

ESTADO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CAFÉ DEL SUR DE COLOMBIA

The state of agrobiodiversity in coffee production systems in southern Colombia

Tulio Cesar Lagos Burbano¹
Jorge Alberto Vélez Lozano²
Danita Andrade Díaz³



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

RESUMEN

Esta investigación estuvo orientada a estimar el estado de la diversidad específica, a través de los índices de riqueza, diversidad y equitabilidad en los sistemas productivos de café, en cuatro municipios que se encuentran ubicados en la subregión del Río Mayo, así como en la del Centro y en la del Occidente en el departamento de Nariño (Colombia). La obtención de la información se efectuó mediante visitas de campo, durante el primer semestre del año 2019, en 100 sitios de muestreo en cada municipio; en cada uno de los predios se identificaron las especies arbóreas y se realizó su respectiva clasificación taxonómica. Se encontraron 76 especies arbóreas dentro de los 400 sistemas productivos de café identificados; de estas, el 35,5% estaban presentes en los cuatro municipios, y eran pertenecientes a 37 familias, siendo la familia Fabaceae la más representativa y la naranja (*Citrus x aurantium*) la especie de mayor frecuencia, la cual fue encontrada en 299 fincas del total de las evaluadas. El municipio con el mayor número de especies y valor de índices de riqueza fue el de La Unión, con presencia de 60 especies diferentes, mientras que los municipios con los menores índices fueron los de La Florida y Sandoná. De igual forma, el municipio de La Unión obtuvo los mayores valores de diversidad, mientras que el de La Florida ocupó el último lugar. En cuanto a la estimación de equitabilidad, el municipio de Sandoná obtuvo la mayor calificación, seguido de los de La Unión, Consacá y La Florida. A su vez, los índices muestran que los sistemas productivos de café estudiados son diversos, asunto que contribuye a la mitigación del cambio climático.

Palabras clave

Diversidad; índices; frecuencia; especies arbóreas; cambio climático.

ABSTRACT

This research was oriented to estimate the specific diversity state through wealth, variety and equitability indices in coffee production systems in four municipalities of the May, Central and Western subregions of the department of Nariño (Colombia). The information was obtained through field visits during the first semester of 2019 in 100 sampling sites in each municipality. In each farm the tree species were identified and their respective taxonomic classification was carried out. 76 tree species were found within the 400 identified coffee production systems, where 35.5% were present in the four municipalities of a study aim. They belong to 37 families, the Fabaceae family being the most representative and the orange (*Citrus x Aurantium*) species being the most frequent one, found in 299 farms of the total number assessed. The Unión was established as the municipality with the highest number of species and the highest value of richness indices with the presence of 60

¹Universidad de Nariño (UDENAR), Ciudadela Universitaria Torobajo, 520008, Pasto, Nariño. E-mail: tclagos3@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9222-4674>

²Universidad de Nariño (UDENAR), Ciudadela Universitaria Torobajo, 520008, Pasto, Nariño. E-mail: jvelezlozano@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6726-7004>

³Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos, Universidad de Nariño (UDENAR), Ciudadela Universitaria Torobajo, 520008, Pasto, Nariño. E-mail: danitaan@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7579-4739>

Cómo citar:

Lagos Burbano, T. C., Vélez Lozano, J. A., & Andrade Díaz, D. (2020). Estado de la agrobiodiversidad en sistemas productivos de café del sur de Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 12 (2), 183-193. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v12n2a1>

*Autor para Correspondencia:
tclagos3@gmail.com



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

different species, while the lowest corresponds to The Florida and Sandoná. Likewise the Municipality of The Unión obtained the highest diversity values, while The Florida obtained the last position. Regarding the estimation of fairness, the municipality of Sandoná obtained the highest rating followed by The Unión, Consacá and The Florida. The rates indicate that the coffee production systems studied are of a wide variety, which contributes to the mitigation of climate change.

Key words

Diversity components; indices; frequency; tree species; climate change.

INTRODUCCIÓN

En el sector agrícola colombiano, el desarrollo del sistema productivo de café es una de las principales actividades socioeconómicas. A su vez, el café es uno de los productos más importantes y representativos dentro del renglón de las exportaciones (Matta, 2017). Sin embargo, pese a los amplios beneficios económicos que reporta, en tanto su producción suele estar centrada en las exportaciones, su contribución a los suministros locales de alimentos es relativamente baja, así como también lo es su contribución a la conservación ambiental propiamente dicha. Por lo anterior, se ha propuesto que en los sistemas productivos de café se implemente o incremente el uso de especies arbóreas para sombrío, como una estrategia de conservación de la biodiversidad, de adaptación al cambio climático, de seguridad alimentaria, entre otros servicios de los ecosistemas (FAO, 2016; De Beenhouwer et al., 2016).

Hablando específicamente de la región cafetera colombiana, se han definido los siguientes sistemas de producción: el tradicional, el tecnificado, con semisombra y con sombra. (FNC-Cenicafé, 2013). Adicionalmente, en el departamento de Cundinamarca se han clasificado fincas productoras de café, de acuerdo con el porcentaje de sombra, considerándolas como fincas de sombrío alto (SA), fincas de sombrío medio (SM) y fincas de sombrío bajo (SB) (Zapata, 2019). Mientras que en el ecotopo E-220A en el departamento de Nariño (Gómez et al., 1991), los sistemas de producción de café se clasificaron en cuatro tipologías, las cuales se definen por la utilización de especies asociadas para sombrío, tales como la del café con sombra de leñosas (S1), la del café semisombra (S2), la del café asociado con musáceas especialmente al plátano (S3), y la del café sin sombra (S4) (Ordoñez et al., 2018).

Acorde con lo anterior, se evidencia la importancia del uso e implementación de las buenas prácticas agrícolas dentro del cultivo de café, en el entendido de que la inclusión de especies asociadas arbóreas, contribuyen con el aseguramiento de la calidad y con el desarrollo de prácticas que cuidan el medio ambiente y que a su vez garantizan el conjunto de principios y requisitos que deben seguirse durante los procesos de producción, tanto agronómicos, como de beneficio, con el fin de asegurar que el producto obtenido sea inocuo para el consumidor (Puerta et al, 2016, Navia et al., 2016).

Además, teniendo en cuenta que según el Sistema de Información sobre Biodiversidad, en Colombia existen 58.312 especies diferentes registradas, ubicándose el país entre los primeros lugares en diversidad a nivel mundial (SIB, 2020), es importante promover prácticas que contribuyan a detener la pérdida de bosques, teniendo en cuenta que estos benefician a cientos de millones de personas, incluidas muchas de las más pobres del mundo; personas cuyos medios de vida dependen de los bienes y los servicios ambientales que proveen los bosques y de las especies arbóreas. Así mismo,

tales prácticas ayudan a combatir el cambio climático, a proteger que tienen el 75% de la biodiversidad terrestre a nivel mundial y a mantener la resiliencia de los ecosistemas, respaldando de esta manera la agricultura sostenible (FAO, 2016).

Dicho lo anterior, los sistemas de producción agrícola manejados de forma amigable con el medio ambiente y en asocio con árboles nativos, son una buena estrategia para implementar programas de mitigación y adaptación al cambio climático. Incluir árboles nativos favorece económicamente a los productores e incrementa los lugares de refugio y las condiciones mínimas de sobrevivencia, de manera que sean semejantes a las de los ecosistemas naturales, para que los diferentes grupos de animales logren adaptarse a los cambios (Canal y Andrade, 2019). Además de que son medidas voluntarias adoptadas por los productores y el sector privado, que contribuye con los sistemas de certificación que sirve como salvaguardias económicos, sociales y ambientales (FAO, 2016).

Actualmente existen pocos estudios sobre la agrobiodiversidad de los sistemas productivos cafeteros del departamento de Nariño, aun cuando representan un aporte a la mitigación de los efectos del cambio climático y muestran una incidencia económica para los productores, por su contribución a la calidad del café. En Nariño, la estimación de la diversidad específica de los sistemas productivos de café se considera relevante, debido a que ayudaría a determinar cuál es el estado actual del mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales en los agroecosistemas más representativos del departamento.

Por lo tanto, este estudio plantea como línea base de conocimiento la agrobiodiversidad de los sistemas productivos de café en el sur occidente colombiano, como estrategia para promover su manejo y conservación, mediante la estimación del estado de la diversidad específica, a través de índices de riqueza, índices de equitabilidad e índices de diversidad, en los sistemas productivos de café en cuatro municipios de la subregión del Río Mayo, en la del Centro y en la del Occidente del departamento de Nariño

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó entre enero y junio del año 2019, en el municipio de La Unión, perteneciente a la sub región del Río Mayo; en los de Sandoná y Consacá pertenecientes a la subregión Occidente y en el de La Florida, perteneciente a la sub región Centro en el departamento de Nariño, el cual se encuentra ubicado al sur occidente de Colombia. Los lugares de evaluación se encuentran distribuidos en la Región Andina del departamento, entre los meridianos 77°07' y 77°29' longitud Oeste y los paralelos 01°10' y 01°36' latitud Norte, con altitudes que van desde los 1.139 hasta los 2.185 msnm. (Tabla 1).

Tabla 1.

Municipios evaluados en el departamento de Nariño durante el año 2019.

Municipio	Rango Altitudinal (m.s.n.m)	Rango latitudinal	Rango longitudinal
La Unión	1139 a 2185	1°35'23,4"N a 1°36'18.56"N	77°07'55,1"W a 77°08'01.09"W
La Florida	1883 a 2025	1°17'33.8"N a 1°24'00.0"N	77°18'46.2"W a 77°24'23.7"W
Sandoná	1567 a 1955	1°15'47.9"N a 1°19'45.3"N	77°25'10.2"W a 77°29'19.6"W
Consacá	1280 a 1957	1°14'57.6"N a 1°10'05.1"N	77°27'04.7"W a 77°29'20.6"W

Fuente: los autores

Según el consolidado agropecuario de Nariño (SADR, 2018), en el municipio de la Unión se registran 5.209 hectáreas sembradas con café, distribuidas en 4.294 fincas; en La Florida se reportan 1.488 hectáreas distribuidas en 1.527 fincas, mientras que en Sandoná y Consacá se registran 1.681 y 6.141 hectáreas distribuidas en 1.722 y en 1.697 fincas respectivamente (CCN, 2017). Acorde con esta información, se calculó el tamaño de muestra por municipio tomando como población el número de fincas por municipio, por tratarse de una población finita, se utilizó la fórmula de Murrey y Larry (2005), asumiendo un error del 10% y una probabilidad del 95%.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N \cdot p \cdot q}{i^2 (n-1) + Z_{\alpha}^2 p \cdot q}$$

Donde:

n: tamaño muestral

N: tamaño de la población

Z: valor correspondiente a la distribución de gauss, $Z_{\alpha} = 0.05 = 1.96$

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar.

q: 1 - p (si p = 70%, q = 30%)

i = error que prevé cometer si es del 10%, i = 0.1

Luego se promedió el tamaño de muestra, para finalmente realizar 100 levantamientos de información por municipio, distribuidos aleatoriamente a diferentes altitudes. Se determinó como unidad muestral una finca productora de café. Se recurrió a realizar recorridos en la zona. De acuerdo con la metodología propuesta por Anderson y Martínez-Meyer (2004), cada lugar fue georeferenciado y se registraron las siguientes variables: municipio (M), veredas (V), rango altitudinal (Ra), rango latitudinal (Rla), rango longitudinal (RI), puntos georeferenciados (Pg), especies asociadas (Va). Para la determinación de los géneros y las especies se contó con el apoyo de profesionales expertos en taxonomía forestal; se utilizó literatura pertinente de claves y descriptores publicados en libros o revistas botánicas y se realizaron comparaciones con ejemplares depositados en el herbario de la Universidad de Nariño. La información se organizó en una base de datos en Excel para su análisis.

Análisis de la información

Para llevar a cabo el análisis de la información recopilada, inicialmente se creó una matriz con los 400 sitios que fueron objeto de estudio, los cuales fueron georeferenciados y evaluados, para luego graficar la distribución actual de las especies identificadas utilizando el software Arcgis 10.5. Utilizando la herramienta IDW en Arcgis 10.5 se obtuvo la interpolación mediante distancia inversa ponderada, para determinar los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente del conjunto de puntos de las fincas evaluadas; por lo tanto, se obtuvo la visualización de forma gráfica, de la distribución de las especies identificadas y de las zonas de mayor diversidad en términos de probabilidad. Se genera un mapa de consenso con los valores de píxel de 0 a 12; el color rojo representa las áreas con mayor número de especies; en color verde se representan las zonas evaluadas con menor cantidad de especies.

Posteriormente se realizó la estimación de los índices de riqueza, de los índices de diversidad específica y de los índices de equitabilidad, cómo se describe a continuación:

Índices de riqueza específica: se determinó mediante el número de especies (S), enumeradas en el total de las unidades muestrales, a partir del total de la frecuencia de especies observadas (n) y mediante la obtención del índice de Margalef (R₁; 1958):

Formula y el índice de Menhinick (R₂; 1964): $R_1 = \frac{S-1}{\ln(n)}$

Índices de diversidad: Se calculó el índice de Simpson (1949), D'_{si} mediante la aplicación de la siguiente ecuación, considerando una comunidad extensa, a partir de datos provenientes de una muestra de tamaño "n":

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{(n)}}$$

Índice de Simpson: se deriva de la teoría de probabilidades y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos 'extracciones' sucesivas al azar sin 'reposición'. Por lo tanto, se realiza una transformación apropiada para obtener una cifra correlacionada positivamente con la diversidad, a través del índice de diversidad de Simpson, Si_D aplicando la siguiente ecuación:

$$Si_D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i = 1 - D_{si}$$

p_i = abundancia proporcional de la i ésima especie: representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1.

Además, se obtuvo el índice de Shannon-Wiener (\hat{H}') (Shannon y Weaver, 1949), considerando que se trata de una población extensa, en la cual se conoce el número de especies y la abundancia proporcional de ellas en la muestra, con la siguiente fórmula:

$$\hat{H}' = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n}\right) \times \log_2 \left(\frac{n_i}{n}\right)$$

La precisión en la estimación del índice de Shannon-Wiener se calculó mediante la aproximación siguiente:

$$SD_{H'} = \sqrt{\sum_{i=1}^s \log_2 n_i - \left(\sum_{i=1}^s n_i \log_2 n_i\right)^2}$$

Índices de equitabilidad: para cuantificar el componente de equitabilidad de la diversidad se calcularon los índices de Pielou (J') de Sheldon (E_{she}), el índice de Heip (E_{he}) y los números de diversidad de Hill (1973). Para el índice de Pielou (1969) se utilizó la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H}{\log_2 S}$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

$\log_2 S$ = es la diversidad máxima (H'_{max}) que se tuvo de la distribución de las abundancias de las especies en los cuatro municipios:

$$H'_{max} = -s \left(\frac{1}{s} \times \log_2\right) = \log_2 S$$

Para el índice de Sheldon (1969), E_{she} se aplicó la fórmula exponencial de J' :

$$E_{she} = \frac{2^{H'}}{S}$$

Para el índice de Heip (1974) E_{he} se propone el índice de Sheldon con la sustracción del mínimo, mediante la siguiente fórmula:

$$E_{he} = \frac{2^{H'} - 1}{S - 1}$$

Finalmente, para la obtención de los números de diversidad de Hill (1973) se realizaron transformaciones

matemáticas a los índices antes propuestos y se obtuvo la denominada serie de números diversidad. Los números de diversidad de Hill obtenidos son:

Número 0: $N_0 = S$; S = número de especies

Número 1: $N_1 = e^{H'}$; H' = índice de Shannon – Wiener (en este caso calculado con logaritmos naturales)

Número 2: $N_2 = 1/D_{si}$; D_{si} = índice de Simpson

Y como índice de equitabilidad se obtuvo la razón entre N_2 y N_1 , por lo tanto $E_{hi} = N_2/N_1$.

Con cada uno de los índices de equitabilidad obtenidos se les dio una calificación de 1 a 4, siendo 4 el estimado para el mayor valor del índice obtenido y 1 el menor valor; con la sumatoria de los cuatro índices se obtuvo el municipio con mayor valor de equitabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con las variables de reconocimiento para la evaluación de la agrobiodiversidad registradas en los cuatro municipios se observa que del total de las fincas cafeteras evaluadas, dos de las ubicadas en el municipio de Consacá, las que a su vez corresponden al 0,5% de la muestra, se encuentran a libre exposición, sin otras especies asociadas; lo anterior contrasta con lo reportado por Puerta et al., (2016) quien indica que el 63% de 162 cafetales evaluados en el departamento de Antioquia se encontraba a libre exposición. Las demás fincas dentro del sistema productivo de café registran de 1 a 12 especies asociadas (Figura 1).

En las zonas evaluadas en los cuatro municipios analizados en el presente estudio se registraron 76 especies distribuidas en 37 familias, encontrándose además que el 35,5% de las especies se encuentran en los cuatro municipios. Las cinco familias con mayor número de especies identificadas fueron, en el siguiente orden, la Fabaceae con 12 especies, seguida por Rutaceae con ocho especies, la Bignoniaceae y la Malvaceae con cinco especies cada una, y la Myrtaceae con cuatro especies. Los valores obtenidos en este estudio son mayores a los registrados en tres municipios del departamento de Cundinamarca (Colombia), donde Zapata (2019) encontró 43 especies arbóreas asociadas a los cafetales, teniendo en cuenta que el 16% de ellas estaban presentes en los tres lugares evaluados y definiendo que las familias más abundantes eran las de la Fabaceae, la Myrtaceae y la Rustaceae.

Se observa además que la Naranja (*Citrus x aurantium*) es la especie hallada con mayor frecuencia en 299 de las fincas muestreadas. En el municipio de La Unión, también se encuentra que la especie de mayor presencia es la naranja (*C. x aurantium*), la cual estaba presente en 85 fincas; en los municipios de La Florida y Sandoná, en cambio, es el Acacio (*Urera baccifer*) la especie con mayor frecuencia, hallada en 96 y 83 fincas respectivamente.

Al ubicar geográficamente las coordenadas de cada uno de los sitios evaluados, se observa que la zona con mayor diversidad de especies, es decir, la que se encuentra marcada de color rojo, se halla al norte del municipio de la Unión, con un rango máximo de 9 a 12 especies, mientras que el rango mínimo en diversidad de especies se localiza en el municipio de Consacá, con fincas que tienen de cinco a ocho especies (Figura 1).

En cuanto a los índices de riqueza, La Unión es el municipio con el mayor número de especies registradas, con un total de 60, seguido del municipio de Consacá con un total de 45, La Florida y Sandoná con un total de 41 cada una (Figura 2).

En el índice de Margalef se encontró que el municipio de La Unión presenta el mayor valor (7,56) al igual que para el índice de Menhinick (1,21), seguido del municipio de Consacá con un valor de 5,64 para Margalef y de 0,91 para Menhick. Por otra parte, no se presentó diferencia entre los municipios de La Florida y Sandoná, con

Figura 1. Mapas de distribución de riqueza de especies asociadas a los sistemas productivos de café en: La Unión (a), La Florida (b), Sandoná (c) y Consacá (d) en el departamento de Nariño.

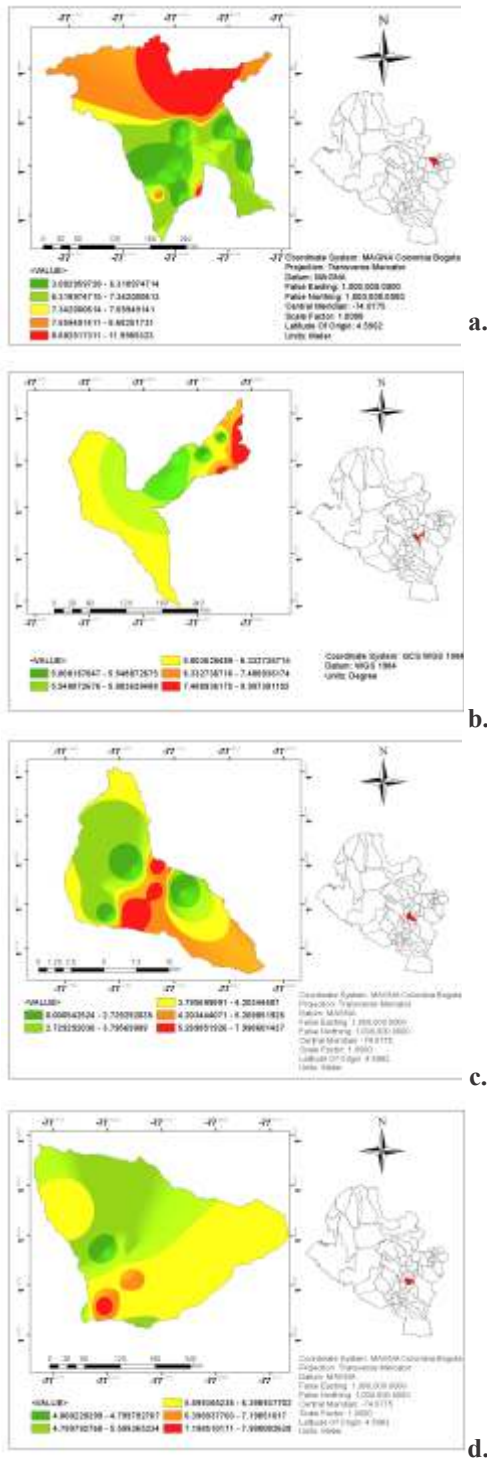
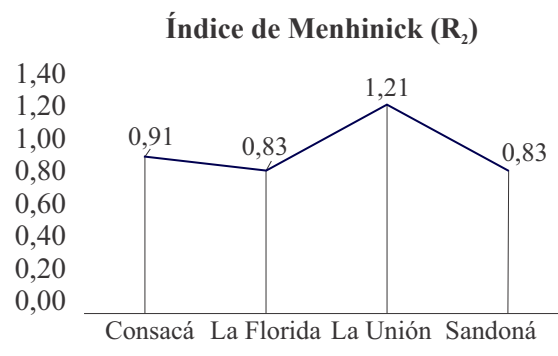
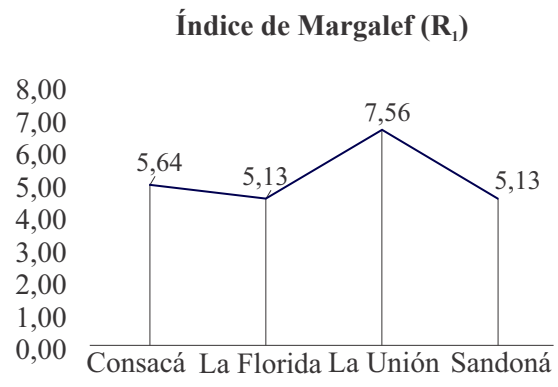
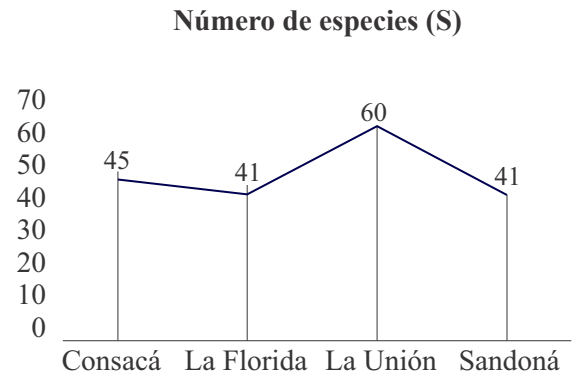


Figura 2. Índices de riqueza específica de especies asociadas a los sistemas productivos de café en cuatro municipios evaluados en el departamento de Nariño.



valores de 5,13 para Magalef y 0,83 en Menhick (Figura 2). Como se observa, no existe diferencia en cuanto a la superioridad de los valores obtenidos a través de los índices evaluados, debido a que la diversidad específica es una propiedad emergente de las comunidades biológicas que se relaciona con la variedad dentro de ellas, lo cual expresa la riqueza de especies o el número de diferentes especies presentes (Hurlbert, 1971).

En cuanto a los índices de diversidad se observa que el orden del municipio de mayor a menor valor para el índice de Simpson (D'_{si}) es La Florida ($D'_{si}=0,09$), Consacá ($D'_{si}=0,08$), Sandoná ($D'_{si}=0,07$), y la Unión ($D'_{si}=0,06$). Por lo tanto, en el municipio de La Florida existe una mayor probabilidad de que se encuentre con mayor frecuencia la misma especie, mientras que en La Unión es más baja la probabilidad de encontrar fincas productoras de café con las mismas especies (Figura 3). Lo anterior se corrobora con el índice de diversidad de Simpson (S_{iD}), siendo el municipio de la Unión el de mayor valor de este índice con 0,94, seguido de Sandoná con 0,93, Consacá con 0,92 y La Florida con 0,91 (Figura 3).

Para el índice de Shannon-Wiener (H'), el mayor valor con 4,6 se obtuvo en el municipio de La Unión, mientras que el de menor se obtuvo en La Florida con 3,9. Lo anterior se corrobora al calcular la precisión en la estimación ($SD_{H'}$), con valores de 5,2 para La Florida y de 4,7 para La Unión (Figura 3). Teniendo en cuenta que en el municipio de La Unión, la actividad cafetera se desarrolla en fincas productivas heterogéneas en términos de manejo del componente sombra, se ha encontrado que existen muchos modelos de sistemas de manejo, desde el sistema tradicional (policultivo) caracterizado por la alta presencia del componente leñoso y cultivos asociados, hasta monocultivos en los cuales se ha eliminado completamente todo tipo de vegetación leñosa (Ordóñez et al., 2018).

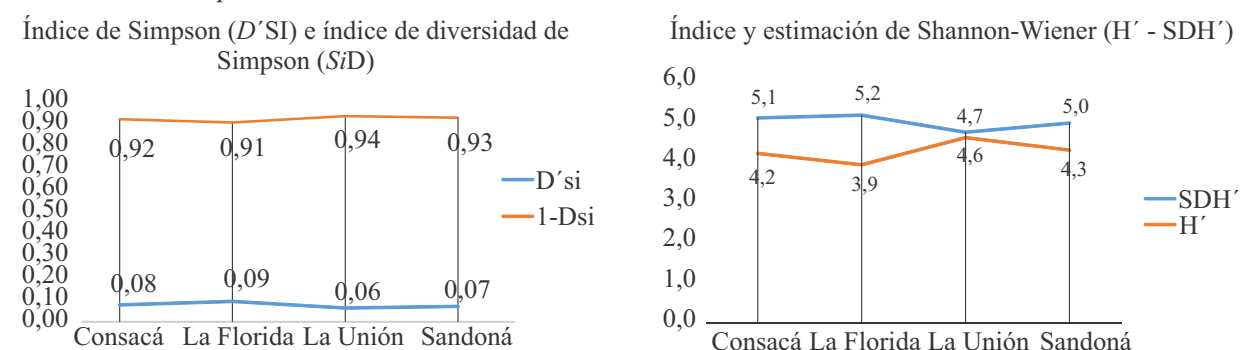
Los anteriores índices de diversidad obtenidos indican una mayor diversidad al interior de los sistemas de producción cafetera en los cuatro municipios evaluados a lo largo del departamento de Nariño, en contraste con los valores de diversidad evaluados bajo el índice de Shannon en el departamento de Cundinamarca, los cuales estuvieron entre 0,8 y 1,6 así como en Atoyac Veracruz donde se obtuvieron valores del mismo índice de 2,4 y 3,6 en cafetales de policultivo y cultivo simple (Zapata, 2019; García 2014).

Los índices de diversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitabilidad. En algunos casos, el valor del índice de diversidad estimado puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitabilidad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse tanto de una comunidad con baja riqueza y alta equitabilidad, como de una zona con alta riqueza y baja equitabilidad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (Hurlbert, 1971).

Para cuantificar el componente de equitabilidad, en el entendido de la distribución de la abundancia entre las

Figura 3.

Índices de diversidad de especies asociadas a los sistemas productivos de café en cuatro municipios evaluados en el departamento de Nariño.



especies que integran los sistemas productivos de café, se obtuvo que al dar una calificación de uno al menor valor de cada uno de los índices evaluados y de cuatro al mayor valor, el municipio de Sandoná obtiene una puntuación de 15 ($E_{she} = 0,48 = 4$; $E_{he} = 0,10 = 4$; $J' = 0,80 = 4$; $E_{hi} = 0,45 = 3$), siendo este el de mayor equitabilidad, seguido por el municipio de La Unión con una puntuación de 12 ($E_{she} = 0,41 = 3$; $E_{he} = 0,05 = 2$; $J' = 0,78 = 3$; $E_{hi} = 0,59 = 4$) el de Consacá con 10 ($E_{she} = 0,41 = 3$; $E_{he} = 0,07 = 3$; $J' = 0,77 = 2$; $E_{hi} = 0,38 = 2$) finalmente La Florida con 7 ($E_{she} = 0,37 = 2$; $E_{he} = 0,07 = 3$; $J' = 0,73 = 1$; $E_{hi} = 0,30 = 1$) (Figura 4).

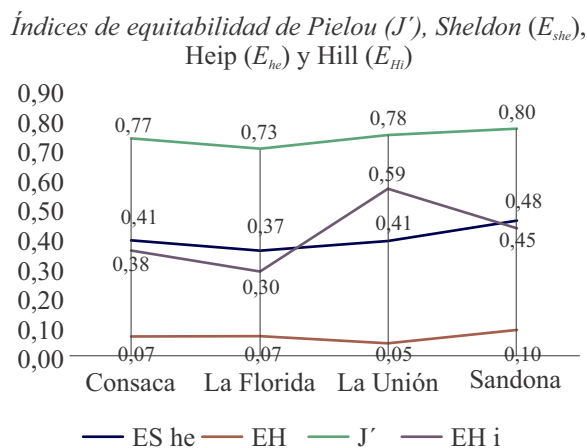
Los resultados de las evaluaciones realizadas en los sistemas cafeteros del departamento de Nariño indican que existe una importante agrobiodiversidad dentro de este renglón productivo, lo cual contribuye a la mitigación del cambio climático, en el entendido de que los sistemas, en asocio con especies arbóreas, contribuyen con la mitigación a los efectos del cambio climático, tal como lo han demostrado Canal y Andrade (2009) quienes concluyen que los que sistemas productivos de café, en asocio con especies como *C. Alliodora*, son sistemas amigables con el ambiente en términos de huella de carbono, por ser la fijación de carbono en su biomasa, lo que contrasta con sistemas en monocultivo o en asocio únicamente con plátano.

Adicionalmente, en varios países existe la dificultad de conservar la diversidad biológica presente de manera ex situ o en colecciones vivas, debido a que se requieren grandes cantidades de recursos materiales y humanos (Rodríguez y Rodríguez, 2020). Este estudio muestra que dentro de los sistemas de producción cafetera existe una importante diversidad; el conocimiento de la misma sirve de base para su manejo y conservación, por ser zonas de montaña donde se desarrollan habitualmente actividades de agricultura y son susceptibles de ser manejadas racionalmente (Floras et al, 2005). Además, los sistemas productivos asociados con otras especies o con sistemas agroforestales han sido considerados como prácticas que contribuyen con la mitigación de los efectos al cambio climático, puesto que reducen las fuentes de gases efecto invernadero (IPCC, 2014; Marin et al., 2016; Canal y Andrade, 2019).

CONCLUSIONES

En general, los sistemas productivos de café evaluados en este estudio se encuentran en un 99,5% en asocio con otras especies y en un 0,5% libres de exposiciones. La mayor riqueza de especies se encuentra en el municipio de La Unión con 60 de estas, seguido del municipio de Consacá que reporta 24 especies.

Figura 4.
Índices de equitabilidad de especies asociadas a los sistemas productivos de café en cuatro municipios evaluados del departamento de Nariño.



El hecho de que la mayor diversidad de especies se encontrara en el municipio de La Unión, indica que allí hay más baja probabilidad de encontrar especies repetidas entre los sistemas productivos de café de la zona; no obstante, la mayor equitabilidad se encuentra en el municipio de Sandoná, lo cual indica una buena relación entre la riqueza de especies y la diversidad de las mismas en la zona evaluada.

Finalmente, se encuentra que en los sistemas cafeteros del departamento de Nariño existe una importante agrobiodiversidad, lo cual contribuye a la mitigación del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Gobernación de Nariño por la financiación y el apoyo a través de los recursos del

departamento del Fondo Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (SGR); también al Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de CTeI; a la Universidad de Nariño por la ejecución y administración y finalmente a los investigadores y docentes que integran el Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, R. y Martínez-Meyer E. (2004). Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*, 116(2), 167-179. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00187-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00187-3)
- Canal, D. y Andrade, H. (2019). Sinergias mitigación - adaptación al cambio climático en sistemas de producción de café (*Coffea arabica*), de Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 36-46. <https://n9.cl/blv4a>
- Comité de Cafeteros de Nariño - CCN. (2017). Comité de Cafeteros de Nariño. *Labores de registro en fincas*. Colombia: Sistema de información cafetero (SICA).
- De Beenhouwer, M., Geeraert, L., Mertens, J., Maarten, V., Aerts, R., Vanderhaegen, K. y Honnay, O. (2016). Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.017>
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra*. FAO. <https://n9.cl/hgn5>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2013.) *Manual del cafetero colombiano*. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. Legis. <https://n9.cl/f6f6u>
- Flores, M., Alegría, J. y Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascoha, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 125-134. <https://n9.cl/b6neu>
- García, E. (2014). *Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz*. [tesis de maestría, Colegio de Posgraduados, Texcoco, México]. <https://n9.cl/8lt2g>
- Gómez, L., Caballero, A. y Baldión, J. (1991). *Ecotopos cafeteros*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE – Agroclimatología División de Desarrollo Social. <https://n9.cl/yi9v>
- Heip, C. (1974). A New Index Measuring Evenness. *Journal of Marine Biological Association*, 54(3), 555-557. <https://doi.org/10.1017/S0025315400022736>
- Hill, O. (1973.) Diversity and Evenness: a Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hurlbert, S. (1971). The Nonconcept of Species Diversity: a Critique and Alternative Parameters. *Ecology*, 52(4): 577-586. <https://doi.org/10.2307/1934145>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Servicio al ciudadano. <http://www.igac.gov.co/igac>.

- IPCC. (2014). Climate Change 2014. Synthesis report. <https://n9.cl/j2wic>
- Margalef, D. (1958). *Information Theory in Ecology*. General Systematics, 3, 36-71
- Marín, M., Andrade, H. y Sandoval, A. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 351-360. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.201>
- Matta, Y. 2017. Exportaciones de Colombia. Expresiones. *Revista Estudiantil de Investigación*, 4(8), 71-75. <https://n9.cl/nw4wd>
- Menhinick, E. (1964). A Comparison of some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects. *Ecology*, 45(4), 859-861. <https://doi.org/10.2307/1934933>
- Murray, R. y Larry, J. (2009). *Estadística*. 4a ed. Mc Graw-Hill. <https://n9.cl/55nl>
- Navia-Estrada, Jorge; Gallego-Galvis, Ider y Jojoa-Barios, Iván. Impacto del programa Nespresso AAA en la zona cafetera del municipio de la Unión – Nariño. *Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. 9 (1). Pp. 30 – 37. Enero – junio de 2016.
- Ordóñez, H., Navia, J. y Ballesteros, W. (2019). Tipificación de sistemas de producción de café en La Unión Nariño, Colombia. *Temas Agrarios*, 24(1), 53-65. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i1.1779>
- Pielou, E. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Inter-science.
- Puerta, G., González, F., Correa, A., Álvarez, I., Ardila, J., Girón, O., Ramírez, C., Baute, J. Sánchez, P., Santamaria, M. y Montoya, D. (2016). Diagnóstico de la calidad del café según altitud, suelos y beneficio en varias regiones de Colombia. *Cenicafé*, 67(2), 15-51. <https://n9.cl/2wci>
- Rodríguez, N. y Rodríguez, J. (2020). Colecciones para la diversidad biológica. *Poeyana Revista Cubana de Zoología*, 510(1), 1-9. <https://n9.cl/9sm2>
- SADR-Consolidado Agropecuario. (2018). *Consolidado Agropecuario Departamento de Nariño*. <https://n9.cl/qdyn>.
- Shannon, E. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press-Urbana. <https://n9.cl/3rqwm>
- Sheldon, A. (1969). Equitability Indices: Dependence on the Species Count. *Ecology*, 50(3), 466-467. <https://doi.org/10.2307/1933900>
- Simpson, E. (1949). *Measurement of Diversity*. Nature, 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- SIB-Sistema de Información sobre la Biodiversidad en Colombia. (2020). *Biodiversidad en cifras*. <https://sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras-2020/>.
- Zapata, P. (2019). Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *Ciência Florestal*, 29 (2), 685 - 697. <https://doi.org/10.5902/1980509827037>