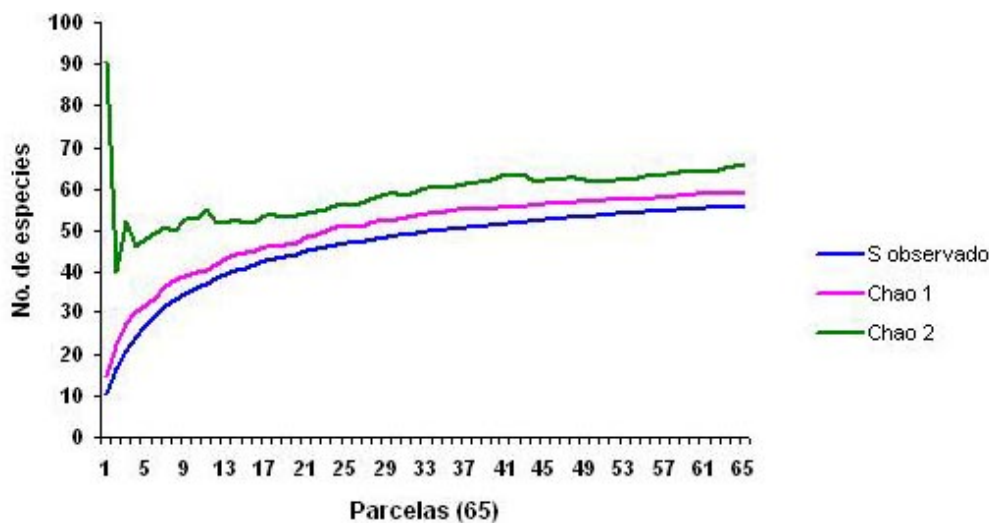
**Figura 7.** Frecuencia de especies por familias en moluscos.



**Figura 8.** Ejemplar de *Neocyclotus dysoni nicaraguense*.

#### Estructura de las comunidades

Al igual que en los otros grupos estudiadas las curvas de saturación de especies según los índices de Chao 1 y Chao 2 muestran un comportamiento que todavía no es asintótico, lo que significa que existen nuevas especies a encontrar en la zona (**Fig. 9**), aunque según los valores esperados (Chao1= 59, Chao2= 66), estos valores ya están muy cercanos a los valores reales.



**Figura 9.** Curvas de saturación de especies para moluscos. En la leyenda: Índice de Chao1, Índice de Chao 2 y Sobs= Riqueza de especies observada.

De los usos estudiados el más rico resultó el Bosque Primario ( $S=35$ ), seguido de los Tacotales ( $S=28$ ) y los Bosques Riparios ( $S=27$ ). Los valores de riqueza de especies presentaron diferencias estadísticas muy significativas ( $F= 2,92$ ;  $p < 0,01$ ).

En cuanto a la diversidad, los valores más altos para moluscos se encontraron en los Bosques Primarios ( $H'=2,93$ ), seguidos de los Bosques Riparios ( $H'=2,46$ ) y los Tacotales ( $H'=2,35$ ). Entre estos valores también se presentaron diferencias muy significativas ( $F= 2,67$ ;  $p < 0,01$ ) (**Tabla 3**).

Entre los valores de abundancia se presentaron diferencias significativas entre los usos ( $F= 2,06$ ;  $p < 0,05$ ) encontrándose los mayores valores en el Bosque Primario (1693 individuos), seguido por las Pasturas Naturales con Baja Densidad de Arboles (562 individuos).

**Tabla 3.** Índices ecológicos estructurales de moluscos calculados en 12 usos de suelo de los Sistemas Silvopastoriles de los municipios de Matiguás y Río Blanco, y en el Cerro Quirragua (BPQ). Las abreviaturas corresponden a riqueza de especies (S), abundancia (A), Índice de Shannon-Weaver (H') y Equitatividad de Pielou (E1).

Ind.	Usos del suelo												
	PNADA	PMADA	PNBDA	PMBDA	PNSA	BFL	CV	TAC	BR	BSI	BS	BP	BPQ
S	25	17	20	13	17	24	16	28	27	23	24	35	23
A	412	411	562	321	335	502	214	533	354	487	547	1693	335
H'	2,19	1,45	1,69	1,99	1,60	1,95	2,10	2,35	2,46	2,31	2,22	2,93	2,25
E1	0,68	0,51	0,56	0,77	0,57	0,61	0,76	0,70	0,75	0,74	0,70	0,82	0,72
IB	3,18	3,06	3,15	3,13	3,06	3,13	3,31	2,95	3,10	3,41	3,45	3,28	3,69

## Discusión

### Vegetación

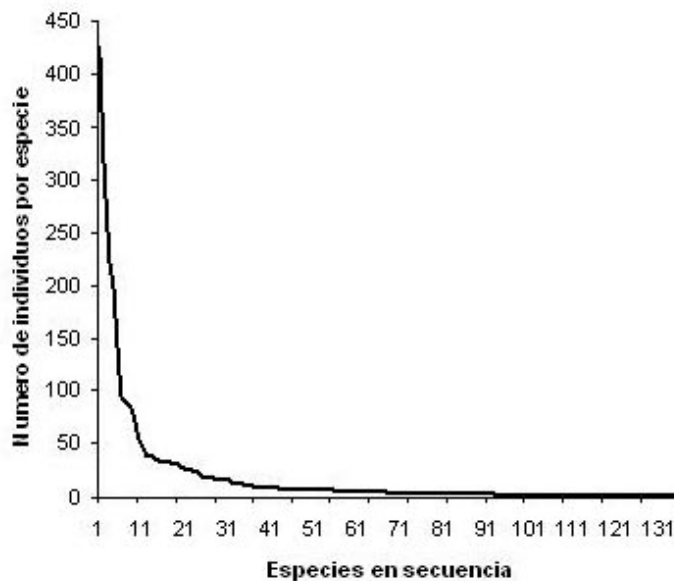
El paisaje de Matiguás así como el de Río Blanco se encuentra altamente deforestado principalmente a consecuencia de las actividades ganaderas. Los datos previos existentes de la cuenca de Matiguás (Morales *et al.* 2002), muestran una clara regresión de la cobertura en la zona entre 1981 y 1987.

A pesar de esto, la cantidad de individuos registrados por este estudio en la zona (2724 individuos para un total de 91 especies en 4,9 ha), se considera relativamente alta en comparación con los resultados obtenidos por otros estudios en sistemas de producción ganadera del trópico seco de Costa Rica, donde se contabilizaron 5896 individuos para un total de 101 especies en 834 ha (Villanueva *et al.* 2003). Esto sugiere que a pesar de la alta tasa de deforestación en la zona, se puede considerar que existe una mayor riqueza en los sistemas de Matiguás y Río Blanco en comparación con otros sistemas de pasturas en Costa Rica.

Otros resultados de interés son los de Kindt *et al.* (2004) quienes obtuvieron una riqueza inferior a las 54 especies de árboles en las fincas estudiadas por ellos en los distritos de Vihiga y Kakamega, en el oeste de Kenia, Africa.

En general las especies más abundantes el área de estudio fueron *Bursera simaruba* (Burseraceae) *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae), *Cordia alliodora* (Boraginaceae), *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) y *Gliricidia sepium* (Fabaceae), especies frecuentemente incorporadas a sistemas de pasturas y que además poseen características que facilitan su regeneración natural y por consiguiente el incremento de la cobertura arbórea (Villanueva *et al.* 2003), variable que según Pérez *et al.* (2002), es la más importante a tener en cuenta para la conservación de la biodiversidad. Estas pocas especies dominantes en el paisaje prometen contribuir en gran medida a incrementar la cobertura boscosa de los sistemas de silvopastoriles de Matiguás y Río Blanco ya que agrupan a su vez la mayoría de los individuos observados.

Lo anterior sugiere un modelo donde existe un grupo pequeño de especies muy abundantes y una gran proporción de especies raras con abundancias bajas, común en sistemas de este tipo, como lo muestra Villanueva *et al.* (2003) en pasturas del Trópico seco costarricense donde 10 de las 101 especies, conforman el 70,5% del total de individuos muestreados. De la misma manera Esquivel *et al.* 2003, encontraron en sistemas de pasturas de un ecosistema seco de Costa Rica que seis especies constituyen mas del 60% de los individuos muestreados. Si analizamos nuestros resultados y los graficamos colocando las especies en orden secuencial y en orden descendente a partir de la más abundante, que representa el 80% del total de individuos, notaremos que el gráfico presentado en la Fig. 10 desciende rápidamente, constatando lo antes descrito.



**Figura 10.** Curva de abundancia de especies de árboles en el área de estudio.

La especie más abundante en el área (*Bursera simaruba*) ofrece ventajas como capacidad de reproducción asexual, alto prendimiento de estacas y rápido crecimiento. Otras especies abundantes en el área como *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea* poseen otras características como abundante producción de semillas y alta capacidad de dispersión por el viento y *Guazuma ulmifolia* capacidad de dispersión por el ganado después del consumo.

En cuanto a la composición de especies, es posible distinguir dos grandes grupos, los sistemas asociados a conservación de recursos forestales y los sistemas de pasturas. La incorporación de especies de interés para el productor en los usos asociados a pasturas, así como la eliminación de especies de árboles que fueron comercializadas como por ejemplo *Juglans olanchana*, son las principales razones a atribuirle las diferencias en la composición de especies entre los bosques y las pasturas.

Es común encontrar en las pasturas *Guazuma ulmifolia*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Cordia alliodora* así como *Leucaenas*, pero muchas otras especies como *Miconia* sp. y *Calycophyllum candidissimum* no son encontradas más que en los bosques primarios o secundarios.

Como señalan Harvey *et al.* (2003), las Cercas vivas son elementos conspicuos de los paisajes agrícolas a lo largo de América Central y representan un componente importante de la cobertura arbórea dentro de paisajes rurales. La alta riqueza de especies encontrada en las Cercas vivas ( $S=34$ ) se aproxima a los resultados obtenidos por Gómez *et al.* (2004), quien obtuvo valores máximos de riqueza de  $S=28$ , en Belén, Rivas.

Valores también altos fueron los encontrados por Pérez *et al.* (2004) en Cercas vivas de sistemas silvopastoriles de América Central. En Cárdenas, Departamento de Rivas, Nicaragua se encontró una riqueza de 34 especies; en la Cruz, Costa Rica, la riqueza fue de 31 especies y en Choluteca, Honduras estos autores encontraron una riqueza de 41 especies. Las fincas estudiadas tuvieron un área que osciló entre 17,5 (Costa Rica), y 31,7 ha (Honduras).

Además de contribuir a la conservación de numerosas especies de árboles, las Cercas vivas contribuyen a la conservación de aves y murciélagos como lo indican Medina *et al.* (2004) y Vilchez *et al.* (2004), así como de un número importante de especies de moluscos, reptiles y anfibios (Pérez, 2002), destacando la importancia de su implementación.

### Aves

En el caso de las aves los datos de riqueza pueden considerarse altos. Los valores de Acosta y Mujica (1988) en varios bosques primarios cubanos son de 43 especies en total, mientras que los de Estrada *et al.* (1997) en los Tuxlas, México, con un esfuerzo de muestreo mucho mayor son de 79 especies.

Los valores obtenidos por Naranjo (2004) en varios sistemas silvopastoriles de Colombia oscilan entre 19 y 57 especies. Los datos de Vilchez *et al.* (2004) en Rivas, Nicaragua, son de 83 especies, mientras que los valores de Pérez *et al.* (2004) en sistemas silvopastoriles de Choluteca, Honduras fueron de 17 especies y en La Cruz, Costa Rica fueron también de 17



especies. Peris y Masa (1992) en fincas de la provincia de Salamanca, España, encontraron 43 especies de aves, valores que son relativamente bajos si se comparan con los presentados en este trabajo.

No obstante, todos estos resultados, aunque valiosos, deben ser observados con cuidado ya que proceden de estudios en los que se han aplicado esfuerzos de muestreo diferentes.

En los sistemas silvopastoriles estudiados en Matiguás y Río Blanco, las especies *Crotophaga sulcirostris*, *Volatinia jacarina* y *Troglodytes aedon* son las predominantes en las tres campañas de muestreo. La familia Tyrannidae fue la más rica en especies de aves en los usos de suelos donde hay presencia de pastura ya que prefiere hábitats abiertos y secos y es la más representativa en el hemisferio occidental (Styles y Skutch 1999). En el estudio esta familia representa el 45% del total con relación a la proporción establecida en la lista patrón de Nicaragua (Martínez 2000).

Los hábitats difirieron en la riqueza, abundancia y diversidad. El Bosque Ripario presentó la mayor riqueza de especies posiblemente debido a la presencia de especies de árboles presentes en estos usos tales como *Guazuma ulmifolia*, *Byrsonima crassifolia* y *Gliricidia sepium* que debido a sus flores y frutos permiten a las aves tener una mayor disponibilidad de alimentos, además de brindarles un constante suministro de agua todo el año, todo lo cual concuerda con los resultados de Vilchez *et al.* (2004).

La Pastura natural con alta densidad de árboles presentó la mayor abundancia de aves indicando, como señalan Cárdenas *et al.* (2003) y Vilchez *et al.* (2004) que las pasturas juegan un papel importante en el paisaje porque reducen el efecto negativo de la fragmentación.

### Moluscos

En el caso de los moluscos los datos de riqueza pueden considerarse entre medios y altos. Se plantea que los valores de riqueza de especies en las comunidades oscilan entre 5 y 12 especies (Solem y Climo 1985), con valores a veces algo más altos, entre 20 y 30 especies (Pérez *et al.* 1996) y en ocasiones valores de más de 50 especies en algunas localidades notables (Solem y Climo 1985; Pérez y López 1995).

Los datos sobre riqueza de especies o diversidad en este grupo taxonómico son escasos para ecosistemas naturales (Pérez *et al.* 1996), y casi inexistentes en sistemas agrosilvopastoriles (Pérez *et al.* 2004), en este estudio sobre sistemas silvopastoriles de América Central los valores de riqueza de especies oscilaron entre ocho especies y 18, por lo que los valores obtenidos en este estudio, de 56 especies, pueden ser considerados altos, incluso en su comparación con valores obtenidos en ecosistemas naturales.

Por otra parte, los valores de diversidad según el índice de Shannon-Weaver obtenidos por Pérez *et al.* (2004) oscilaron entre  $H' = 0,72$  y  $H' = 1,94$ , por lo que los valores obtenidos en este estudio, con un mínimo de 1,45 y un máximo de 2,93, pueden ser considerados altos. Estos valores encontrados son incluso mayores que los valores de Pérez *et al.* (1996) para varios ecosistemas seminaturales estudiados en el Jardín Botánico de La Habana, Cuba, donde los valores oscilaron entre  $H' = 1,03$  y  $H' = 2,07$ .

Es interesante mencionar que, de acuerdo a los valores del Índice Biogeográfico obtenidos (Mín= 2,95, Máx= 3,69, X= 3,22), cuyos valores extremos son 5 para especies endémicas y 1 para especies cosmopolitas o de amplia distribución, las comunidades de moluscos que se presentan en los sistemas silvopastoriles tienden a estar compuestas por especies principalmente mesoamericanas y endémicas, lo que les aporta un valor agregado notable paralelo a la diversidad existente.

Es interesante señalar que, a diferencia de lo que sucede la región del Pacífico de Nicaragua, donde las Cercas vivas albergan una alta riqueza de especies de moluscos (Pérez 2002), las Cercas vivas en Matiguás y Paiwas, son para este grupo uno de los usos de suelo menos rico y diverso, aspecto que deberá ser estudiado en detalle en el futuro.

### **Conclusiones**

Los valores más altos de riqueza de especies en plantas, se encontraron en el Bosque Primario del Cerro Quirragua (S=46) y en los Bosques Riparios (S=43); en aves se encontraron en los Bosques Riparios (S=74) y en Bosques Secundarios Intervenidos (S=72); y en moluscos en Bosques Primarios (S= 31), seguidos por los Bosques Riparios (S= 23).

En cuanto a la diversidad, los valores más altos para plantas se encontraron en el Bosque Primario de Quirragua ( $H' = 3,34$ ) y en los Bosques Riparios ( $H' = 3,12$ ); para aves se encontraron en Bosques Riparios ( $H' = 3,92$ ) y Bosques Secundarios Intervenidos ( $H' = 3,86$ ); y en moluscos los Bosques Primarios ( $H' = 2,93$ ) y los Bosques Riparios ( $H' = 2,46$ ).



Los Bosques riparios son el uso de suelo más conservado y más biodiverso en el área de estudio, de acuerdo a nuestras observaciones, posiblemente en todo el país (**Fig. 11**).



**Figura 11.** Aspecto de un Bosque Ripario en la zona de estudio.

La mayor riqueza de especies, diversidad y equitatividad en general se encontró asociada a aquellos usos de tipo boscoso como Bosques Riparios, Bosques Primarios y Bosques Secundarios intervenidos. No obstante, las Cercas Vivas en el caso de las aves, y los Tacotales, en el caso de los moluscos, presentan una alta riqueza, diversidad y equitatividad.

Entre las especies de plantas más importantes para la conservación estuvieron *Liquidambar styraciflua* (Liquidámbar), *Pachira quinata* (Pochote) y *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste); entre las más importantes en términos de conservación en el caso de los aves se pueden citar *Chiroxiphia linearis* (Toledo), *Momotus momota* (Guardabarranco) y *Amblycercus holosericeus* (Cacique Pico Plata), y en el caso de los moluscos las especies más importantes fueron *Neocyclotus dysoni nicaragüense*, *Strobilops strebeli guatemalensis* y *Xenodiscula taintori*.

## Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por ABC-Gaia y el Banco Mundial. Agradecemos a los Drs. Rob Chipley y George Wallace, de ABC, el apoyo que nos han brindado en todo momento en relación con aspectos metodológicos y/o logísticos, lo que ha permitido el desarrollo exitoso de la primera fase del proyecto. Al Lic. Elías Ramírez, Coordinador nacional del proyecto, por su apoyo en todos los aspectos, y a la Lic. Aura Yorlene Cárdenas por los mapas de fincas que han servido de base para el desarrollo de nuestro trabajo. Pedro Argeñal y Herty Betancourt, todos de NITLAPAN UCA, por su apoyo en el trabajo de campo.

Queremos extender nuestro agradecimiento a la tesista del componente de aves, Sandra Hernández, a los tesisistas del componente de moluscos Xochlit Duarte y Lenin Aburto, así como a los estudiantes Andrés Largaespada, César Olivar y Eddy Rizo, de la carrera de Ingeniería en Calidad Ambiental de la Universidad Centroamericana (UCA) que han colaborado con el procesamiento de la información.

## Referencias

- Acosta, M., Mugica, L. 1988. Estructura de las comunidades de aves que habitan los bosques cubanos. *Ciencias Biológicas* 19-20: 9-19.
- Altonaga, K. 1988. *Estudio taxonómico y biogeográfico de las familias Endodontidae, Euconulidae, Zonitidae y Vitrinidae (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) de la península ibérica, con especial referencia al País Vasco y zonas adyacentes*. Tesis Doctoral (inérita). Universidad del País Vasco. 549 p.
- AOU. 1998. *Check-list of north american birds*. 7ma ed., Allen Press.
- Bergin, T.M., Best, L.B., Freemark, K.E., Koehler, K.J. 2000. Effects on landscape structure on nest predation in roadsides of a midwestern agroecosystem: a multiscale analysis. *Landscape Ecology* 15: 131-143.
- Cárdenas, G., Harvey, C., Ibrahim, M., Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitat en un paisaje fragmentado en cañas Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 78-85.
- CBM-MARENA. 2001. *Información CBM Nicaragua*. MARENA-SICA/CCAD-PNUD/GEF-GTZ-PNUMA-BANCO MUNDIAL. Managua. En soporte CD.
- Chiple, R., Wallace, G., Naranjo, L. 2003. *Manual para el Monitoreo de Biodiversidad*. Unpublished. American Bird Conservancy, Washington DC. 42 p.
- Colwell, R.K., Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345: 101-118.
- Esquivel, H., Villanueva, C., Ibrahim, M., Harvey, C., Benjamin, T., Sinclair, F. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 24-29.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R. 2002. Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, . *Biodiversity and conservation* 11: 1903-1918.
- Fournier, E., Loreau, M. 2001. Respective roles of recent edges and forest patch remnants in the maintenance of ground-beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in an agricultural landscape. *Landscape ecology* 16: 17-32.
- Gotelli, N.J. y Ellison, A.M. 2004. *A primer of ecological statistics*. Sinauer, Massachussets. 510 p.
- Harvey, C., et al. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 30-39.
- Hernández, B., Maes, J.M., Harvey, C., Vilchez, S., Medina, A., Sánchez, D. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40):93-102.
- Hill, M.O. 1973. Diversity of evenness: a unifying notation and its consequences. *Biology*, 54: 321-346
- Howell, S., Webb, S. 1995. *A guide to the birds of México and Northern Central América*. Oxford University press Inc. New York, USA. 851 p.
- INEC. 1995. *Censos Nacionales. Cifras oficiales finales* INEC, Managua. 46 p.
- INIFOM. 2004. Caracterizaciones (en línea). Disponible en <http://www.inifom.gob.ni/>
- Jeanneret, P., Schüpbach, B., Pfiffner, L., Walter, T. 2003. Arthropod reaction to landscape changes and avian features in agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 18: 253-263.
- Kessler, M., Herzog, S.K., Fjeldsa Back, K. 2001. Species richness and endemism of plant and bird communities along two gradients of elevation, humidity and land-use on the Bolivian Andes. *Biodiversity and Distributions* 7: 61-77.

- Kindt, R., Simons, A.J., van Damme, P. 2004. Do farm characteristics explain differences in tree species diversity among western Kemyan farms ?. *Agroforestry Systems* 63: 63-74.
- Lang, I., Lorraine, H.L.G., Harvey, C., Sinclair, F.L. 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas del Río Frio, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 86-92.
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawsdley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, S, Watt, A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76.
- Levard, L., Marín, Y., Navarro, I. 2001. Municipio de Matiguás, potenciales y limitantes del desarrollo agropecuario. *Cuaderno de Investigación* 11, Universidad Centroamericana, Managua. 83 pp.
- López, M., Gómez, R., Harvey, C., Villanueva, C. 2004. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 68: 114-133.
- Luna, G. 2005. *Comunidades de hormigas en agroecosistemas de la RAAS, Nicaragua*. Tesis de Licenciatura, UCA. Managua. 176 pp.
- Martínez-Sánchez, J.C. 2000. *Lista patrón de las aves de Nicaragua*. National Fish and Wildlife Foundation-Fundación Cocibolca-GTZ, Managua. 59 pp.
- Medina, A., Harvey, C., Vilchez, S., Sánchez, D., Hernández, B. 2004. Diversidad y composición de Chiropteros en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 68: 24-43.
- Morales, D., Chaves, M., Rocha, L. 2002. *Análisis del cambio de cobertura arbórea en una microcuenca del Río Bulbul, Matiguás, Nicaragua, para los años 1954, 1968, 1981 y 1987*. Informe inédito, Turrialba, Costa Rica. 26 pp.
- Naranjo, L.G. 2004. *Wild birds in Latin American pasture lands* (en línea). Disponible en <http://www.virtualcentre.org>.
- Pérez, A.M. 2002. Redes ecológicas: un uso alternativo del término y su aplicación a la conservación de la diversidad *in situ*. Un enfoque preliminar. *Gaia* 2: 1-10.
- Pérez, A.M., López, A. 1995. La diversidad malacológica en Nicaragua: aproximaciones a un nuevo enfoque. *Encuentro* 43: 59-72.
- Pérez, A.M., López, A. 2002. *Atlas de los moluscos continentales del Pacífico de Nicaragua*. Editorial UCA, Managua. 312 pp.
- Pérez, A.M., Vilaseca, J.C., Ziane, N. 1996. Sinecología básica de moluscos terrestres en cuatro formaciones vegetales de Cuba. *Rev. Biol. Trop.* 44(1): 133-146.
- Pérez, A.M., Bornemann, G., Campo, L., Arana, I., Sotelo, M., Ramírez, F., Castañeda, E. 2004. Biodiversidad y producción en sistemas silvopastoriles. *Cuadernos de Investigación UCA*, 15, 77 pp.
- Peris, S.J., Masa, A.I. 1992. Comunidades nidificantes y invernantes de aves del encinar adhesado (*Quercus rotundifolia*) del centro-oeste de la Pnínsula Ibérica. *Airo* 3(3): 75-82.
- Petit, S. y Usher, M.B. 1998. Biodiversity in agricultural landscapes: the ground beetle communities of woody uncultivated habitats. *Biodiversity and conservation* 7: 1549-1561.
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York.
- Poveda, L., Sánchez-Vindas, P. 1999. *Arboles y palmas del Pacífico Norte de Costa Rica. Claves dendrológicas*. Editorial Guayacán, Heredia, Costa Rica. 186 pp.
- Radulovich, R. 1994. *Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional*. Serie Técnica, Informe Técnico No. 222, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 190 pp.

- Ricketts, T.H., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Pay, J.P. 2001. Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape: biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15(2): 378-388.
- Salas, J. 1993. *Arboles de Nicaragua*. IRENA, Managua. 390 pp.
- Sánchez, D., López, M., Medina, A., Gómez, R., Harvey, C., Vílchez, S., Hernández, B., López, F., Joya, M., Sinclair, F.L., Kunth, S. 2004. Importancia ecológica y socioeconómica de la cobertura arbórea en un paisaje fragmentado de bosque seco de Belén, Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 68: 7-23.
- Schelhas, J., Greenberg, R. 1993. *Los fragmentos de bosques en el paisaje tropical y la conservación de las aves migratorias*. Migratory Bird Conservation Policy Paper N° 1. Smithsonian Migratory Bird Center National Zoological Park. Washinton, DC.
- Schulze, C.H., Waltert, M, Kessler, P.J.A., Pitopang, R., Veddeler, D., Mühlenberg, M., Gradstein, S.R., Leuschner, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T. 2004. Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: comparing plants, birds and insects. *Ecological Applications* 14(5): 1321-1333.
- Shannon, C.E., Weaver, C. 1949. *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J. 1981. *The principles and practice of statistics in Biological research*. State University of New York at Stony Brook. 859 pp.
- Solem, A., Climo, F.M. 1985. Structure and habitat correlations of sympatric New Zealand land snail species. *Malacologia* 26 (1-2): 1-30.
- Stiles, F.G., Skutch, A. 1998. *Guía de Aves de Costa Rica*. 2ª ed. INBIO, Heredia, Costa Rica. 702 pp.
- Tansley, A.G., Chipp, T.F. 1926. *Aims and methods in the study of vegetation*. Br. Emp. Veg. Comm., Whitefriars Press, London. 383 pp.
- Vílchez, S., Harvey, C., Sánchez, D., Medina, D., Hernández, B. 2004. Diversidad de aves en un paisaje fragmentado. *Encuentro* 68: 60-75.
- Villanueva, C., Ibrahim, M., Harvey, C., Esquivel, H. 2003. Tipología de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 9-16.
- Weibull, A.C., Ostman, O., Granquist, A. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* 12: 1335-1355.
- Wunderle, J.M 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. *USDA, Forest Service. General Technical Report SO-100*. 28 pp.