



**UNNE**

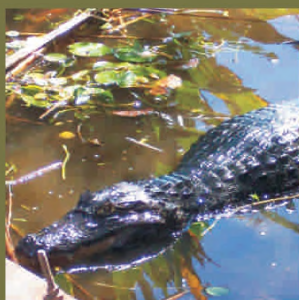
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL  
NORDESTE

RECTORADO

CENTRO de GESTIÓN AMBIENTAL y ECOLOGÍA

# manual de Biodiversidad de CHACO, CORRIENTES Y FORMOSA

Dirigido por Nora Indiana Basterra y Juan José Neiff  
Compilado por Sylvina Lorena Casco



2008

Editorial  
Universitaria  
de la Universidad  
Nacional del Nordeste



# Manual de Biodiversidad de Chaco, Corrientes y Formosa

*Dirigido por Nora Indiana Basterra y Juan José Neiff*

*Compilado por Sylvia Lorena Casco*

Universidad Nacional del Nordeste  
Rectorado  
Centro de Gestión Ambiental y Ecología  
**2008**



Manual de Biodiversidad de Chaco, Corrientes y Formosa/  
Sylvina Lorena Casco...[et al.]; compilado por Sylvina Lorena  
Casco; dirigido por Nora Indiana Basterra y Juan José Neiff. - 1ª  
ed. –Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste, 2008. 346 p.,  
30 x 20 cm

ISBN 978-950-656-114-7

1. Biodiversidad. I. Casco, Sylvina Lorena, comp. II. Basterra,  
Nora Indiana, dir. III. Neiff, Juan José, dir.

CDD 574.5

**Este Manual contó con el apoyo financiero del Gobierno de la Provincia de  
Formosa y del Consejo Federal de Inversiones (CFI)**

#### **Dirección**

##### **NORA INDIANA BASTERRA**

Ing. Hidráulica, Mgter. en Gestión Ambiental  
Directora del Centro de Gestión Ambiental y Ecología  
Universidad Nacional del Nordeste  
Resistencia (Chaco)-Argentina

##### **JUAN JOSÉ NEIFF**

Mgter. en Ecología Acuática, Dr. en Ciencias Biológicas  
Director del Centro de Ecología Aplicada del Litoral  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
Corrientes-Arentina

#### **Compilación**

##### **SYLVINA LORENA CASCO**

Prof. en Biología, Dra. en Ciencias Biológicas.  
Área Biodiversidad-Centro de Gestión Ambiental y Ecología  
Universidad Nacional del Nordeste.  
Resistencia (Chaco)-Argentina

#### **Revisión pedagógica**

Dra. Aurora Cristina Armúa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE.  
Lic. María Graciela Fernández, Facultad de Humanidades, UNNE. Dirección de Enseñanza Superior-Corrientes.  
Lic. Patricia Demuth, Facultad de Humanidades, UNNE.

**Diseño de tapa:** Alberto Correa Alarcón

Primera Edición, 2008

EUDENE

Copyright © 2008, Universidad Nacional del Nordeste  
25 de mayo 868. (3400) Corrientes. Argentina

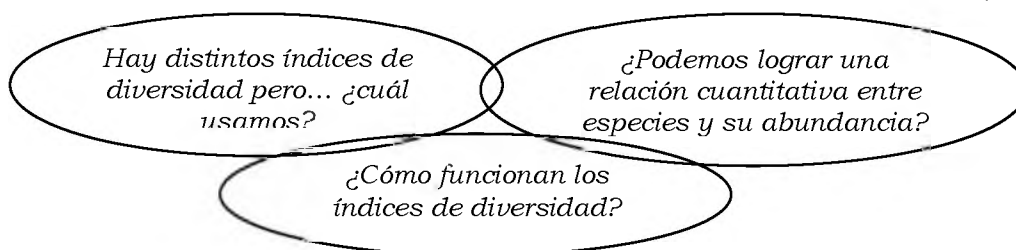
Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

**ISBN 978-950-656-114-7**

## ¿Podemos medir la biodiversidad de los ecosistemas?

### Un A-B-C para principiantes

S.L. CASCO, N.I. BASTERRA y J.J. NEIFF



Para responder a estas preguntas es necesario disponer de herramientas que permitan comparar situaciones diferentes. En primer lugar, hay que establecer la escala con la cual estaremos presentando nuestro análisis. A nivel de la biosfera, hay bastante consenso en que la riqueza de especies aumenta generalmente desde los polos hacia el ecuador y desde el nivel del mar hasta las cumbres de las montañas más elevadas y que puede encontrarse una disminución de la diversidad con el grado de insularidad de los ecosistemas, según se ha postulado en los trabajos de Mc Arthur (1969; 1972) y de otros autores.

Para analizar estas tendencias en escala regional y local, surgió la idea de utilizar índices que permitan comparar la complejidad biótica de distintos sitios (Fisher *et al.*, 1943), por entender que era necesario relacionar la "calidad" del sistema, con el número de los elementos componentes (especies, biomasa, otro indicador), especialmente porque una simple lista de especies, contiene organismos muy diferentes funcionalmente, siendo fácil percibir que aún dentro de un mismo género, hay especies de muy variado tamaño. Una lista de especies encontradas en un sitio puede ser un valioso indicador de diversidad biótica, pero es necesario contar con mediciones complementarias que permitan conocer si el valor encontrado es representativo de toda la parcela, cuánto varía espacialmente, cuánto cambia este valor en el tiempo.

Se han desarrollado distintos índices de diversidad específica, números que expresan la complejidad, como unidades de diversidad e informan sobre la probabilidad de encontrar a un grupo de especies en un sitio determinado. En algunos de estos índices las unidades se expresan como "*bit*", **Bit** es el acrónimo de *Binary digit* (dígito binario). Un bit es un dígito del sistema de numeración binario. A diferencia del sistema decimal que usa diez dígitos, en el binario se usan sólo dos dígitos, el 0 y el 1. Un bit o dígito binario puede representar uno de esos dos valores, **0** ó **1**. Por ejemplo, la llave de luz de una habitación es un sistema binario: prende (uno) o apaga la luz (cero). La diversidad también puede ser un sistema binario: una especie está presente (uno), ausente (cero).

Se reconocen tres tipos de diversidad:

- **Diversidad alfa ( $\alpha$ ):** que se define como la diversidad de especies de una comunidad que vive en un sitio dado. Ejemplo: un palmar en Formosa.

- **Diversidad beta ( $\beta$ ):** que se obtiene cuando se comparan ambientes funcionalmente semejantes, en distintos sitios, tratando de conocer la tasa de cambio de especies entre un sitio y otro. Ejemplo: palmares de Chaco y de Formosa.



# Manual de Biodiversidad...

• **Diversidad gamma ( $\gamma$ ):** se obtiene cuando se establecen las diferencias entre hábitats similares en regiones separadas. Ejemplo: palmares de Chaco y Formosa, con otros de Sudamérica.

Comúnmente, el análisis de diversidad se realiza en el medio natural, bosques, lagos, bañados, pastizales. En este ejemplo, con fines didácticos, se decidió plantear un caso en el que se estudian tres ciudades con el mismo criterio con el que se trabaja en sistemas naturales. Este ejercicio y el ejemplo tomado, permite imaginar más fácilmente el cálculo, ver la utilidad de estos índices y sus limitaciones.

## PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ÍNDICES

Deben tenerse en cuenta tres componentes: la riqueza de especies, su abundancia y la equitabilidad (permite conocer si la abundancia está regularmente distribuida en todas las especies de la muestra, o no).

Influyen también en forma decisiva factores como la intensidad del muestreo, la relación área/Nº de especies, el error entre distintos operadores que tomen las muestras y, aun, el error de un mismo operador en sucesivas repeticiones. Es conveniente siempre calcular varios índices para poder suponer alguna tendencia de la diversidad biológica del área en cuestión. Como ya se verá, los índices son sensibles a la riqueza de especies.

Para tener una mejor idea de las diferencias espaciales, se tomaron tres ciudades del nordeste de Argentina, que ocupan área semejante y que no difieren demasiado demográficamente: Corrientes, Resistencia y Formosa.

Para el análisis se utilizó el listado de los rubros que representan a las principales actividades que se desarrollan en una ciudad (abogados, médicos, mecánicos, venta de autos, supermercados, etc.) como aparecen en las páginas amarillas de la guía de teléfonos. Cada uno de estos rubros representará, en este análisis, el equivalente a una **especie** y, el número de citas o menciones que haya dentro de cada uno de estos rubros, será el equivalente al **número de individuos** de cada especie. Esta analogía seguramente no es enteramente correcta, pero permite visualizar el significado de “especies” e “individuos” cuando son utilizados en los índices de diversidad.

De todos los rubros que figuran en la Asociación de Producción, Industria y Comercio de Corrientes (APICC), Resistencia y Formosa, se tomaron sólo aquellos que pueden ser identificados de manera inequívoca, ejemplo “*artesanías*”, “*agencias de remises*”. Puede advertirse que, en la mayoría de los rubros, hay cierto grado de heterogeneidad (agencias de remises urbanos, interurbanos, diferentes por la calidad de los servicios y de los móviles que poseen). Esto no debería invalidar el uso de los índices en el caso escogido, ya que en la naturaleza las especies no son entidades fijas y tienen heterogeneidad intrapoblacional (diferencias morfológicas y fisiológicas entre individuos).

En algunos casos, se encuentran rubros diferentes, pero que tienen características estructurales semejantes y funciones similares, por lo que se los agrupó en un mismo rubro (“especie”). Por ejemplo, en el caso del rubro (especie) **Boutique** en Corrientes hay 53, en Resistencia 45 y en Formosa 108 (Tabla 1).



# Manual de Biodiversidad...

**Tabla 1.** Abundancia de rubros en las ciudades consideradas.

	RUBROS	CORRIENTES	RESISTENCIA	FORMOSA
1	Agencias de Remises	1	0	0
2	Artesanías	28	2	0
3	Asociación civil	4	5	0
4	Automotores/Motocicletas (Concesionarios)	25	8	98
5	Bicicleterías/Repuestos	3	3	0
6	<b>Boutique/Ropas/Calzados/Mercerías/Sederías</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>108</b>
7	Camping/Caza/Pesca/Armería	8	3	0
8	Cementerio Privado/Servicios fúnebres	3	3	1
9	Comestibles/Bebidas/Supermercados/Kioscos	44	56	361
10	Confecciones/Composturas/Cueros	6	3	24
11	Construcción/Materiales/Empresas	40	53	67
12	Educación	13	6	43
13	Empresas/Fábricas/Hoteles	16	22	0
14	Estaciones de servicios	6	15	11
15	Estética/Peluquerías/Gimnasios	7	12	74
16	Exportador	5	0	0
17	Forrajerías y Alimentos balanceados/ Veterinarias/Agroquímicas/Viveros/Florerías/Avícolas	9	14	2
18	Fotografía	4	3	11
19	Gastronomía/Restaurantes/Bares/Pizzerías/Heladerías	1	2	99
20	Herboresterías	0	0	5
21	Imprentas/Gráficas/Editoriales	7	13	14
22	Informática	4	1	3
23	Inmobiliarias	32	17	11
24	Instrumentos musicales	0	2	0
25	Juegos de azar	0	2	69
26	Librerías	15	12	56
27	Logística	0	2	0
28	Mecánica en general	5	8	117
29	Medicamentos/Farmacias/Perfumerías/ Laboratorios Medicinales	39	32	48
30	Medios de difusión/Agencia de publicidad	9	21	11
31	Ópticas	5	7	0
32	Profesionales	14	10	104
33	Regalerías/Joyerías	25	4	51
34	Repuestos automotores	11	36	152
35	Salud/Clinicas/Sanatorios/Privados	6	4	0
36	Seguridad	5	0	5
37	Seguro automotor	12	7	0
38	Servicio Técnico/Máquinas de coser y tejer	11	10	43
39	Servicio de Limpieza	2	1	17
40	Telecomunicaciones	4	8	46
41	Transportes	3	8	43
42	Turismo	10	7	0
	<b>Total</b>	<b>496</b>	<b>467</b>	<b>1694</b>



# Manual de Biodiversidad...

De acuerdo a Magurran (1989) las medidas de diversidad de especies pueden dividirse en tres categorías principales:

- **Índices de riqueza de especies (S):** que constituyen una medida del número de especies en un espacio y momento dado. Estos índices brindan información útil de *diversidad específica actual*. Puede ocurrir que estemos interesados en conocer la *riqueza específica potencial* de ese sitio (Neiff, 1997) y para esto, hacemos una lista con todas las especies que fueron encontradas históricamente para ese sitio, utilizando la información residente en herbarios, museos, trabajos e informes publicados. Este procedimiento es de mucha utilidad cuando existen muchas colecciones realizadas por distintos naturalistas y cuando se trata de ambientes que varían mucho en el tiempo. Se debe distinguir entre:

- ✓ **Riqueza numérica de especies:** que es el número de especies por número de individuos presentes. En el ejemplo, para Corrientes corresponde a 39, para Resistencia sería 38 y para Formosa 29 (Tabla 2).

- ✓ **Densidad de especies:** que es el número de especies por área de recolección. En el ejemplo: **Corrientes** (Capital) tiene 38,08 km<sup>2</sup> y 39 especies (rubros); entonces, su densidad de especies (rubros) es igual a  $39/38,08 = 1,02$ . Siguiendo el mismo procedimiento, la densidad de “especies” para **Resistencia** es 0,72 (en una superficie de 52,8 km<sup>2</sup>) y **Formosa**, con 25,09 km<sup>2</sup> de superficie, tiene una densidad de especies de 1,15 (Tabla 2).

- **Modelos de abundancia de especies:** describen la distribución de su abundancia en el sitio estudiado.

- **Índices basados en la abundancia proporcional de especies:** como el de Shannon y el de Simpson, que intentan resolver la riqueza y uniformidad de una manera simple, como se analiza luego.

**Tabla 2.** Riqueza numérica y densidad de especies en las tres ciudades.

	CORRIENTES	RESISTENCIA	FORMOSA
Riqueza de especies (S)	39	38	29
Densidad de especies por m <sup>2</sup>	1,02	0,72	1,15
Número total de individuos (N)	496	467	1694

Se aplicaron tres índices de diversidad en el ejemplo considerado:

✓ **Índice de Margalef.** Es un índice de riqueza de especies. Cuanto mayor es el valor de este índice, mayor es la diversidad. Su expresión es:

$$D = (S - 1) / \ln N$$

Siendo **S** la riqueza o número de especies y **N** el número total de individuos de la muestra.

Para **Corrientes**, el resultado de este índice es:

$$D = 42 - 1 / \ln 496 \rightarrow 41 / 6,21 = 6,61$$

Para **Resistencia**, el resultado de este índice es:

$$D = 42 - 1 / \ln 467 \rightarrow 41 / 6,15 = 6,67$$

Para **Formosa**, el resultado de este índice es:

$$D = 42 - 1 / \ln 1694 \rightarrow 46 / 7,43 = 5,51$$

En este caso, Resistencia sería la ciudad más diversa.



## Manual de Biodiversidad...

✓ Índice de Simpson. Es un índice estructural de dominancia, pudiéndose calcular la diversidad como  $1-\lambda$ . A medida que el índice aumenta, la diversidad decrece. Se expresa como:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Siendo  $p_i$  la proporción del número de individuos de la especie  $i$ , con respecto a  $N$ . Se calcula:  $p_i = n_i/N$ .

Donde:  $n_i$  = N° individuos de la especie  $i$ ;  $N$  = N° total de individuos de la muestra.

En el ejemplo, el número de individuos de la especie  $i$ , corresponde al número de negocios o registros en cada rubro, es decir:

Para Corrientes, en el rubro **Construcción/Materiales/Empresas/**, por ejemplo, hay **40** negocios, sobre un  $N$  de **496**, entonces,  $40/496 = 0,08$  y este número elevado al cuadrado  $= 0,006$  (Tabla 3a).

De esta manera se procedió con todos los rubros y la suma de todos los  $p_i^2$  ( $\lambda$ ) =, para Corrientes = 0,052. La diversidad es  $1 - \lambda$ , entonces el índice de Simpson para Corrientes es = **0,95**.

Para Resistencia (Tabla 3a) y Formosa (Tabla 3b) se procedió de la misma manera, obteniéndose para el índice de Simpson **0,94** y **0,92**, respectivamente.

Según este índice, Corrientes sería la ciudad menos diversa, ya que tiene un valor ligeramente mayor que las otras ciudades.

✓ Índice de Shannon-Wiener. A veces incorrectamente denominado Índice de Shannon-Weaver, procede de la Teoría de la Información y se expresa como:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Siendo  $p_i$  la proporción de individuos de la especie  $i$ , es decir,  $p_i = n_i/N$ .

Es un índice estructural de equidad, que resulta útil cuando todas las especies están representadas en la muestra. Varía entre 0 y 1 bit. En nuestro ejemplo, aunque en Corrientes no estén representados 5 rubros ("*especies*"), en Resistencia 4 y en Formosa 15, aplicamos este índice sólo para dar una idea de las magnitudes que podrían obtenerse. Este índice está muy influenciado por las diferencias en la abundancia de las especies en la muestra.

En Corrientes (Tabla 4), Resistencia (Tabla 5) y Formosa (Tabla 6) este índice resultó en 11,1 y 10,7 y 8,86, respectivamente.



# Manual de Biodiversidad...

**Tabla 3a.** Cálculos parciales para la obtención del índice de Simpson en Corrientes y Resistencia.

Rubros	Corrientes			Resistencia		
	Nº negocios	ni/N= pi	pi²	Nº negocios	ni/N= pi	pi²
Agencias de Remises	1	0,002	0,000	0	0,000	0,000
Artesanías	28	0,056	0,003	2	0,004	0,000
Asociación civil	4	0,008	0,000	5	0,011	0,000
Automotores/Motocicletas (Concesionarios)	25	0,050	0,003	8	0,017	0,000
Bicicleterías/Repuestos	3	0,006	0,000	3	0,006	0,000
Boutique/Ropas/Calzados/Mercerías/Sederías	53	0,107	0,011	45	0,096	0,009
Camping/Caza/Pesca/Armería	8	0,016	0,000	3	0,006	0,000
Cementerio Privado/Servicios fúnebres	3	0,006	0,000	3	0,006	0,000
Comestibles/Bebidas/Supermercados/Kioscos	44	0,089	0,008	56	0,120	0,014
Confecciones/Composturas/Cueros	6	0,012	0,000	3	0,006	0,000
Construcción/Materiales/Empresas	40	0,081	0,007	53	0,113	0,013
Educación	13	0,026	0,001	6	0,013	0,000
Empresas/Fábricas/Hoteles	16	0,032	0,001	22	0,047	0,002
Estaciones de servicios	6	0,012	0,000	15	0,032	0,001
Estética/Peluquerías/Gimnasios	7	0,014	0,000	12	0,026	0,001
Exportador	5	0,010	0,000	0	0,000	0,000
Forrajerías,y Alimentos balanceados/Veterinarias/						
Agroquímicas/Viveros/Florerías/Avícolas	9	0,018	0,000	14	0,030	0,001
Fotografía	4	0,008	0,000	3	0,006	0,000
Gastronomía/Restaurantes/Bares/Pizzerías/Heladerías	1	0,002	0,000	2	0,004	0,000
Herbosterías	1	0,002	0,000	0	0,000	0,000
Imprentas/Gráficas/Editoriales	7	0,014	0,000	13	0,028	0,001
Informática	4	0,008	0,000	1	0,002	0,000
Inmobiliarias	32	0,065	0,004	17	0,036	0,001
Instrumentos musicales	0	0,000	0,000	2	0,004	0,000
Juegos de azar	0	0,000	0,000	2	0,004	0,000
Librerías	15	0,030	0,001	12	0,026	0,001
Logística	0	0,000	0,000	2	0,004	0,000
Mecánica en general	5	0,010	0,000	8	0,017	0,000
Medicamentos/Farmacias/Perfumerías/Lab. Medicinales	39	0,079	0,006	32	0,069	0,005
Medios de difusión/Agencia de publicidad	9	0,018	0,000	21	0,045	0,002
Ópticas	5	0,010	0,000	7	0,015	0,000
Profesionales	14	0,028	0,001	10	0,021	0,000
Regalerías/Joyerías	25	0,050	0,003	4	0,009	0,000
Repuestos automotores	11	0,022	0,000	36	0,077	0,006
Salud/Clinicas/Sanatorios/Privados	6	0,012	0,000	4	0,009	0,000
Seguridad	5	0,010	0,000	0	0,000	0,000
Seguro automotor	12	0,024	0,001	7	0,015	0,000
Servicio Técnico/Máquinas de coser y tejer	11	0,022	0,000	10	0,021	0,000
Servicio de Limpieza	2	0,004	0,000	1	0,002	0,000
Telecomunicaciones	4	0,008	0,000	8	0,017	0,000
Transportes	3	0,006	0,000	8	0,017	0,000
Turismo	10	0,020	0,000	7	0,015	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>496</b>		<b>0,052</b>	<b>467</b>		<b>0,060</b>



# Manual de Biodiversidad...

**Tabla 3b.** Cálculos parciales para la obtención del índice de Simpson en Formosa.

Rubros	Formosa		
	Nº negocios	ni/N= pi	pi²
Agencias de Remises	0	0,000	0,000
Artesanías	0	0,000	0,000
Asociación civil	0	0,000	0,000
Automotores/Motocicletas (Concesionarios)	98	0,058	0,003
Bicicleterías/Repuestos	0	0,000	0,000
Boutique/Ropas/Calzados/Mercerías/Sederías	108	0,064	0,004
Camping/Caza/Pesca/Armería	0	0,000	0,000
Cementerio Privado/Servicios fúnebres	1	0,001	0,000
Comestibles/Bebidas/Supermercados/Kioscos	361	0,213	0,045
Confecciones/Composturas/Cueros	24	0,014	0,000
Construcción/Materiales/Empresas	67	0,040	0,002
Educación	43	0,025	0,001
Empresas/Fábricas/Hoteles	0	0,000	0,000
Estaciones de servicios	11	0,006	0,000
Estética/Peluquerías/Gimnasios	74	0,044	0,002
Exportador	0	0,000	0,000
Forrajerías y Alimentos balanceados/Veterinarias/Agroquímicas/Viveros/Florerías/Avícolas	2	0,001	0,000
Fotografía	11	0,006	0,000
Gastronomía/Restaurantes/Bares/Pizzerías/Heladerías	99	0,058	0,003
Herbosterías	5	0,003	0,000
Imprentas/Gráficas/Editoriales	14	0,008	0,000
Informática	3	0,002	0,000
Inmobiliarias	11	0,006	0,000
Instrumentos musicales	0	0,000	0,000
Juegos de azar	69	0,041	0,002
Librerías	56	0,033	0,001
Logística	0	0,000	0,000
Mecánica en general	117	0,069	0,005
Medicamentos/Farmacias/Perfumerías/Lab. Medicinales	48	0,028	0,001
Medios de difusión/Agencia de publicidad	11	0,006	0,000
Ópticas	0	0,000	0,000
Profesionales	104	0,061	0,004
Regalerías/Joyerías	51	0,030	0,001
Repuestos automotores	152	0,090	0,008
Salud/Clinicas/Sanatorios/Privados	0	0,000	0,000
Seguridad	5	0,003	0,000
Seguro automotor	0	0,000	0,000
Servicio Técnico/Máquinas de coser y tejer	43	0,025	0,001
Servicio de Limpieza	17	0,010	0,000
Telecomunicaciones	46	0,027	0,001
Transportes	43	0,025	0,001
Turismo	0	0,000	0
<b>TOTAL</b>	<b>1694</b>		<b>0,084</b>



# Manual de Biodiversidad...

**Tabla 4.** Cálculos parciales para la obtención del índice de Shannon en Corrientes.

	Rubro/Especie	Nº negocios/ registros	ni/N= pi	ln pi	ln pi²	pi.lnpi²
1	Agencias de Remises	1	0,002	-6,207	38,522	0,078
2	Artesanías	28	0,056	-2,874	8,262	0,466
3	Asociación civil	4	0,008	-4,820	23,235	0,187
4	Automotores/Motocicletas (Concesionarios)	25	0,050	-2,988	8,926	0,450
5	Bicicleterías/Repuestos	3	0,006	-5,108	26,091	0,158
6	Boutique/Ropas/Calzados/Mercerías/Sederías	53	0,107	-2,236	5,001	0,534
7	Camping/Caza/Pesca/Armería	8	0,016	-4,127	17,033	0,275
8	Cementerio Privado/Servicios fúnebres	3	0,006	-5,108	26,091	0,158
9	Comestibles/Bebidas/Supermercados/Kioscos	44	0,089	-2,422	5,868	0,521
10	Confecciones/Composturas/Cueros	6	0,012	-4,415	19,491	0,236
11	Construcción/Materiales/Empresas	40	0,081	-2,518	6,339	0,511
12	Educación	13	0,026	-3,642	13,261	0,348
13	Empresas/Fábricas/Hoteles	16	0,032	-3,434	11,792	0,380
14	Estaciones de servicios	6	0,012	-4,415	19,491	0,236
15	Estética/Peluquerías/Gimnasios	7	0,014	-4,261	18,153	0,256
16	Exportador	5	0,010	-4,597	21,134	0,213
17	Forrajerías y Alimentos balanceados/Veterinarias/ Agroquímicas/Viveros/Florerías/Avícolas	9	0,018	-4,009	16,075	0,292
18	Fotografía	4	0,008	-4,820	23,235	0,187
19	Gastronomía/Restaurantes/Bares/Pizzerías/Heladerías	1	0,002	-6,207	38,522	0,078
20	Herboresterías	1	0,002	0,000	0,000	0,000
21	Imprentas/Gráficas/Editoriales	7	0,014	-4,261	18,153	0,256
22	Informática	4	0,008	-4,820	23,235	0,187
23	Inmobiliarias	32	0,065	-2,741	7,512	0,485
24	Instrumentos musicales	0	0,000	0,000	0,000	0,000
25	Juegos de azar	0	0,000	0,000	0,000	0,000
26	Librerías	15	0,030	-3,499	12,240	0,370
27	Logística	0	0,000	0,000	0,000	0,000
28	Mecánica en general	5	0,010	-4,597	21,134	0,213
29	Medicamentos/Farmacias/Perfumerías/Lab.Medicinales	39	0,079	-2,543	6,467	0,508
30	Medios de difusión/Agencia de publicidad	9	0,018	-4,009	16,075	0,292
31	Ópticas	5	0,010	-4,597	21,134	0,213
32	Profesionales	14	0,028	-3,568	12,727	0,359
33	Regalerías/Joyerías	25	0,050	-2,988	8,926	0,450
34	Repuestos automotores	11	0,022	-3,809	14,506	0,322
35	Salud/Clinicas/Sanatorios/Privados	6	0,012	-4,415	19,491	0,236
36	Seguridad	5	0,010	-4,597	21,134	0,213
37	Seguro automotor	12	0,024	-3,722	13,851	0,335
38	Servicio Técnico/Máquinas de coser y tejer	11	0,022	-3,809	14,506	0,322
39	Servicio de Limpieza	2	0,004	-5,513	30,398	0,123
40	Telecomunicaciones	4	0,008	-4,820	23,235	0,187
41	Transportes	3	0,006	-5,108	26,091	0,158
42	Turismo	10	0,020	-3,904	15,241	0,307



**Tabla 5.** Cálculos parciales para la obtención del índice de Shannon en Resistencia.

	Rubro/Especie	Nº negocios/ registros	$n_i/N =$ $p_i$	$\ln p_i$	$\ln p_i^2$	$p_i \cdot \ln p_i^2$
1	Agencias de Remises	0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Artesanías	2	0,004	-5,453	29,737	0,127
3	Asociación civil	5	0,011	-4,537	20,583	0,220
4	Automotores/Motocicletas (Concesionarios)	8	0,017	-4,067	16,540	0,283
5	Bicicleterías/Repuestos	3	0,006	-5,048	25,479	0,164
6	Boutique/Ropas/Calzados/Mercerías/Sederías	45	0,096	-2,340	5,474	0,527
7	Camping/Caza/Pesca/Armería	3	0,006	-5,048	25,479	0,164
8	Cementerio Privado/Servicios fúnebres	3	0,006	-5,048	25,479	0,164
9	Comestibles/Bebidas/Supermercados/Kioscos	56	0,120	-2,121	4,499	0,539
10	Confecciones/Composturas/Cueros	3	0,006	-5,048	25,479	0,164
11	Construcción/Materiales/Empresas	53	0,113	-2,176	4,735	0,537
12	Educación	6	0,013	-4,355	18,962	0,244
13	Empresas/Fábricas/Hoteles	22	0,047	-3,055	9,335	0,440
14	Estaciones de servicios	15	0,032	-3,438	11,822	0,380
15	Estética/Peluquerías/Gimnasios	12	0,026	-3,661	13,406	0,344
16	Exportador	0	0,000	0,000	0,000	0,000
17	Forrajerías y Alimentos balanceados/Veterinarias/ Agroquímicas/Viveros/Florerías/Avícolas	14	0,030	-3,507	12,301	0,369
18	Fotografía	3	0,006	-5,048	25,479	0,164
19	Gastronomía/Restaurantes/Bares/Pizzerías/Heladerías	2	0,004	-5,453	29,737	0,127
20	Herboresterías	0	0,000	0,000	0,000	0,000
21	Imprentas/Gráficas/Editoriales	13	0,028	-3,581	12,826	0,357
22	Informática	1	0,002	-6,146	37,777	0,081
23	Inmobiliarias	17	0,036	-3,313	10,977	0,400
24	Instrumentos musicales	2	0,004	-5,453	29,737	0,127
25	Juegos de azar	2	0,004	-5,453	29,737	0,127
26	Librerías	12	0,026	-3,661	13,406	0,344
27	Logística	2	0,004	-5,453	29,737	0,127
28	Mecánica en general	8	0,017	-4,067	16,540	0,283
29	Medicamentos/Farmacias/Perfumerías/Lab.Medicinales	32	0,069	-2,681	7,186	0,492
30	Medios de difusión/Agencia de publicidad	21	0,045	-3,102	9,621	0,433
31	Ópticas	7	0,015	-4,200	17,644	0,264
32	Profesionales	10	0,021	-3,844	14,774	0,316
33	Regalerías/Joyerías	4	0,009	-4,760	22,658	0,194
34	Repuestos automotores	36	0,077	-2,563	6,568	0,506
35	Salud/Clinicas/Sanatorios/Privados	4	0,009	-4,760	22,658	0,194
36	Seguridad	0	0,000	0,000	0,000	0,000
37	Seguro automotor	7	0,015	-4,200	17,644	0,264
38	Servicio Técnico/Máquinas de coser y tejer	10	0,021	-3,844	14,774	0,316
39	Servicio de Limpieza	1	0,002	-6,146	37,777	0,081
40	Telecomunicaciones	8	0,017	-4,067	16,540	0,283
41	Transportes	8	0,017	-4,067	16,540	0,283
42	Turismo	7	0,015	-4,200	17,644	0,264

# Manual de Biodiversidad...

**Tabla 6.** Cálculos parciales para la obtención del índice de Shannon en Formosa.

	Rubro/Especie	Nº negocios/ registros	ni/N= pi	ln pi	ln pi <sup>2</sup>	pi.lnpi <sup>2</sup>
1	Agencias de Remises	0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Artesanías	0	0,000	0,000	0,000	0,000
3	Asociación civil	0	0,000	0,000	0,000	0,000
4	Automotores/Motocicletas (Concesionarios)	98	0,058	-2,850	8,122	0,470
5	Bicicleterías/Repuestos	0	0,000	0,000	0,000	0,000
6	Boutique/Ropas/Calzados/Mercerías/Sederías	108	0,064	-2,753	7,577	0,483
7	Camping/Caza/Pesca/Armería	0	0,000	0,000	0,000	0,000
8	Cementerio Privado/Servicios fúnebres	1	0,001	-7,435	55,277	0,033
9	Comestibles/Bebidas/Supermercados/Kioscos	361	0,213	-1,546	2,390	0,509
10	Confecciones/Composturas/Cueros	24	0,014	-4,257	18,120	0,257
11	Construcción/Materiales/Empresas	67	0,040	-3,230	10,434	0,413
12	Educación	43	0,025	-3,674	13,496	0,343
13	Empresas/Fábricas/Hoteles	0	0,000	0,000	0,000	0,000
14	Estaciones de servicios	11	0,006	-5,037	25,371	0,165
15	Estética/Peluquerías/Gimnasios	74	0,044	-3,131	9,802	0,428
16	Exportador	0	0,000	0,000	0,000	0,000
17	Forrajeras y Alimentos balanceados/Veterinarias/ Agroquímicas/Viveros/Florerías/Avícolas	2	0,001	-6,742	45,451	0,054
18	Fotografía	11	0,006	-5,037	25,371	0,165
19	Gastronomía/Restaurantes/Bares/Pizzerías/Heladerías	99	0,058	-2,840	8,064	0,471
20	Herboresterías	5	0,003	-5,825	33,935	0,100
21	Imprentas/Gráficas/Editoriales	14	0,008	-4,796	23,000	0,190
22	Informática	3	0,002	-6,336	40,148	0,071
23	Inmobiliarias	11	0,006	-5,037	25,371	0,165
24	Instrumentos musicales	0	0,000	0,000	0,000	0,000
25	Juegos de azar	69	0,041	-3,201	10,245	0,417
26	Librerías	56	0,033	-3,409	11,625	0,384
27	Logística	0	0,000	0,000	0,000	0,000
28	Mecánica en general	117	0,069	-2,673	7,143	0,493
29	Medicamentos/Farmacias/Perfumerías/Lab.Medicinales	48	0,028	-3,564	12,700	0,360
30	Medios de difusión/Agencia de publicidad	11	0,006	-5,037	25,371	0,165
31	Ópticas	0	0,000	0,000	0,000	0,000
32	Profesionales	104	0,061	-2,790	7,787	0,478
33	Regalerías/Joyerías	51	0,030	-3,503	12,271	0,369
34	Repuestos automotores	152	0,090	-2,411	5,813	0,522
35	Salud/Clinicas/Sanatorios/Privados	0	0,000	0,000	0,000	0,000
36	Seguridad	5	0,003	-5,825	33,935	0,100
37	Seguro automotor	0	0,000	0,000	0,000	0,000
38	Servicio Técnico/Máquinas de coser y tejer	43	0,025	-3,674	13,496	0,343
39	Servicio de Limpieza	17	0,010	-4,602	21,175	0,213
40	Telecomunicaciones	46	0,027	-3,606	13,005	0,353
41	Transportes	43	0,025	-3,674	13,496	0,343
42	Turismo	0	0,000	0,000	0,000	0,000

## DISCUSIÓN

Patil y Taillie (1976) realizaron una discusión de varios aspectos teóricos de la medición de biodiversidad. Según estos autores, la medida de la diversidad a través de un índice, no es suficiente para conocer la estructura biótica de un sitio.

Los índices de diversidad suponen que un incremento en el número de especies (S) determina un aumento de la diversidad específica. Si dos sitios tienen el mismo número total de especies y también, el mismo número total de individuos, podríamos suponer que ambos tienen el



mismo valor de diversidad específica. Sin embargo la diversidad específica puede ser diferente si en cada sitio los individuos están distribuidos uniformemente en cada una de las especies o, por el contrario, alguna de las especies del sitio **A** concentra la mayor proporción de individuos, mientras que en el sitio **B** se da una proporción uniforme entre especies e individuos. En este ejemplo podemos decir que, si bien el número de especies y de individuos es igual, la *equitabilidad* es diferente. Este es uno de los motivos, por los que cuando aplicamos diferentes índices a un grupo de datos, los resultados pueden ser diferentes. Algunos índices son más sensibles a la modificación de la equitabilidad, en tanto otros son más afectados por el cambio en el número de especies. Obviamente, el resultado de un índice de diversidad es sólo uno de los indicadores de la estructura de la comunidad aunque difícilmente resume las características estructurales de esa comunidad.

La aplicación de estimaciones de biodiversidad implica el conocimiento del complejo de especies que se pueden encontrar en un lugar. Cuando el análisis se refiere al conjunto de especies colectadas en un sitio geográfico y en determinado momento, corresponde a un listado bastante completo de lo que puede encontrarse, el índice obtenido puede ser representativo. Ocurre a veces, que una o más especies, que están en el sitio (ejemplo: aves) no han sido alcanzados por el censo realizado, pero que es necesario incorporar a la muestra. Éste fue el caso del rubro *cementerios*, que no figura en la guía de teléfonos de Formosa, a pesar que Formosa (como cualquier ciudad) tiene su cementerio. En casos como éste, el investigador debe tomar el compromiso de incorporar registros para este caso, para reflejar adecuadamente la realidad.

A veces, el análisis cuantitativo de la diversidad se realiza empleando unidades jerárquicamente distintas. Especies únicas dentro de un mismo género compuesto por pocas especies, tiene distinto significado que un complejo de especies compuesto por decenas de especies (ejemplo: especie de gramínea o de leguminosa, respecto de la presencia de *Fitzroya cupresoides*, el alerce patagónico, que se encuentra amenazado de extinción).

Otro requisito básico para la estimación de la biodiversidad, es que la/s muestra/s sea/n representativas del complejo biótico (ecosistema, por ejemplo) que se examina. Sólo el análisis de alguno de los componentes (comunidades) de un ecosistema, pueden inducir a errores de interpretación (Owen *et al.*, 2004).

En otro sentido, el análisis de biodiversidad a nivel ecosistémico, sin una explicación a nivel de los componentes de la diversidad (niveles tróficos, grupos funcionales, etc.), puede inducir a errores de interpretación. En el esquema siguiente, modificado de Harper y Hawksworth (1995) se presenta un caso hipotético de diversidad (Tabla 5) en el que sólo intervienen dos especies, pero que puede tener muy diferente significado:

**Tabla 5:** Situación equivalente de diversidad, en un ejemplo hipotético (tomada de Neiff, 2007).

1. Una especie de *Ranunculus* + otra sp. de la misma Sección del género.
2. Una especie de *Ranunculus* + otra sp. de *Ranunculus* de otra Sección.
3. Una especie de *Ranunculus* + otra sp. de distinto género de la familia Ranunculaceae
4. Una especie de de la familia Ranunculaceae + otra sp. dentro del mismo orden de esta flia.
5. Ambas especies son de diferentes familias y de diferentes órdenes (ejemplo Gramineae).
6. Una especie de *Ranunculus* y una especie de serpiente.
7. Una especie de *Ranunculus* y una especie del género *Prochilodus*.
8. Una especie de *Ranunculus* y una especie de eubacteria del género *Pseudomonas*.

Otro aspecto a tener en cuenta es que un mismo conjunto de datos suele dar resultados diferentes según el índice de diversidad que usemos. Entonces, estos índices son interpretaciones de los datos primarios (riqueza de especies, abundancia), que son números abstractos y estas inferencias sobre la biodiversidad no reemplazan a la utilización directa de la información primaria. Como señala Owen (Owen *et al.*, 2004), la mayoría de las publicaciones referidas a la



## Manual de Biodiversidad...

pérdida de especies en los sistemas acuáticos están basadas en el análisis de la diversidad en un solo nivel trófico (a veces, sólo en una familia de una comunidad), lo que resulta insuficiente para comprender las consecuencias funcionales de las extinciones de especies. En muchas publicaciones los autores se refieren a la extinción de especies, cuando lo que realmente están demostrando es que alguna población resulta segregada de un ecosistema o hábitat, como consecuencia de perturbaciones o disturbios ambientales. A partir del concepto de metapoblaciones, aplicable a muchas biocenosis acuáticas, la extinción de especies es un fenómeno que debe ser analizado en un contexto biogeográfico del área de dispersión de las especies y en escala de tiempo evolutivo, considerando los múltiples niveles funcionales de los ecosistemas.

La cuantificación de la biodiversidad mediante índices, debiera reservarse para situaciones en que la riqueza de especies es bien conocida, al igual que la tasa de cambio en el espacio y en el tiempo, a través de colectas de cobertura suficiente y con procedimientos adecuados. En tanto estas condiciones no se den, es preferible utilizar la riqueza específica actual (lista de especies) y la riqueza específica potencial (Neiff, 1997), a través del registro histórico de las colecciones y herbarios para el sitio en estudio.

Los índices de diversidad específica tienen el inconveniente que compactan en un número toda la variabilidad del sistema analizado. Ese número es ciego, porque generalmente no permite conocer las causas de la variabilidad (Neiff, 2001).

### BIBLIOGRAFIA

- Colwell, R.K. 1979. Toward a Unified approach to the study of species diversity, pp. 75-91. En: Grassle, J.F., G.P. Patil, W. Smith y C. Tallie (eds.). Ecological Diversity in theory and practice. Internat. Co-operative Publishing House, Fairland, Maryland.
- Daniel, O. Subsidios al uso del índice de diversidad de Shannon. En: Congreso Latinoamericano IUFRO, 1, Valdivia-Chile, 1998. CD-ROM.
- Downing, J.A., Y.T. Prairie, J.J. Cole, C.M. Duarte, L.J. Tranvik, R.J. Striegl, W.H. McDowell, P. Kortelainen, N. Caraco, J.F. Melack y J.J. Middelburg. 2006. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments. *Limnol Oceanogr* 51 (5): 2388-2397.
- Fisher, R.A., A.S. Corbert, Y.C. y B. Williams. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology* 12: 42-58.
- Harper, J. y D.L. Hawksworth. 1995. Preface, pp. 5-11. En: D.L. Hawksworth Biodiversity: measurement and estimation. Chapman & Hall, The Royal Society, London, Inglaterra.
- Magurran, A.E. 1989. Diversidad Ecológica y su medición. Ed. Vedral, Barcelona, 200 p.
- Mc Arthur, R.H. 1969. Patterns of communities in the tropics. *Biol. Journal of the Linnean Society* 1: 19-30.
- Mc Arthur, R.H. 1972. Will a large complex system be estable? *Nature* 238: 413-414.
- Neiff, J.J. 1997. Aspectos conceptuales para la evaluación ambiental de tierras húmedas continentales de América del Sur, pp. 1-18. En: Santos, J.E. Anais do VIII Seminario Regional de Ecologia. Univ. Fed. São Carlos (SP), Brasil. Vol 1.
- Neiff, J.J. 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South America, pp. 157-186. En: Gopal, B., W. Junk y J. Davis (Eds.). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Backhuys Publish, Holanda.
- Neiff, J.J. 2007. Innovaciones en ecología acuática y pesquerías continentales, pp. 1019-1035. En: Feyen, J., L.F. Aguirre y M. Moraes. Memorias del Congreso Internacional sobre desarrollo, medio ambiente y recursos naturales. Cochabamba, Bolivia. Vol. II: 717-1336.
- Owen, L., A. Petchey, G. Downing, G. Mittelbach, L. Persson y C.F. Steiner. 2004. Species loss and the structure and functioning of multitrophic aquatic system. *Oikos* 104: 467-478.
- Patil, G. P. and Taillie, C. (1976). Ecological diversity: Concepts indices and applications, pp. 383-427. Invited paper. Proceedings of the 9th International Biometric Conference, Boston, EE.UU.

