



Indicators of Biodiversity of the Arboreal Component of the Farm Yuyucocha, Ibarra, Ecuador

Indicadores de Biodiversidad del Componente arbóreo de la Granja Yuyucocha, Ibarra, Ecuador

Jorge Luis Cué García, Eduardo Chagna, Manolo Carrión y Hugo Vallejos (1).
Carla Ipiates, Joselyn Lara, Patricio Navarrete, Alexis Noquez, Nathaly Muñoz, Alex Mejía,
Jan Carlo Paillacho, Jerson Yamberla, Christian Toctaguano (2)

¹ Docentes de la carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica de Norte, Ibarra, Ecuador.

² Estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica de Norte, Ibarra, Ecuador.

RESUMEN

La Granja Yuyucocha es en predio de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, donde se han desarrollado prácticas de plantación de especies de interés forestal desde su posesión por parte de la Alta Casa de Estudio. Determinar la biodiversidad del componente arbóreo de la misma fue el objetivo de la experiencia ejecutada en los meses de abril y mayo del 2018. Se realizó un censo, registrándose todos los árboles de la granja con DAP (diámetro a la altura de 1,30 metros sobre el nivel del suelo) ≥ 0.10 m y altura ≥ 5.0 m. Fueron calculados índices de riqueza Índice de Margalef y de Menhinick, así como, los índices de diversidad de Simpson, de Shannon-Wiener, los Números de Diversidad de Hill y el índice de dominancia de Simpson. También se calcularon los índices de equitabilidad de Pielou y de Hill y la dominancia relativa de las especies mediante el índice estructural. Se constató que las especies introducidas representan el 73,6% del total del componente arbóreo, donde los Índice de Margalef (D_{Mg}) y de Menhinick (D_{Mn}) muestran valores de 3.23 y 0.78, respectivamente. El índice de Shannon de 2.22 indica una diversidad media, en tanto el índice Simpson de 0.18 ofrece la no existencia de especies dominantes, pero el cálculo del índice de diversidad de Simpson, con el valor de 0.82, permite valorar la biodiversidad como tendiente a alta. Por otra parte mientras los números de Hill, N1 igual 9.21 y N2 a 5.56, estiman la posibilidad de encontrar el número de especies abundantes y muy abundantes. La equitabilidad muestra un comportamiento de medio a bajo, según los índices Pielou (E) y de Hill, con valores de 0.48 y 0,24, respectivamente. La dominancia relativa de las especies, como expresión del Índice Estructural, posee una correlación significativa con el número de individuos, con valor de $r = 0.963$, mientras que respecto al DAP no se encontró significación en el valor $r = 0.278$.

ABSTRACT

Yuyucocha Farm belongs to the Technical University of the North, Ibarra, Ecuador, where practices of planting species of forest interest have been developed since their possession by the High Study House. Determine the biodiversity of the arboreal component of the same was the objective of the experience executed in the months of April and May of 2018. A census was made, registering all the trees of the farm with DAP (diameter at the height of 1.30 meters above ground level) ≥ 0.10 m and height ≥ 5.0 m. Margalef and Menhinick's Index of Wealth Indexes were calculated, as were Simpson's Diversity Indexes, Shannon-Wiener's Diversity Index, Hill's Diversity Numbers

and Simpson's Dominance Index. We also calculated the Pielou and Hill equitability indices and the relative dominance of the species using the structural index. It was found that the introduced species represent 73.6% of the total arboreal component, where the Margalef (DMg) and Menhinick (DMn) Indexes show values of 3.23 and 0.78, respectively. The Shannon index of 2.22 indicates a medium diversity, while the Simpson index of 0.18 offers the non-existence of dominant species, but the calculation of the Simpson diversity index, with the value of 0.82, allows to value the biodiversity as tending to high. On the other hand, while Hill's numbers, N1 equal 9.21 and N2 to 5.56, estimate the possibility of finding the number of abundant and very abundant species. The equitability shows a behavior of medium to low, according to the Pielou (E) and Hill indexes, with values of 0.48 and 0.24, respectively. The relative dominance of the species, as an expression of the Structural Index, has a significant correlation with the number of individuals, with a value of $r = 0.963$, while with respect to the DAP, no significance was found in the value of $r = 0.278$.

INTRODUCCIÓN

El actual índice de pérdidas de nuestro tesoro vivo, la variedad de seres vivos a la que llamamos biodiversidad, ha alcanzado tal nivel que la capacidad del planeta de seguir sosteniendo la vida en la Tierra está siendo gravemente amenazada (Fundación Biodiversidad, 2011).

En el mundo, las actividades humanas están causando índices de extinción de 100 a 1000 veces más elevados que el índice de extinción natural, según la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, (2010). Sin concentraciones saludables de diversidad biológica, nuestros medios de vida, los servicios de los ecosistemas, los hábitats naturales y la seguridad alimentaria pueden verse seriamente comprometidos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2014).

Los espacios verdes en las ciudades ofrecen muchos servicios de los ecosistemas, entre estos, sombra, interceptación 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)

El paisaje de la ciudad se armoniza con la presencia de espacios verdes. En criterio de Correa y de la Barrera, (2014), quienes coinciden con (CONAF, 2012), generan múltiples beneficios sociales, ambientales y económicos, tales como: mejorar la calidad del aire, moderar las temperaturas extremas, albergar fauna que puede ser observada, 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.

La creación de parques y otros espacios con vegetación, de acuerdo con 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.

Con la presencia arbórea en las ciudades, en particular las tropicales, se fortalece la protección contra las tormentas y la erosión, la regulación de inundaciones y la moderación del microclima,

aspectos planteados por Rojas (2013), quien afirma que la vegetación tropical es una herramienta válida para crear microclimas exteriores y elemento de protección.

La vegetación es crucial para disminuir el efecto sobre el cambio climático, los árboles se convierten en el elemento central de estudio y proyecto en las ciudades tropicales. Los beneficios de la forestación en ámbitos urbanos no solo reducen la temperatura, sino que mejoran la calidad del aire, entre otros.

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. De este modo, la diversidad quedaría definida de forma genérica como un cuerpo de conceptos relacionados con la estructura de los sistemas ecológicos (PEET, 1974). 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.

Planean Neuman y Starlinger (2001) que 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)

El conocimiento de los índices de biodiversidad en las ciudades y sus espacios verdes, tanto de flora como de fauna, es de sumo interés en la actualidad para las autoridades gubernamentales y la academia. De acuerdo con Gutiérrez, Silva, Toxtle y Hernández (2015), en la lógica de que, mejor información produce mejores políticas y mejores políticas arrojan mejores resultados, conocer estos índices facilita la toma de decisiones por las autoridades y una acción estratégica sustentada en estadísticas.

Desde el año 1990, la Universidad Técnica de Norte dispone de las áreas de la Granja Yuyucocha, desarrollando un trabajo sistemático en la plantación de diversas especies arbóreas. Sin embargo, no se han encontrado trabajos que hayan tenido por objeto de investigación su diversidad florística, por tanto, se estableció como objetivo del presente trabajo determinar índices de biodiversidad en el componente arbóreo de la Granja Yuyucocha.

METODOLOGÍA

La Granja Yuyucocha se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Caranqui, perteneciente a la ciudad de Ibarra, específicamente en la "Ciudadela Municipal". Su localización geográfica es: Latitud: 00° - 21' - 53" N; Longitud: 78° - 06' - 32"; W Coordenada X: 819312 m E UTM; Coordenada Y: 10036401 m N UTM; Datum WGS 84; Zona 17 Sur y Altitud de 2243 msnm (Cadena y Enríquez, 2013).

Las siguientes características ecológicas son: temperatura media de 18,4°C; precipitación media de 589,3 mm; meses secos desde julio hasta septiembre; humedad relativa en meses secos de 73,9%;

la clasificación ecológica de Holdridge se corresponde con Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB) y para la clasificación bioclimática se ubica como Sub-Húmedo Templado (S. H. TEM.) (Cadena y Enríquez, 2013).

El trabajo se desarrolló en los meses de abril y mayo del 2018.

Se realizó un censo, según Kometter (2005), registrándose todos los árboles de la granja con DAP (diámetro a la altura de 1,30 metros sobre el nivel del suelo) ≥ 0.10 m y altura ≥ 5.0 m, según FAO (2015).

Cada individuo se identificó taxonómicamente a nivel de especie. Fue medido su perímetro a la altura del pecho (DAP, 1,30 m) con cinta métrica y expresados en metros (m), para luego ser transformados a valores diamétricos dividiendo para π (3,1416). También fue medida la altura total, expresada en metros (m), utilizando el hipsómetro Suunto, que ofrece directamente la altura de los árboles

Las identificaciones de las especies arbóreas se realizaron en campo con la ayuda de los registros de plantación existentes en la granja y la confirmación de docentes especialistas en esta temática.

A partir de los datos colectados, fueron calculados índices de riqueza específica, diversidad, equitabilidad y estructura para dominancia de especie.

Índices de Riqueza Específica.

- Índice de Margalef: es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Campo y Duval, 2014). Se calculó además para género y familias.

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

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: al igual que el índice de Margalef se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra (Campo y Duval, 2014).

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

Índices de Diversidad

- Índice de dominancia de Simpson (D_{Si}): considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie (Campo y Duval, 2014).

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

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

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

$$S_{iD} = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - D_{Si}$$

- Índice de Shannon-Wiener (H'): tiene en cuenta la riqueza de especies y su abundancia. Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra. Además, mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies (Campo y Duval, 2014).

Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas en un determinado hábitat. 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 este índice porque se corresponde con un censo, puesto que se consideraron todos los árboles de la granja. Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i)(\ln p_i)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

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

Ln = Logaritmo natural

- Números de Diversidad de Hill: Estos números de diversidad, cuyas unidades son números de especies, miden lo que se denomina el número efectivo de especies presentes en una muestra, y son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies.
 - ✓ Número de las especies abundantes ()

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

Donde:

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

- ✓ Número de las especies muy abundantes ()

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

Donde:

D_{Si} : Índice de Simpson

Índices de Equitabilidad

- Índice de Pielou (E): se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

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

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_{Hi}) prácticamente no es afectado por la riqueza de especies.

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

Índice **estructural**

Se determinó la dominancia relativa según Mostacedo y Fredericksen (2000).

- Dominancia relativa (DmR)%

$$DmR (\%) = \left(\frac{ABs}{ABt} \right) \times 100$$

Donde:

ABs: Área basal de la especie.

ABt: Área basal de todas las especies.

RESULTADOS

Número de individuos por especies.

El componente arbóreo de la Granja Yuyucocha está representado por 15 familias, 21 géneros y 22 especies que sus individuos muestran las características de DAP y altura requeridas para ser incluidos en el registro de datos. En la tabla 1 se muestra el número de individuos por especies.

Tabla 1. Especies y su número de individuos, integrantes del componente arbóreo en la Granja Yuyucocha.

Nombre científico	Nombre común	Condición	Familia	Número de individuos	Abundancia relativa (%)
<i>Eucalyptus globulos</i>	Eucalipto	Introducida	<i>Myrtaceae</i>	233	34,98
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Introducida	<i>Casuarinaceae</i>	108	16,22
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cipres	Introducida	<i>Cupressaceae</i>	75	11,26
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Nativa	<i>Juglandaceae</i>	50	7,51
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	Nativa	<i>Salicaceae</i>	35	5,26
<i>Pino radiata</i>	Pino	Introducida	<i>Pinaceae</i>	31	4,65
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Nativa	<i>Fabaceae</i>	21	3,15
<i>Yucca gigantea</i>	Yuca palma	Introducida	<i>Agavaceae</i>	21	3,15
<i>Pino patula</i>	Pino	Introducida	<i>Pinaceae</i>	17	2,55
<i>Cedrela montana</i>	Cedro	Nativa	<i>Meliaceae</i>	17	2,55
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Nativa	<i>Lauraceae</i>	13	1,95
<i>Inga edulis</i>	Guaba	Nativa	<i>Fabaceae</i>	8	1,20
<i>Schinus molle</i>	Molle	Nativa	<i>Anacardiaceae</i>	7	1,05
<i>Tecoma stans</i>	Cholán	Nativa	<i>Bignoniaceae</i>	5	0,75
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Nativa	<i>Betulaceae</i>	5	0,75
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Guarango	Nativa	<i>Fabaceae</i>	5	0,75
<i>Prunus serotina</i>	Capulí	Nativa	<i>Rosaceae</i>	4	0,60

<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	Introducida	Araucariaceae	3	0,45
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	Introducida	Rosaceae	2	0,30
<i>Sambucus nigra</i>	Tilo	Nativa	Adoxaceae	2	0,30
Acacia macracantha	Acacia	Nativa	Fabaceae	2	0,30
<i>Vachellia macracantha</i>	Espino	Nativa	Fabaceae	2	0,30

Comportamiento de los índices de riqueza específica.

El comportamiento de la riqueza específica, para los individuos con ≥ 0.10 m de DAP medidos a 1,30 m, muestra un índice de Margalef (D_{Mg}) de 3.23 y para el índice de Menhinick (D_{Mn}) alcanzó el valor de 0.78.

Los valores del índice de Margalef (D_{Mg}) para los géneros y familias ascienden a 3.08 y 2.15, respectivamente.

Comportamiento de los índices de diversidad.

Para el caso del Índice de dominancia de Simpson (D_{Si}) se obtuvo el valor de 0.18, que evidencia un comportamiento tendiente a la no existencia de especies dominantes. Al valorar el Índice de diversidad de Simpson (S_{ID}), con valor de 0.82, cercano al máximo de 1, muestra una riqueza elevada.

El Índice de Shannon obtenido es de 2.22, el cual se ubica en el rango de 1.36 a 3.5 de acuerdo con Aguirre (2013), evidenciando una diversidad media. Para el caso de las familias su valor es de 2.10, que ratifica una diversidad media en el componente arbóreo de la Granja Yuyucocha.

Los valores calculados de los Números de Diversidad de Hill, se detallan a continuación:

1. Número de las especies abundantes (N1): 9.21
2. Número de las especies muy abundantes (N2): 5.56

Índices de Equitabilidad

El comportamiento del Índice de Pielou (E), con valor de 0.48, a partir de una diversidad máxima, H'_{max} , igual a 6.50, implica que este índice de equitabilidad evidencia una diversidad media del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha. Por otra parte, el cálculo del Índice de Hill reveló el valor de 0,24, no coincidiendo con el Índice de Pielou, pues tiende a una baja diversidad del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha.

Índice *Estructural*

Los valores alcanzados en la determinación de la dominancia relativa de las especies se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de la dominancia relativa de las especies del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha.

Nombre científico	Nombre común	Área basal (m ²)	Dominancia relativa (DmR, %)
<i>Eucalyptus globulos</i>	Eucalipto	10,44	31,46
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	7,88	23,74
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cipres	3,73	11,24
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	3,28	9,88
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	1,14	3,43
<i>Pino radiata</i>	Pino	1,06	3,19
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	0,61	1,84
<i>Yucca gigantea</i>	Yuca palma	0,57	1,72
<i>Pino patula</i>	Pino	1,25	3,77
<i>Cedrela montana</i>	Cedro	0,43	1,30
<i>Persea americana</i>	Aguacate	0,19	0,57
<i>Inga edulis</i>	Guaba	0,24	0,72
<i>Schinus molle</i>	Molle	1,3	3,92
<i>Tecoma stans</i>	Cholán	0,05	0,15
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	0,05	0,15
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Guarango	0,07	0,21
<i>Prunus serotina</i>	Capulí	0,76	2,29
<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	0,02	0,06
<i>Eriobotrya japonesa</i>	Nispero	0,02	0,06
<i>Sambucus nigra</i>	Tilo	0,03	0,09
<i>Acacia macracantha</i>	Acacia	0,06	0,18
<i>Vachellia macracantha</i>	Espino	0,02	0,06

Al calcular la correlación entre los valores promedio de las especies para las variables DAP y área basal, así como el número de individuos de las mismas, se obtuvo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Coeficiente de correlaciones entre las variables área basal, DAP y número de individuos.

		DAP	Á r e a basal	Número de individuos
DAP	Correlación de Pearson	1	0,278	0,14
	Sig. (bilateral)		0,21	0,535
	N	22	22	22
Área Basal	Correlación de Pearson	0,278	1	,963**
	Sig. (bilateral)	0,21		0
	N	22	22	22
Número de Individuos	Correlación de Pearson	0,14	,963**	1
	Sig. (bilateral)	0,535	0	
	N	22	22	22

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

DISCUSIÓN

Número de individuos por especies.

La especie que posee el mayor número de individuos es *Eucalyptus globulos* con 233, con un 35 %, *Casuarina equisetifolia* con 108, con 16.2 %, ambas especies introducidas, representando el 55.20 % del componente arbóreo estudiado. Estos resultados coinciden con Cordero, Vanegas y Hermida, (2015), que reportan que el 51% del arbolado de su zona de estudio son eucaliptos, especie australiana introducida, y plantean que su ubicación en las orillas del río Yanuncay, puede causar problemas por la formación de diques al caer, además de la potencial inhibición del crecimiento de otras especies en sus proximidades.

El porcentaje total de especies introducidas representa un 36.4 %, que devela la preferencia por las especies nativas en la selección de las mismas para su plantación en la Granja Yuyucocha. Ratificado este criterio con el 73.6 % de individuos (409) del componente arbóreo que representan las especies introducidas.

Índices de riqueza específica.

Los valores indican que la diversidad de especies en la Granja Yuyucocha es media, según D_{Mg} pues se encuentra en el rango de 2 a 5 (Margalef, 1995). En tanto D_{Mn} no supera el valor de uno, se puede apreciar también como tendiente a una biodiversidad media, cuando se toman de referencias de valores obtenidos por Sánchez y Rivas (1993) que fluctúan desde 1.61 hasta 2.09.

Es razonable este comportamiento de acuerdo con la disposición espacial de los individuos en la plantación, pues preferencialmente se ubican en líneas divisorias de los campos de siembra de los cultivos, en linderos y a los lados de los accesos viales (caminos).

El resultado D_{Mn} 0.78 obtenido es similar al alcanzado por Campo y Duval, (2014) quienes reportan 0,77, pero diverge para D_{Mg} pues dichos autores reportan 7,24 y en el presente estudio es de 3.23. Estos autores afirman que la diversidad en su objeto de estudio es alta para ambos índices de riqueza específica, con lo cual se coincide en el caso del Índice de Margalef (D_{Mg}), pues se realiza la clasificación de acuerdo con los rangos para la clasificación propuestos por Aguirre (2013). Para el Índice de Menhinick (D_{Mn}), no resulta prudente proponer una clasificación con el valor calculado, sin poder confrontarlo con los resultados de otros autores, pues no disponen rangos de clasificación.

Índices de diversidad.

Para el Índice de dominancia de Simpson (D_{Si}) se obtuvo el valor de 0.18, algo mayor que el 0.10 calculado por Campo y Duval, (2014), quienes confirman que no se muestran especies dominantes, lo cual se ratifica en el presente estudio. La especie *Eucalyptus globulos* es la que posee el mayor número de individuos, seguida de *Casuarina equisetifolia* y *Cupressus lusitánica* que muestran una representación elevada.

Al determinar el Índice de diversidad de Simpson (S_{ID}), la fórmula brinda el valor de 0.82, comportamiento menor al obtenido por Campo y Duval, (2014), que reportan 0.89, pero coincidente en la tendencia a una elevada diversidad de especies, pues se ubica cercano a 1, que es el valor máximo de este índice.

Para el cálculo de este índice atendiendo al género se obtiene como resultado 0.73, que se asume también como de tendencia a una elevada diversidad biológica en el componente arbóreo de la Granja Yuyucocha. Mientras que para las familias el resultado de (S_{ID}) es de 0.52, que denota una

diversidad media de las familias para el componente estudiado.

En relación con el valor H' obtenido de 2.22, muestra una diversidad más elevada a la obtenida por Gutiérrez, Silva, Toxtle y Hernández (2015), quienes reportan su valor mayor de ascendente H' ascendente a 2,04 en su estudio en áreas urbanas e inferior a la calculada por Campo y Duval, (2014), con 2.51. Este índice, para la categoría taxonómica de familias, su valor es de 2.10, que ratifica una diversidad media en el componente arbóreo de la Granja Yuyucocha.

Los valores calculados de los Números de Diversidad de Hill, número de las especies abundantes (N_1), 9.21, discrepa del resultado obtenido en el Índice de dominancia de Simpson (D_{S_1}), lo que coincide con lo afirmado por Chao & Jost, (2012), quienes sugieren que los índices de biodiversidad de comúnmente empleados pueden no brindar una información acertada acerca de la real diversidad de especies y la abundancia de estas. Sin embargo, para el caso del número de las especies muy abundantes (N_2), 5.56, se ajusta a lo mostrado en la tabla 1, donde se aprecia que cinco especies, con 501 individuos, representan el 75.23 % del total de la población objeto de estudio en el componente arbóreo de la Granja Yuyucocha.

Estos resultados de los Números de Diversidad de Hill, comprueban lo planteado por Chao, Gotell, Hsieh, Sander, Ma, Colwell, & Ellison, (2014), quienes platean 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.

Índices de Equitabilidad

El valor que se obtiene para el índice de Pielou, 0.48, que se ubica en el rango de 0,34 a 0,66, según Aguirre (2013), lo que permite plantear que la equitabilidad es media en el componente arbóreo de la Granja Yuyucocha. Muestra un comportamiento por debajo de los valores que reportan Correa y de la Barrera, (2014), desde 0.51 hasta 0.99. Al compararlo con el resultado de Gutiérrez et al., (2015), con un índice de equitabilidad de 0.89, muestra también un comportamiento menor corroborándose que no se ha logrado una alta equitabilidad mediante el manejo de la plantación, lo que muestra similitud con lo ya tratado en cuanto a las cinco especies con mayor número de individuos, ascendente a 501, que representan el 75.23 % del total. El índice de Equitabilidad Hill, de comportamiento tendiente a la baja, con un valor de 0.24, corrobora el resultado del índice de Pielou.

Índice **Estructural**

La tendencia de los resultados del Índice Estructural es similar a la abundancia de las especies, ver tablas 1 y 2, que se demuestra mediante el cálculo de la correlación entre el área basal de las especies, su número de individuos y el DAP. En la tabla 3. Se corrobora que la Dominancia Relativa de las especies, como expresión del Índice Estructural, en tanto se determina a partir de la relación del área basal de las especies respecto al total de dicha área basal, se puede inferir que posee una correlación significativa con el número de individuos, con valor de $r = 0.963$, mientras que respecto al DAP no se encontró significación en el valor de $r = 0.278$.

Se puede inferir también que la estructura horizontal del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha

depende significativamente de la abundancia de las especies, pero no así del DAP promedio de las mismas.

CONCLUSIONES

- Las especies introducidas poseen 409 individuos y representan el 73,6% del total del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha
- La biodiversidad del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha, muestra un comportamiento medio para la mayoría de los índices determinados.
- La equitabilidad del componente arbóreo de la Granja Yuyucocha, muestra un comportamiento de medio a bajo, según los índices determinados.
- La Dominancia Relativa de las especies, como expresión del Índice Estructural, posee una correlación significativa con el número de individuos, con valor de $r = 0.963$, mientras que respecto al DAP no se encontró significación en el valor de $r = 0.278$.

REFERENCIAS

- Aguirre, Z. (2013). *Guía de Métodos para Medir la Biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Alcolado, P. M. (1998) Conceptos e índices relacionados con la diversidad. *Avicennia*, 8(9):7-21. 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
- Cadena, S. A. y Enríquez M. G. (2013). Efecto de *azolla sp.*, en la productividad y mejoramiento del suelo en la Granja Experimental Yuyucocha, Imbabura. Tesis previa a la obtención del Título de Ingenieras en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica de Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2068/1/03%20NR%20164%20TESIS.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. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016282023542>
- Campo, A. M. y Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía*. 34(2): 25-42. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/download/47071/44140https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/download/47071/44140>
- 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. [https://www.uvm.edu/~ecology/monographs/84\(1\)/45-67.pdf](https://www.uvm.edu/~ecology/monographs/84(1)/45-67.pdf)

- 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. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/479>
- Correa, P. 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. <http://www.chlorischile.cl/>
- FAO (2012). *FRA 2015, Términos y Definiciones*. Documento de Trabajo de la Evaluación de los Recursos Forestales No. 180. Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/017/ap862s/ap862s00.pdf>
- Fundación Biodiversidad (2011). *Capitales de la Biodiversidad. Los municipios europeos lideran el camino hacia la conservación de la biodiversidad local*. Madrid, Spain. https://www.capital-biodiversity.eu/uploads/media/CoB_espanol_01.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. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=biodiversidad>
- 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. (2015). *Estudios en Biodiversidad*. 1(15). <http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad/15>
- Kometter, R. (2005). *Manual de Censos Forestales*. <https://www.researchgate.net/publication/317017325>
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. (GTZ) GMBH, Eschborn, Alemania.
- Margalef, R. (1995). *Ecología*. Barcelona, Omega.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- 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.
- 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. <https://wwaie.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. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052017000200528
- Sánchez, P. y Rivas, P. (1993). Composición, abundancia y riqueza de especies de la comunidad de murciélagos en bosques de galería en la serranía de la Macarena (Meta - Colombia). *Caldasia* 17(2): 301-312. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17236>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2010). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3*. Montreal <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. <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. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-es-hr.pdf>
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*. 11: 2063–2048. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020876316013>

Recinatur International Journal of Applied Sciences, Nature and Tourism 1(1), January-July 2019.
Ibarra/Ecuador – Boa Vista/Brazil

<http://www.rcinatur.periodikos.com.br/>

