



## **Biodiversidad forestal en dos campus de la Universidad Técnica del Norte, Ecuador**

Forest biodiversity in two campuses of the Universidad Técnica del Norte, Ecuador

**Autores:** Jorge Luis Cué García<sup>1</sup>

Eduardo Jaime Chagna<sup>1</sup>

Walter Armando Palacios<sup>2</sup>

Andrés Manolo Carrión<sup>1</sup>

Dirección para correspondencia: [jlcue@utn.edu.ec](mailto:jlcue@utn.edu.ec)

Recibido: 21-04-2020

Aceptado: 16-10-2020

### **Resumen**

En los Campus El Olivo y Granja Yuyucocha, de la Universidad Técnica del Norte, desde su creación, se han desarrollado prácticas de plantación de especies de interés forestal. El objetivo del trabajo fue determinar la biodiversidad forestal en estos campus. Se realizó un censo, durante los años 2018 y 2019, registrándose los individuos leñosos con independencia de su diámetro y altura. Fueron calculados índices de riqueza y de equitabilidad, tales como: índice de Margalef y de Menhinick, índice de Shannon y de Simpson, Números de Hill, así como los índices Pielou y de Hill. Fueron calculados también los índices de similitud de Jaccard y de Sørensen. La biodiversidad forestal es alta en los dos campus estudiados, no se presentaron especies dominantes y la distribución es equitativa, en tanto existe similitud entre ambas comunidades de acuerdo a los resultados de los índices de similitud de Jaccard y de Sørensen.

**Palabras clave:** biodiversidad; riqueza; forestal.

---

<sup>1</sup> Docente de la carrera de Ingeniería Forestal. Facultad de Ingeniería en Ciencias Ambientales y Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.

<sup>2</sup> Ingeniera Forestal. Graduada en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Ambientales y Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.

## Abstract

Since its creation, at the El Olivo and Granja Yuyucocha Campuses of the Technical University of the North, planting practices have been developed for species of forest interest. The objective of the work was to determine the forest biodiversity on these campuses. A census was carried out during the years 2018 and 2019, registering all woody individuals regardless of their diameter and height. Wealth and equity indices were calculated, such as: Margalef and Menhinick index, Shannon and Simpson index, Hill numbers, as well as the Pielou and Hill indices. The Jaccard and Sørensen similarity indices were also calculated. Forest biodiversity is high in the two studied campuses, there were no dominant species, and the distribution is equitable, as there is similarity between both communities according to the results of the Jaccard and Sørensen similarity indices.

**Keywords:** biodiversity; wealth; forest.

## Introducción

Los hábitats naturales y la seguridad alimentaria, nuestros medios de vida y los servicios de los ecosistemas, pueden verse seriamente comprometidos sin concentraciones saludables de diversidad biológica (Secretaría del Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 2014). Las actividades humanas a nivel mundial están causando índices de extinción de 100 a 1000 veces más elevados que el índice de extinción natural (Secretaría del Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 2010). Por tanto, el actual índice de pérdidas de nuestro tesoro vivo, es decir, la variedad de seres vivos a la que llamamos biodiversidad, compromete la capacidad del planeta de seguir sosteniendo la vida, misma que está siendo gravemente amenazada (Fundación Biodiversidad, 2011). La biodiversidad vegetal muestra una influencia tan importante, como las que ejercen el clima o el tipo de suelo, en la estabilidad de los ecosistemas (García, Gross, Gaitán y Maestre, 2018).

El Estado Ecuatoriano afirma su soberanía y declara de interés público, la conservación de la biodiversidad y de todos sus componentes, en particular de la biodiversidad agrícola, silvestre y el patrimonio genético del país, teniendo en cuenta la perspectiva de que, la biodiversidad adquiere un rol estratégico en la política de desarrollo, pues se articula a la aspiración común de consolidar un nuevo modelo de convivencia (Instituto Nacional de Biodiversidad, 2017)

La creación de parques y otros espacios con vegetación (Rosas y Bartorila, 2017), es esencial para aminorar el efecto del cambio climático, en las ciudades, pues aumentan la biodiversidad vegetal y animal, mejoran las zonas de proximidad al medio natural y permiten introducir actividades educativas y de sensibilización ambiental. Los espacios verdes en las ciudades ofrecen servicios ambientales tales como: sombra, intercepción e infiltración del agua de lluvia, reducción de la contaminación, así como hábitat para la fauna. También pueden aumentar el almacenamiento y la captura de carbono (Secretaría del Convenio Sobre la

Diversidad Biológica, 2012), fortalecer la protección contra las tormentas y la erosión, la regulación de inundaciones y la moderación del microclima (Civeira, 2016; Correa y De La Barrera, 2014; Dobbs, De La Barrera y Reyes-Paecke, 2015; García, Ayuga, Sánchez y Grande 2017, Green, 2017; Pérez y López, 2015; Piedrahita y Ponce, 2014; Rojas 2013; Rosas y Bartorila, 2017 y Secretaría del Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 2012).

En criterio de Correa y De La Barrera, (2014), quienes coinciden con Leal, Leal, Alanís, Pequeño, Mora y Buendía, (2018), los paisajes de la ciudad que se armonizan con la presencia de espacios verdes generan múltiples beneficios sociales, ambientales y económicos. Por ejemplo: mejorar la calidad del aire, moderar las temperaturas extremas, albergar fauna, servir como barrera acústica para reducir el nivel del ruido, controlar la erosión del suelo, generar una sensación de bienestar por cercanía u observación de elementos de la naturaleza, estimular el desarrollo actividades recreativas y embellecer el paisaje.

Según Peer (1974), citado por Alcolado (1998), bajo el título de diversidad se encuentran unidos una variedad de conceptos: número o riqueza de especies, heterogeneidad y equitatividad. Así, los índices que miden a esos conceptos se les denominan genéricamente índices de diversidad, y específicamente índices de riqueza, índices de heterogeneidad e índices de equitatividad.

Los indicadores de biodiversidad más empleados y conocidos son aquellos que abordan la diversidad de especies, los cuales constituyen algoritmos matemáticos que son empleados para:

- el conjunto de las especies o para diferentes estratos del sistema forestal en estudio (Onaindia, Domínguez, Albizu, Zudaire y Amezaga, 2003).
- en función del tamaño de las plantas (Trejo y Dirzo, 2002).
- y de las categorías taxonómicas (Cadotte, Franck, Reza y Lovett, 2002).

En la lógica de que, mejor información produce mejores políticas y mejores políticas arrojan mejores resultados (Gutiérrez, Silva, Toxtle y Hernández, 2015), conocer los índices de biodiversidad facilita la toma de decisiones por las autoridades y una acción estratégica sustentada en estadísticas.

Desde la creación de los campus El Olivo y el campus Yuyucocha, la Universidad Técnica de Norte ha desarrollado un trabajo sistemático en la plantación de diversas especies arbóreas. Sin embargo, no se han encontrado trabajos que hayan tenido por objeto de investigación la diversidad forestal, que sirvan de base para la proyección de las plantaciones y manejo en los mismo, por tanto, se estableció como objetivo del presente trabajo, determinar la biodiversidad forestal de dichos campus.

## **Metodología**

El campus El Olivo, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte se encuentra ubicado en la Avenida 17 de Julio y calle José Córdova del Barrio en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. Se encuentra ubicado en la latitud 0° 21' 46,2" N y longitud 78° 08' 22,5" W, su altitud es de 2199 m s.n.m. y una

temperatura 18°C. El campus Yuyucocha se localiza en la parroquia Caranqui, en la misma ciudad y provincia, en la latitud: 00° - 21' - 53" N y longitud: 78° - 06' - 32" W, altitud de 2243 m s.n.m. con una temperatura media de 18,4°C.

El trabajo se desarrolló desde abril del 2018 a junio del 2019. Se realizó un censo siguiendo la metodología de Kometter, (2005), registrándose todos los individuos leñosos de los campus, con independencia de su diámetro y altura. Cada individuo se identificó taxonómicamente a nivel de especie en campo con la asistencia de especialistas en la temática. A partir de los datos colectados, fueron calculados índices biodiversidad en las condiciones de vegetación que es el resultado de una intervención antrópica practicada en ambos campus.

#### *Diversidad alfa.*

- Índice de Margalef.

$$DMg = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Donde:

S: número total de especies

n: número total de individuos observados

Se establece que para valores inferiores a 2 son zonas de baja diversidad y los valores superiores a 5 son indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1995).

- Índice de Menhinick.

$$DMn = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

S: número total de especies

n: número total de individuos observados

- Números de Diversidad de Hill.

- ✓ Número de las especies abundantes ( $N_1$ )

$$N_1 = e^{H'}$$

Donde:

H': índice de Shannon-Wiener (en este caso calculado con logaritmos naturales).

- ✓ Número de las especies muy abundantes ( $N_2$ ).

$$N_2 = \frac{1}{D_{Si}}$$

Donde:

$D_{Si}$ : índice de dominancia de Simpson

- Índice de dominancia de Simpson ( $D_{Si}$ ).

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Donde:  $p_i$  = abundancia proporcional de la  $i$ -enésima especie

Se aplica para comunidades 'finitas' donde todos los miembros han sido contados, es decir que  $n = N$ , condición que se cumple con el censo efectuado.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos para todas las  $S$  especies en la comunidad

El rango se encuentra entre cero a uno, valores cercanos a uno implica dominancia de algunas de las especies y menor diversidad, es decir, el valor de  $D$  varía inversamente con la heterogeneidad: si los valores de  $D$  decrecen la diversidad aumenta y viceversa.

- Índice de diversidad de Simpson ( $S_{iD}$ )

$$S_{iD} = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 = 1 - D_{Si}$$

Donde:

$S$ : número total de especies

$p_i$ : abundancia proporcional de la  $i$ -enésima especie

$D_{Si}$ : Índice de dominancia de Simpson

El rango se encuentra entre cero a uno, con intervalos para su interpretación:

0,00-0,35	diversidad baja
0,36-0,75	diversidad media
0,76-1,00	diversidad alta

### Índices de Equidad

- Índice de Shannon-Wiener ( $H$ ).

En la mayoría de los ecosistemas naturales, según Aguirre (2013), varía entre 1 y 5. Siendo así:

- 0 a 1,35 diversidad baja

- 1,36 a 3,5 diversidad media
- > a 3,6 diversidad alta.

Se utilizó la siguiente fórmula porque se corresponde con un censo.

$$H' = \sum_{i=1}^s (pi)(Ln pi)$$

Donde:

H' = índice de Shannon

S = Número de especies

pi = proporción de la abundancia total que constituye la i-enésima especie

Ln = Logaritmo natural

- Índice de Pielou (E).

$$E = \frac{H'}{Ln S}$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

Ln S = es la diversidad máxima (H'max)

El índice de Equitatividad de Pielou se expresa como un numero positivo, que varía entre 0 a 1. Siendo así:

- 0 a 0,33 diversidad baja;
  - 0,34 a 0,66 diversidad media;
  - > a 0,67 diversidad alta (Aguirre, 2013).
- Índice de Hill (E<sub>Hi</sub>) prácticamente no es afectado por la riqueza de especies.

$$E_{Hi} = \frac{1}{e^{H'}} = \frac{N_2}{N_1}$$

Este índice no posee rangos específicos, muestra valores elevados cuando la equidad es alta.

### *Diversidad beta*

Se asume los índices empleados por Ekoungoulou, Nzala, Liu & Niu (2018).

- Índice de similitud de Sørensen

$$K = \frac{2c}{a + b} * 100$$

Donde

a = número de especies presentes en la comunidad A

b = número de especies presentes en comunidad B

c = número de especies comunes en ambos sitios A y B

Sus valores oscilan entre cero a uno y puede ser expresado en porcentaje, esta última opción es la empleada en el trabajo.

- Índice de similitud de Jaccard

$$J = \frac{c}{a + b - c} * 100$$

Donde

a = número de especies presentes en la comunidad A

b = número de especies presentes en comunidad B

c = número de especies comunes en ambos sitios A y B

Para ambos índices sus valores oscilan entre cero a uno y puede ser expresado en porcentaje, esta última opción es la empleada en el trabajo.

## Resultados

En el campus Yuyucocha se identificaron 2959 individuos, 51 especies, 44 géneros y 31 familias, tabla 1. Las familias de mayor abundancia se corresponden con *Cupressaceae* 399 (13,48 %), *Rutaceae* 265 (8,96 %), *Myrtaceae* 248 (8,38 %) y *Rubiaceae* 208 (7,03 %). La densidad de individuos por hectárea asciende a 423, valor relevante, pues solo existe un bosque, en el área censada, predominando la disposición de los individuos en hileras que sirven de linderos o demarcación de los campos de cultivos, caminos y áreas administrativas.

Tabla 1. - Familias, número de especies y abundancia en el Campus Yuyucocha

No.	Familias	Nº especies	Abundancia	%
1	<i>Adoxaceae</i>	1	2	0,07
2	<i>Agavaceae</i>	1	126	4,26
3	<i>Anarcardiaceae</i>	1	2	0,07
4	<i>Annonaceae</i>	1	3	0,10
5	<i>Araucariaceae</i>	1	1	0,03
6	<i>Asteraceae</i>	1	3	0,10
7	<i>Betulaceae</i>	1	10	0,34
8	<i>Bignoniaceae</i>	1	35	1,18
9	<i>Cannaceae</i>	1	29	0,98
10	<i>Caryophyllaceae</i>	1	1	0,03
11	<i>Casuarinaceae</i>	1	135	4,56

12	<i>Cupressaceae</i>	3	399	13,48
13	<i>Euphorbiaceae</i>	2	199	6,73
14	<i>Fabaceae</i>	7	138	4,66
15	<i>Juglandaceae</i>	1	79	2,67
16	<i>Lauraceae</i>	1	135	4,56
17	<i>Malvaceae</i>	1	95	3,21
18	<i>Melastomataceae</i>	1	2	0,07
19	<i>Meliaceae</i>	1	25	0,84
20	<i>Mimosaceae</i>	2	97	3,28
21	<i>Moraceae</i>	2	6	0,20
22	<i>Musaceae</i>	1	49	1,66
23	<i>Myrtaceae</i>	4	248	8,38
24	<i>Pinaceae</i>	2	122	4,12
25	<i>Poaceae</i>	1	196	6,62
26	<i>Punicaceae</i>	1	2	0,07
27	<i>Rosaceae</i>	3	75	2,53
28	<i>Rubiaceae</i>	1	208	7,03
29	<i>Rutaceae</i>	4	265	8,96
30	<i>Salicaceae</i>	1	76	2,57
31	<i>Solanaceae</i>	1	196	6,62

Las especies que poseen el mayor número de individuos, tabla 2, son *Cupressus sempervirens* 366 (12 %), *Eucalyptus globulos* 239 (8 %), *Coffea arabica* 208 (7%), *Euphorbia cotinifolia* 183 (6%). En el campus Yuyucocha, el porcentaje total de especies introducidas (33) representa un 64,7 %, que devela la no preferencia por las especies nativas en la selección de las mismas al establecer la plantación en el campus Yuyucocha, el número de individuos que pertenecen a estas 31 especies es de 2369 (80%).

Tabla 2. Especies más comunes en el Campus Yuyucocha.

Especies más comunes	Número de árboles		Porcentaje
	Nativo	Introducido	
<i>Cupressus</i>		366	12,37
<i>Eucalipto globulus</i>		239	8,08
<i>Citrus aurantifolia</i>		231	7,81



<i>Coffea arábica</i>		208	7,03
<i>Phramites australis</i>	196		6,62
<i>Tomate de árbol</i>		196	6,62
<i>Lechero rojo</i>		183	6,18
<i>Persea americana</i>		135	4,56
<i>Casuarina</i>		135	4,56
<i>Palma yuca</i>		126	4,26
<i>Pino patula</i>		100	3,38

Para el campus El Olivo, se identificaron 799 individuos, 59 especies, 52 géneros y 30 familias, tabla 3, que muestra un gran mosaico de riqueza para dichos taxones. Las familias que se destacan en abundancia fueron *Fabaceae* 110 (13,77 %), *Myrtaceae* 103 (12,89 %), *Bignoniaceae* 81 (10,14 %) y *Malvaceae* 78 (9,76 %). La densidad de individuos por hectárea es de 239, valor apreciable si se considera que se inventarió solamente individuos leñosos.

Tabla 3. - Familias, número de especies y abundancia en el Campus El Olivo

	Familias	Nº especies	Abundancia	%
1	<i>Adoxaceae</i>	1	2	0,25
2	<i>Agavaceae</i>	1	5	0,63
3	<i>Anarcardiaceae</i>	1	34	4,26
4	<i>Annonaceae</i>	2	4	0,50
5	<i>Apocynaceae</i>	1	1	0,13
6	<i>Araliaceae</i>	2	9	1,13
7	<i>Araucariaceae</i>	1	2	0,25
8	<i>Arecaceae</i>	3	41	5,13
9	<i>Betulaceae</i>	1	5	0,63
10	<i>Bignoniaceae</i>	4	81	10,14
11	<i>Bombacaceae</i>	1	4	0,50
12	<i>Casuarinaceae</i>	1	42	5,26
13	<i>Clusiaceae</i>	1	5	0,63
14	<i>Cupressaceae</i>	1	64	8,01
15	<i>Euphorbiaceae</i>	1	5	0,63
16	<i>Fabaceae</i>	8	110	13,77

17	<i>Juglandaceae</i>	1	5	0,63
18	<i>Lauraceas</i>	1	2	0,25
19	<i>Malvaceae</i>	2	78	9,76
20	<i>Meliaceae</i>	3	18	2,25
21	<i>Moraceae</i>	2	48	6,01
22	<i>Myrtaceae</i>	5	103	12,89
23	<i>Oleaceae</i>	4	63	7,88
24	<i>Phyllanthaceae</i>	1	2	0,25
25	<i>Pinaceae</i>	1	30	3,75
26	<i>Pittosporaceae</i>	1	1	0,13
27	<i>Proteaceae</i>	1	2	0,25
28	<i>Rosaceae</i>	3	14	1,75
29	<i>Salicaceae</i>	3	16	2,00
30	<i>Scrophulariaceae</i>	1	3	0,38

Las especies con representación de cinco o más por ciento, las más comunes, sin sobrepasar el valor de 10, son: *Hibiscus rosasinensis* (9,01%); *Cupressus sp.* (8,01%); *Fraxinus chinensis* (6,38%); *Eucalyptus globulus* (5,63%) y *Ficus benjamina*, (5,63%) y *Casuarina equisetifolia* (5,26%). Se registraron 40 especies introducidas que corresponde al 67,8 %, un total de 658 individuos, que representan el 82,4 % del total.

Tabla 4. Especies más comunes en el campus El Olivo.

Especies más comunes	Número de árboles		Porcentaje
	Nativo	Introducido	
<i>Hibiscus rosasinensis</i>		72	9,01
<i>Cupressus sp.</i>		64	8,01
<i>Fraxinus chinensis</i>		51	6,38
<i>Eucalyptus globulus</i>		45	5,63
<i>Ficus benjamina</i>		45	5,63
<i>Casuarina equisetifolia</i>		42	5,26
<i>Callistemon citrinus</i>		36	4,51
<i>Schinus molle</i>	34		4,26
<i>Tecoma stans</i>	34		4,26
<i>Spathodea campanulata</i>		33	4,13
<i>Leucaena leucocephala</i>		32	4,01

- Diversidad alfa.

El índice de Margalef en el campus Yuyucocha es de 6,25 y para El Olivo 8,83, valores que indican una alta riqueza específica de las comunidades vegetales estudiadas, (Margalef, 1995), tabla 5. En tanto el índice de Menhinick alcanzó 0,93 y 2,12, respectivamente.

El índice de dominancia de Simpson ( $D_{Si}$ ) ofrece el valor de 0,06 en el campus Yuyucocha y 0,04 en El Olivo, tabla 5, lo que significa que no existen especies dominantes. Por otra parte, al valorar el índice de diversidad de Simpson ( $S_{iD}$ ), 0,94 y 0,96, respectivamente, cercano al máximo de 1, se puede afirmar que la riqueza del componente forestal es elevada.

Tabla 5. Valores calculados de los índices de diversidad en los campus de Yuyucocha y El Olivo.

Índices de Diversidad	Yuyucocha	El Olivo
Índice de Margalef	6,25	8,83
Índice de Menhinick	0,93	2,12
Índice de diversidad de Simpson ( $S_{iD}$ )	0,94	0,96
Índice de dominancia de Simpson ( $D_{Si}$ )	0.06	0,04
Índice de Shannon	3,12	3,50
Índice de Pielou (E)	0,78	0,85
Número de las especies abundantes (N1)	21,85	31,65
Número de las especies muy abundantes (N2)	16,57	23,08
Números de Diversidad de Hill	0,76	0,78
Índice de similitud de Sørensen	51%	
Índice de similitud de Jaccard	34%	

- Índices de Equidad

El índice de Shannon fue de 3,12 en el campus Yuyucocha y de 3,5 en El Olivo, tabla 5, muestran diversidad media y alta, respectivamente, de acuerdo con Aguirre (2013). Por otra parte, el comportamiento del índice de Pielou (E), con valor de 0,78 en el campus Yuyucocha y de 0,85 en el campus “El Olivo”, indican una equitabilidad alta (Aguirre, 2013) para el componente forestal en ambos campus, lo que evidencia una diversidad alta, ratificado con los números de diversidad de Hill, tabla 5, de valores de 0,76 y 0,73, respectivamente.

- Índices de similitud

Las comunidades de plantas leñosas de los campus estudiados, El Olivo y Yuyucocha, muestran una similitud del 47,3% según Sørensen y un 31% según Jaccard, tabla 5. Los resultados no son coincidentes pues Jaccard involucra solo las especies que se encuentran en la comunidad A, es decir que son exclusivas

de A (por no encontrarse en B), por su parte b, involucra sólo aquellas presentes en la comunidad B; en tanto que en el índice de Sorensen, A significa el número total de especies presentes en A (sean exclusivas o no) y B significa el número total de especies presentes en la comunidad B (sean o no exclusivas). Estos índices son de carácter cualitativo y muestran sesgo negativo bajo condiciones de muestreo y submuestreo (Chao et al., 2004). Esta condición no se cumple para el presente trabajo pues se aplicó el censo, por tanto, sus resultados se asumen sin sesgos.

## **Discusión**

El número de especies en ambos campus es mayor a las 41 que obtienen Leal et al., (2018), en arbolado urbano de la ciudad de Linares en México; superior también a lo reportado por Alanís et al. (2014), 39, para el campus universitario de la Facultad de Ciencias Forestales en el noreste de México, lo cual puede estar dado por el empleo del censo en el presente estudio.

En los campus estudiados, El Olivo 60,7% y Yuyucocha 82,4%, pertenecen a especies introducidas, similares resultados obtienen Saavedra et al., (2019), en un bosque urbano de la Ciudad de México, pero diferentes a los obtenidos por Alanís et al., (2014) al estudiar la estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario, quienes identificaron 12 especies introducidas y 27 nativas, de tal manera que más del 50% de las especies son nativas.

La representación de individuos de especies introducidas coincide con lo planteado por Cordero, Vanegas y Hermida (2015) que reportan que el 51% del arbolado son eucaliptos, especie australiana introducida, al estudiar biodiversidad urbana y los espacios verdes, en la zona del Yanuncay de Cuenca. Similar a los resultados de Martínez, Hernández y Rös (2017), 56,56% de especies introducidas en la zona urbana del municipio de Oaxaca, México. También concuerdan con los obtenidos por Santos, Soares y Silva (2019), en sus estudios florísticos sobre forestación urbana en los estados de São Paulo, Minas Gerais, Río de Janeiro y Espírito Santo en el sureste de Brasil, quienes plantean que existe un predominio de plantas exóticas sobre las plantas nativas. Resultados diferentes alcanzan Yang et al., (2015), pues para todas las clasificaciones geográficas de las ciudades estudiadas, las diferencias de los conjuntos de árboles no nativos no difirieron significativamente de las de los conjuntos de árboles nativos.

La selección de especies para ser plantadas en las áreas urbanas, es fenómeno que algunos consideran saludable, pues es una alternativa fácil y rápida de incrementar la diversidad. Sin embargo, no toman en cuenta la problemática que a largo plazo puede significar la introducción de estas especies, en zonas con distintas condiciones ambientales, y que a futuro generaran un manejo intensivo, (McKinney, 2006).

Se corrobora en estos casos que la producción y la selección de especies de árboles urbanos son puntos débiles en la construcción de un adecuado arbolado

urbano, pues los criterios utilizados no están correctamente jerarquizados, ya que en algunos casos anteponen la belleza escénica por sobre los requerimientos ecológicos de las especies o contraponen al gusto del encargado de turno con un plan director (Correa y De La Barrera, 2014).

Los valores de densidad de individuos arbóreos por hectárea en ambos campus, permiten plantear la mejora en la cobertura forestal, así como su incidencia en la captura y secuestro de carbono, lo cual contribuye y consolida los componentes fundamentales de la ciudad sustentable, pues según Cordero et al. (2015), incluyen a los espacios verdes y la biodiversidad urbana, la accesibilidad de la población al verde urbano y los efectos de la expansión urbana sobre el territorio. Destaca también, dentro de los efectos favorables del arbolado urbano, Escobedo y Chacalo (2008), que los árboles pueden reducir contaminantes atmosféricos tales como ozono, material particulado, azufre, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno. Además, disminuyen el escurrimiento, minimizando así la erosión del suelo y la producción de polvo a la atmósfera de las ciudades.

- Diversidad alfa.

El comportamiento del índice de Margalef en ambos campus es similar al obtenido por Alanís et al., (2014), cuyo valor fue de 7,62. Un resultado mayor, 9,93 alcanzó Farnum et al., (2014) para el campus de Centro Regional Universitario de Colón, Panamá. Este comportamiento de la alta riqueza específica en los diversos campus universitarios estudiados, puede estar dado por la intencionalidad al seleccionar las especies a emplear en el establecimiento del arbolado en los campos universitarios estudiados, dada la existencia de personal especializado, en el claustro de docentes. Los estudios de Ortiz y Luna (2019), en arbolado del microcentro de la ciudad de Resistencia, Argentina, muestran índice de Margalef de 10,55 a 15,53, valores mayores a los obtenidos en los campus El Olivo y Yuyucocha.

En relación al índice de Menhinick, en el campus El Olivo, se obtuvo un resultado similar al de Farnum et al., (2014), quienes determinaron el valor de 2,98, mientras que en Yuyucocha es diferente con un valor inferior a uno. La disminución de este índice para el campus de Yuyucocha está dado por el incremento del número de individuos, 2959, con un menor número de especies.

Los índices de diversidad y dominancia de Simpson para El Olivo y Yuyucocha, evidencian una alta diversidad de especies en ambos campus universitarios y la no dominancia de alguna de ellas, resultados que no coinciden con Saavedra et al., (2019), que obtienen el valor  $S_{iD} = 0.85$  para el índice de diversidad de Simpson, en un bosque urbano de la Ciudad de México, que indica una alta dominancia de especies y una baja riqueza.

Los valores del índice de Shannon muestran una diversidad más elevada a la obtenida por Gutiérrez et al. (2015), su mayor valor fue de  $H' = 2,04$ , al estudiar espacios públicos abiertos en la Ciudad de Puebla, los cuales también son altamente intervenidos por el hombre, en tanto se planifican y deciden las

especies a establecer. Los dos campus estudiados muestran una diversidad de especies leñosas mayor a la reportada por Leal et al., (2018),  $H' = 1,99$ , para el arbolado urbano del municipio Linares, pero son similares a la obtenida por Alanís et al. (2014),  $H' = 3,05$ , en el campus universitario de la Facultad de Ciencias Forestales, México, así como con los alcanzado por Correa y De La Barrera (2014),  $H' = 3,13$ , para el parque Bernardo Leighton, en Santiago de Chile; en tanto resultan algo menor a  $H' = 3,15$  hasta  $H' = 3,6$  (Ortiz y Luna, 2019).

Estos resultados de los Números de Diversidad de Hill, tabla 5, comprueban lo referido por Chao et al. (2014), quienes plantean diversas ventajas de estos índices dentro del campo de los índices de biodiversidad, una de ellas es que todos se expresan en unidades de números efectivos de especies: el número de especies igualmente abundantes que se necesitarían, para dar el mismo valor de una medida de diversidad.

El valor calculado de los Números de Diversidad de Hill, para el caso de número de las especies abundantes ( $N_1$ ), discrepa del resultado obtenido en el índice de dominancia de Simpson ( $D_{Si}$ ), lo que coincide con lo afirmado por Chao & Jost (2012), quienes sugieren que los índices de biodiversidad comúnmente empleados pueden no brindar una información acertada acerca de la real diversidad de especies y la abundancia de estas.

#### - Índices de Equidad

La representación de las especies en los dos campus estudiados se muestra con tendencia favorable a la equidad de acuerdo a los valores del índice de Pielou, tabla 5, con resultados similares a algunos de los valores que reportan Correa y De La Barrera (2014), que fluctúan desde  $E = 0.51$  hasta  $E = 0.99$ . Al compararlos con el resultado de Gutiérrez et al. (2015),  $E = 0.89$ , muestra un menor comportamiento. En ambos campus se aprecia un balance adecuado de la abundancia de las especies, según el índice de Hill, lo cual corrobora los resultados del Índice de Pielou.

#### - Índices de similitud

Los campus El Olivo y Yuyucocha muestran similitudes en su composición de especies de acuerdo con el índice de Sørensen, disminuyendo la misma para el índice de Jaccard, resultados que son coincidentes con los obtenidos por Diogo et al., (2014) al estudiar la composición florística de un remanente de bosque urbano de Fortaleza, Brasil, 0.43 y 0.58, índices de Jaccard y Sørensen, respectivamente. Por su parte Saavedra et al., (2019), en su estudio del Bosque de San Juan de Aragón, Ciudad de México, el índice de Jaccard presentó un rango de desde 22 hasta 87%, entre secciones del bosque urbano, lo cual puede estar dado por la continua plantación de nuevos individuos en los programas de reposición. Al abordar el estudio de la similitud de composición de los bosques urbanos entre las ciudades del mundo, Yang et al., (2015), reportan valores del índice de Sørensen de 68 y 85%, superiores a los estimados en para los campus de Yuyucocha y El Olivo, en tanto Thompson et al., (2003) al estudiar los huertos domésticos urbanos en la ciudad de Sheffield, South Yorkshire, Reino Unido,

según índice medio de Sørensen, encuentran una gran disimilitud entre la composición florística de los mismo.

## Conclusión

La biodiversidad forestal de los campus de El Olivo y Yuyucocha se encuentra conformada por alto porcentaje de especies introducidas con más del 80% de los individuos censados. Ambos campus cuentan con alta riqueza y diversidad de especies, con similitud en su composición, en relación con su diversidad forestal.

## Referencias bibliográficas

Aguirre, Z. (2013). *Guía de Métodos para Medir la Biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. Obtenido de: <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>

Alanís, E., Jiménez, J., Mora -Olivo, A., Canizales, P., y Rocha, L. (2014). Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(7), 93-101. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/271271778\\_Estructura\\_y\\_composicion\\_del\\_arbolado\\_urbano\\_de\\_un\\_campus\\_universitario\\_del\\_noreste\\_de\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/271271778_Estructura_y_composicion_del_arbolado_urbano_de_un_campus_universitario_del_noreste_de_Mexico)

Alcolado, P. M. (1998). Conceptos e índices relacionados con la diversidad. *Avicennia*, 8(9), 7-21. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/profile/Pedro\\_Alcolado/publication/265963780\\_Conceptos\\_e\\_indices\\_relacionados\\_con\\_la\\_diversidad/links/54662c150cf25b85d17f5abd/Conceptos-e-indices-relacionados-con-la-diversidad.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Alcolado/publication/265963780_Conceptos_e_indices_relacionados_con_la_diversidad/links/54662c150cf25b85d17f5abd/Conceptos-e-indices-relacionados-con-la-diversidad.pdf)

Cadotte, M. W.; Franck, R.; Reza, L. Y Lovett, J. (2002). Tree and shrub diversity and abundance in fragmented littoral forest of southeastern Madagascar. *Biodiversity and Conservation*. 11, 1417-1436. Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016282023542>

Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K. Y Shen, T. (2004). Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. En: *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza. IV + 242 pp. Obtenido de: [http://sea-entomologia.org/PDF/M3M4/085\\_096\\_07\\_Chao\\_et\\_al.pdf](http://sea-entomologia.org/PDF/M3M4/085_096_07_Chao_et_al.pdf)

Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.

Chao, A.; Gotell, N. I.; Hsieh, T. C.; Sander, E. L.; Ma, K. H.; Colwell, R. K. & ELLISON, A. M. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological*

*Monographs*, 84(1), 45–67. Obtenido de:  
<https://www.uvm.edu/~ngotelli/manuscriptpdfs/ChaoHill.pdf>

Civeira, G. (2016). *Servicios ecosistémicos en ambientes urbanos: su relación con la estructura, la planificación y el diseño del paisaje*. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias. Programa Oficial de Doctorado en Investigación Agraria y Forestal. Universidad de la Coruña. España. Obtenido de:  
[https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/17252/Civeira\\_Gabriela\\_T\\_D\\_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/17252/Civeira_Gabriela_T_D_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Cordero, P.; Vanegas, S. y Hermida, M. G. (2015). La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 6(1), 107 – 130. Obtenido de:  
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/479>

Correa, P. Y. y De La Barrera F. (2014). Análisis de la estructura y de la composición del arbolado en parques del área metropolitana de Santiago. (2014) *Chloris chilensis*. 17(1), sin paginado. Obtenido de: <http://www.chlorischile.cl/>

Diogo, I. J. S., Holanda, A. E. R., Oliveira Filho, A. L. de, & Bezerra, C. L. F. (2014). Floristic composition and structure of an urban forest remnant of Fortaleza, Ceará. *Gaia Scientia*, 8(1). Obtenido de:  
<https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/18106>

Dobbs, C.; De La Barrera, F. Y Reyes-Paecke, S. (2015). *Servicios ecosistémicos y planificación urbana*. Centro de desarrollo urbano sustentable. Chile. Obtenido de: <https://docplayer.es/55458879-Servicios-ecosistemicos-y-planificacion-urbana-conceptual-framework.html>

Ekoungoulou, R., Nzala, D., Liu, X. & Niu, N. (2018). Ecological and Structural Analyses of Trees in an Evergreen Lowland Congo Basin Forest. *International Journal of Biology*. 10(1), 31-43. Obtenido de:  
[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55433079/Ekoungoulou\\_et\\_al\\_2018.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55433079/Ekoungoulou_et_al_2018.pdf)

Escobedo, F., y Chacalo, A. (2008). Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la ciudad de México. *Interciencia*, 33(1), 29-33. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339/33933105>

Farnum, F., Ayala, J. D., Sánchez, G. y Murillo V. (2014). Estudio de la diversidad de árboles y arbustos en los predios del centro regional universitario de Colón. *Revista Colón Ciencias*, 1(1), 43-56. Obtenido de: Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/323184082\\_ESTUDIO\\_DE\\_LA\\_DIVERSIDAD\\_DE\\_ARBOLES\\_Y\\_ARBUSTOS\\_EN\\_LOS\\_PREDIOS\\_DEL\\_CENTRO\\_REGIONAL\\_UNIVERSITARIO\\_DE\\_COLON](https://www.researchgate.net/publication/323184082_ESTUDIO_DE_LA_DIVERSIDAD_DE_ARBOLES_Y_ARBUSTOS_EN_LOS_PREDIOS_DEL_CENTRO_REGIONAL_UNIVERSITARIO_DE_COLON)

Fundación Biodiversidad (2011). *Capitales de la Biodiversidad. Los municipios europeos lideran el camino hacia la conservación de la biodiversidad local*. Madrid,



Spain. Obtenido de: [https://www.capital-biodiversity.eu/uploads/media/CoB\\_espanol\\_01.pdf](https://www.capital-biodiversity.eu/uploads/media/CoB_espanol_01.pdf)

García, C., Ayuga, E., Sánchez, Á. Y Grande, M. Á. (2017). Las características más valoradas del arbolado urbano: Encuesta piloto de opinión a los usuarios. Séptimo Congreso Forestal Español. Cáceres, España. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/324057198\\_Las\\_caracteristicas\\_mas\\_valoradas\\_del\\_arbolado\\_urbano\\_Encuesta\\_piloto\\_de\\_opinion\\_a\\_los\\_usuarios](https://www.researchgate.net/publication/324057198_Las_caracteristicas_mas_valoradas_del_arbolado_urbano_Encuesta_piloto_de_opinion_a_los_usuarios)

García, P.; Gross, N.; Gaitán, J. And Maestre, F. M. (2018). Climate mediates the biodiversity–ecosystem stability relationship globally. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115(33). Edited by Nils Chr. Stenseth, University of Oslo, Oslo, Norway. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/326708620\\_Climate\\_mediates\\_the\\_biodiversity-ecosystem\\_stability\\_relationship\\_globally](https://www.researchgate.net/publication/326708620_Climate_mediates_the_biodiversity-ecosystem_stability_relationship_globally)

Green, B. (2017). *El Árbol Urbano. Su importancia*. Curso, Texas, USA. Obtenido de: <http://isatexas.com/wp-content/uploads/2017/10/Bill-Green-El-%C3%81rbol-Urbano.pdf>

Gutiérrez, V.; Silva, S. E.; Toxtle, J. S. Y Hernández J. S. (2015). El arbolado de los espacios públicos abiertos de la zona de monumentos del centro histórico de la Ciudad de Puebla. *Estudios en Biodiversidad* (15), 161 – 174. Obtenido de: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=biodiversidad>

Instituto Nacional de Biodiversidad-INABIO. (2017). *Agenda Nacional de Investigación sobre la Biodiversidad*. Quito. Obtenido de: [http://www.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/ANIB\\_final1compressed.pdf](http://www.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/ANIB_final1compressed.pdf)

Kometter, R. (2005). *Manual de Censos Forestales*. Obtenido de: <https://www.researchgate.net/publication/317017325>

Leal, C. E., Leal, N., Alanís, E., Pequeño, M. A., Mora, A. y Buendía, E. (2018). Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(48), 252-70. Obtenido de: <https://dx.doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>

Margalef, R. (1995). *Ecología*. Barcelona, Omega.

Martínez López, C. P., Hernández Santiago, E. y Rös, M. (2010). Comparación de la riqueza y abundancia arbórea entre zona urbana y rural en valles centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 4(2), 103-112. Obtenido de: [https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%204\\_2\\_2017/2%20RMAE\\_2017-23-Diversidad-To%20edit.pdf](https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%204_2_2017/2%20RMAE_2017-23-Diversidad-To%20edit.pdf)

McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>

Onaindia, M.; Domínguez, I.; Albizu, I.; Zudaire, E. Y Amezaga, I. (2003). Diversity index as indicator of forest disturbance. *Congreso: Silviculture and Sustainable Management in Mountain Forests in Westerns Pyrenees*. IUFRO Conference. Pamplona- Navarra.

Ortiz, N. L. y Luna, C. V. (2019). Diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la ciudad de Resistencia, Chaco, Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía UBA*, 39(2), 54-68. Obtenido de: <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/97>

Pérez, S. Yy López, I. (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. *Economía, sociedad y territorio*, 15(47), 01- 33.

Piedrahita, P. Yy Ponce, M. (2014). *Valoración del arbolado urbano*. Curso de Arboricultura Urbana Facultad de Agronomía Universidad de La República Montevideo, Uruguay. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Ponce-Donoso/publication/271077303\\_VALORACION\\_DEL\\_ARBOLADO\\_URBANO/links/54bd7f170cf218da9391b2de/VALORACION-DEL-ARBOLADO-URBANO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Ponce-Donoso/publication/271077303_VALORACION_DEL_ARBOLADO_URBANO/links/54bd7f170cf218da9391b2de/VALORACION-DEL-ARBOLADO-URBANO.pdf)

Rojas, G. M. (2013). *La vegetación tropical en el confort climático urbano. Aplicado a Santo Domingo, República Dominicana en comparación con el clima mediterráneo, Barcelona, España*. Tesis de maestría. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de: <https://wwwaie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/07/TESINA-Rojas-Gilkauris-red.pdf>

Rosas, M. A. Y Bartorila, M. A. (2017). Aportaciones de la forestación a la sostenibilidad urbana en ciudades tropicales. Humedal Nuevo Amanecer, Ciudad Madero, México. *Nova Scientia*. 9(2), 528-550. Obtenido de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052017000200528](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052017000200528)

Saavedra -Romero, L. de L., Hernández -de la Rosa, P., Alvarado -Rosales, D., Martínez -Trinidad, T., & Villa -Castillo, J.. (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, (47), 25-37. Obtenido de: Disponible en: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3><http://www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica/article/view/474>

Santos, R. O., Soares, R. N. Y Silva, B. M. S. (2019). Compositional Similarity of Urban Green Areas in Southeastern Brazil. *Floresta e Ambiente*, 26(2). Obtenido de: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.074717>

Secretaría del Convenio Sobre la Diversidad Biológica (2010). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* 3. Montreal. Obtenido de: <https://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-es.pdf>

Secretaría del Convenio Sobre la Diversidad Biológica (2012) *Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica – Resumen Ejecutivo*. Montreal, 16 páginas.

Obtenido de: <https://www.cbd.int/authorities/doc/cbo-1/cbd-cbo1-summary-sp-f-web.pdf>

Secretaría del Convenio Sobre la Diversidad Biológica (2014). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* 4. Montreal. Obtenido de: <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-es-hr.pdf>

Thompson, K., Austin, K., Smith, R. M., Warren, P., Angold, P. & Gaston, K. J. (2003). Urban domestic gardens (I): Putting small-scale plant diversity in context. *Journal of Vegetation Science*, 14: 71-78. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.628.9110&rep=rep1&type=pdf>

Trejo, I. & Y Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*. 11: 2063–2048. Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020876316013>

Yang, J., La Sorte, F. A., Pyšek, P., Yan, P., Nowak, D. and Joe McBride. (2015). The compositional similarity of urban forests among the world's cities is scale dependent. *Global Ecology and Biogeography*, 24, 1413–1423. Obtenido de: [https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2015/nrs\\_2015\\_yang-j\\_001.pdf](https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2015/nrs_2015_yang-j_001.pdf)

