

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS SUBCUENCAS DE LA ESTACIÓN HIDROLÓGICA FORESTAL "AMISTAD"

EVALUATION OF THE ECOLOGICAL FUNCTIONING OF THE SUB- BASINS OF THE "AMISTAD" FOREST HYDROLOGICAL STATION

Yordan Martínez Pérez^{1*}, Katuska Ravelo Pimentel², Darien Miranda Pérez³, Yasiel Martínez Pérez⁴

¹ Estación Hidrológica Forestal Amistad. <https://orcid.org/0000-0002-7387-1881>

² Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0001-7622-6602>

³ Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0000-0002-3601-2228>

⁴ Estación Hidrológica Forestal Amistad. <https://orcid.org/0000-0002-2609-7424>

*Autor para la correspondencia (e-mail): yordanmartinezperez@gmail.com

Recibido para su publicación: 19/04/2022 - Aceptado para su publicación: 30/06/2022

Resumen

Con el objetivo de evaluar el funcionamiento ecológico de las Subcuencas de la Estación Hidrológica Forestal "Amistad", se realizó un inventario florístico, de enero a noviembre de 2020, estableciendo 40 parcelas de 500 m², midiendo las especies arbóreas con más de 5 cm de diámetro, identificándose y evaluándose 948 individuos, representándose 24 especies, 23 géneros y 17 familias. El bosque se comparó estadísticamente en cuanto a riqueza, composición, estructura, diversidad y abundancia, comprobándose alta diversidad, determinándose especies con mayor índice de valor de importancia ecológica. Las familias *Fabaceae*, *Pinaceae* y *Sapindaceae* son las de mayor representatividad en especies y géneros con tres taxones para un 12%. Las especies más importantes son: *Acacia mangium Willd*, *Pinus caribaea Morelet*, *Matayba apetala (Macf.) Radlk*, destacándose como las más frecuentes y dominantes. Estas especies ocupan los primeros lugares en la riqueza de especies. Los resultados del análisis de correspondencia canónica fueron globalmente significativos (traza= 0,467, F= 1,674, P= 0,0015).

Palabras clave: Riqueza; diversidad; estructura; abundancia; subcuencas.

Abstract

In order to evaluate the ecological functioning of the Sub-basins of the "Amistad" Forest Hydrological Station, a floristic inventory was carried out, from January to November 2020, using 40 plots of 500 m², measuring tree species with more than 5cm in diameter, identifying and evaluating 948 individuals, representing 24 species, 23 genera and 17 families. The forest was compared statistically in terms of richness, composition, structure, diversity and abundance, verifying high diversity, determining species with a higher value index of ecological importance. The families *Fabaceae*, *Pinaceae* and *Sapindaceae* are the most representative in species and genera with three taxa for 12%. The most important species are: *Acacia mangium Willd*, *Pinus caribaea Morelet*, *Matayba apetala (Macf.) Radlk*, standing out as the most frequent and dominant. These species occupy the first places in species richness. The results of the canonical correspondence analysis were globally significant (trace= 0.467, F= 1.674, P= 0.0015).

Keywords: Wealth; diversity; structure; abundance; sub-basins.

INTRODUCCIÓN

El suelo, el agua, el oxígeno, incluso la luz del sol y toda vida animal o vegetal forman un conjunto integrado y dependiente, el cual se sustenta por la interacción de todos con todos. El ser humano, como ente que posee la capacidad de planear, crear, transformar y realizar proyectos, durante toda su existencia ha destinado recursos al manejo del medio que le rodea, condicionándolo para el logro de sus principales intereses y beneficios. Los recursos hídricos,

en todas sus formas, son un elemento principal para la vida en nuestro planeta. El espacio geográfico en el cual transcurre el movimiento superficial del agua es la cuenca hidrográfica; una unidad espacial en la que se conjuntan condiciones particulares de clima, relieve, suelo y vegetación que controlan los procesos hidrológicos que a su vez determinan la cantidad y calidad del agua, así como su distribución espacial y temporal.

A lo largo de la historia, las cuencas hidrográficas han sido delimitadas y organizadas para el beneficio del hombre. En ellas sucede evidencia de ocupación humana, de transformación de paisajes, de creación de normas, y de incidencia de las instituciones. Convirtiéndose en espacios sociales para la convivencia y la concentración de intereses y acciones.

Durante el siglo XX, el estudio de las cuencas hidrográficas se interesó en describir y explicar los procesos biofísicos que conectan el agua, el suelo y la vegetación, así como los impactos que sobre estos tienen las actividades humanas. Las tecnologías geoespaciales (imágenes satelitales y sistemas de información geográfica) expandieron significativamente las posibilidades para abarcar áreas más extensas y conjuntar enormes bases de datos y capas de información (Senisterra, 2016).

La noción de cuenca hidrográfica ha mostrado un gran potencial para entender y organizar la relación entre la sociedad y la naturaleza en espacios geográficos específicos; ello ha propiciado el uso de esta unidad en la gestión del espacio y la toma de decisiones, dando lugar al manejo o gestión de cuencas. Recientemente, el Banco Mundial ha definido el manejo de cuencas como “el uso integrado de agua, tierra y vegetación en un área de drenaje geográficamente discreta para el beneficio de sus residentes, con el objetivo de proteger y conservar los servicios hidrológicos que la cuenca provee, y de reducir y evitar los impactos negativos aguas abajo y en el subsuelo” (Senisterra, 2016). En nuestro país, los recursos hidráulicos potenciales superficiales y subterráneos se han evaluado en 38130 millones de metros cúbicos por año, originados a partir de las precipitaciones. De ellos se estimó que el 83 % se corresponde con el escurrimiento superficial en 632 cuencas hidrográficas y el 17 % a las aguas subterráneas (INRH, 2002).

Según la Estrategia Ambiental Nacional (CITMA, 2005), los principales problemas ambientales en el país son: la degradación de los suelos, las afectaciones a la cobertura forestal, la contaminación, la pérdida de la diversidad biológica y la carencia de agua.

Todos estos problemas se reflejan en mayor o menor grado en la actividad agropecuaria y amenazan la seguridad alimentaria y la estabilidad de la creciente población cubana, lo que unido al carácter insular del país y a los impactos ya presentes del cambio climático, ponen de relieve la obligada importancia y necesidad de perfeccionar el manejo de la cubierta forestal en general y de los pinares en particular, para contribuir a solucionar estos y otros problemas ambientales (MINAG, 2006).

Esto tiene un mayor significado si tenemos en cuenta que la mayor parte de nuestros recursos hídricos están asociados a ecosistemas frágiles como montañas, zonas costeras, humedales y cayerías. Por lo que la siguiente investigación tiene como **objetivo** evaluar el funcionamiento ecológico de las Subcuencas de la Estación Hidrológica Forestal “Amistad” (EHFA), planteándose como **hipótesis** que si a partir de la evaluación de los indicadores ecológicos de las subcuencas en la Estación Hidrológica Forestal “Amistad”, permitirá un manejo apropiado de estas y brindará beneficios a la sociedad, que se originan en una amplia gama de bienes y servicios, que pueden ser aprovechados por la comunidad regional y/o local.

MATERIAL Y MÉTODOS

Situación geográfica y superficie

La provincia de Pinar del Río es la más occidental de Cuba con una superficie de 10 925 km² dentro de la cual se encuentra la cuenca del río San Diego con 262 km² de extensión hasta el cierre de la presa La Juventud perteneciendo la mayor parte a la cordillera de Guaniguanico y el resto a la llanura aluvial de Pinar del Río, abarcando parte de los municipios La Palma, Consolación del Sur y Los Palacios. La Estación Amistad, situada en La cuenca del río San Diego, posee una superficie de 52 ha y su centro coincide con las coordenadas 22° 41' de latitud norte y 82° 26' de longitud oeste.

Hidrografía

La red hidrográfica está bien definida y está constituida por corrientes intermitentes de primer orden las cuales drenan sus aguas al arroyo Bermejales que a su vez es afluente del río San Diego; la densidad de drenaje es alta, y varía entre 11.4 y 18.2 km/km², superior a la de la cuenca del río San Diego que es de 0.84 km/km².

Geología, relieve y suelos

En la EHFA la constitución geológica está representada por algunas de las formaciones más antiguas del país donde es característica la presencia de un complejo de rocas metamórficas (Alturas de Pizarra) que se incluyen dentro de la formación San Cayetano, cuya edad se le asigna al período Jurásico Inferior-Medio (Bermúdez 1961).

El relieve es típico para los sistemas montañosos de Pinar del Río. Las alturas máximas de las cuencas oscilan entre 120 y 150 m.s.n.m. El territorio esta surcado por cañadas, con laderas con pendientes entre 15 y 20 grados (Tabla 1).

Tabla 1.- Principales características de las subcuencas experimentales de la EHFA

Table 1.- Main characteristics of the experimental sub-basins of the EHFA

Subcuenca	Superficie (ha)	Pendiente media (%)	Altitud (m.s.n.m)			Densidad de Drenaje (km/km ²)
			Máxima	Mínima	Media	
1	8.91	20.4	139	103	122.0	11.4
2	10.30	27.1	134	99	119.4	16.5
3	8.50	24.9	136	100	120.4	14.6
4	9.90	33.1	144	84	118.2	18.2

El tipo único de suelo en la Estación se corresponde con el Agrupamiento Ferralítico de acuerdo con el Instituto de Suelos, 1980, pero con marcada diferencia a nivel de las categorías inferiores de clasificación Especie y Variedad, donde el relieve varía desde alomado hasta escarpado, que se corresponde con la categoría agroproductiva IV (PNMCS, 2000). Se destaca que las categorías Especies y Variedad de los suelos de la Estación están en franca correlación con la Clase y Calidad del sitio forestal, donde la vegetación de pinares alcanza mayor volumen cuando el suelo es más profundo y de menor contenido de gravas.

La descripción indica el poco espesor del suelo, alto contenido de gravas cuarcíferas y una textura loamosa con predominio de la fracción arena, que hace suponer el intenso proceso erosivo a que está sometido.

Elementos del clima:

Las observaciones permanentes del clima de la estación hidrometeorológica “Amistad” se realizan desde 1979. Dentro del área está instalada una estación meteorológica estándar con un heliógrafo, un pluviómetro, pluviógrafo, evaporímetro, una caseta termométrica (máximo, mínimo, seco y húmedo con su higrómetro), un anemómetro y un anemorrumbógrafo. Además de la estación meteorológica existen 4 puntos pluviométricos (pluviómetro y pluviógrafo) para medir las precipitaciones, (Plasencia, 2010).

Trascolación, escurrimiento cortical, interceptación, escurrimiento líquido.

Para la obtención de datos y observación del comportamiento hídrico de las distintas subcuencas que ocupan a la Estación, se delimitaron parcelas de 30x20 m en las cuales se colocaron pluviómetros en hileras bajo el dosel del bosque con una separación entre hileras de 10 m y entre cada pluviómetro entre tres y cinco metros con el objetivo de medir la lámina de lluvia que penetra a través del dosel del bosque y llega a la superficie del suelo (trascolación). (Plasencia, 2010).

Se equiparon árboles con bandas acanaladas, las cuales recolectaban las aguas que escurren por el fuste, producto de las precipitaciones y las conducían por medio de mangueras a tanques colectores. (Plasencia, 2010).

Para el estudio del escurrimiento líquido, En cada una de las cuatro subcuencas experimentales existe una estación de aforo en la que hay ubicado un limnógrafo automático que registra continuamente la variación del caudal. Para ello se colocaron vertedores triangulares fijos con un ángulo de 90° en el vértice, contruidos de metal y hormigón.

Levantamiento topográfico:

El levantamiento del área se realizó mediante la utilización de brújula y midiendo distancia por el método de doble paso, al igual que tomando las coordenadas geográficas brindadas por el sistema de posicionamiento GPS e introduciendo los datos en el programa *MapInfo Professional 15.2*.

Pendiente:

Se promediaron varios puntos en las parcelas realizadas. Estos se midieron con un nivel para evaluar la inclinación del terreno.

Inventario florístico:

Los inventarios florísticos, se realizaron, mediante el método aleatorio simple, utilizando parcelas no permanentes de 10x10 m, 100 m² de superficie y un total de 10 parcelas.

Se midieron variables dasométricas (diámetro y altura, cantidad de individuos) a los tres estratos presentes (arbóreo, arbustivo y herbáceo).

Para el cálculo del volumen se utilizó la fórmula 1:

Fórmula 1.- Fórmula de volumen utilizada

Formula 1.- Volume formula used

$$V = G * h * f$$

en los cuales: V- Volumen, h- Altura, f- Factor de forma empírico, G- Área basal ($G = (\pi/4) * d^2$), d- Diámetro

Muestreo de la vegetación

Se empleó parcelas de áreas fijas, estableciendo 40 unidades de 500 m² de forma sistemática, registrando individuos con más de 2 m de altura y \geq a 5 cm de 1,30 según criterios de muestreo utilizados por Dutra (2011) y Sánchez (2015). Para validar el muestreo se utilizó la curva de área/especies, programa *PC-ORD, Versión 4.17* (McCune y Mefford, 1999).

Diversidad florística: fue evaluada con los índices de diversidad de Shannon-Weaver

(H'), y la riqueza de especies (Magurran, 1989): según fórmula 2:

Fórmula 2.- Fórmula utilizada para determinar la riqueza de especies

Formula 2.- Formula used to determine species richness

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

en los cuales: S = Número de especies, N= Número total de individuos

Estructura horizontal:

Se determinó a través del cálculo de: abundancia relativa (Ar), frecuencia relativa (Fr), y dominancia relativa (Dr) de cada especie (Moreno, 2001), Lamprecht (1990).

Índice de Valor de Importancia (IVI):

Se evaluó mediante la suma de los parámetros de la estructura horizontal (Keels *et al.*, 1997; Lamprecht, 1990).

Estructura vertical:

Realizada por la Clasificación de IUFRO (Lamprecht, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies por subcuenca

La figura 1 muestra la curva área – especies y la de distancia indicando que las parcelas que se levantaron son representativas de la diversidad florística en el área, donde a partir de la parcela 28 se logra la asíntota vertical.

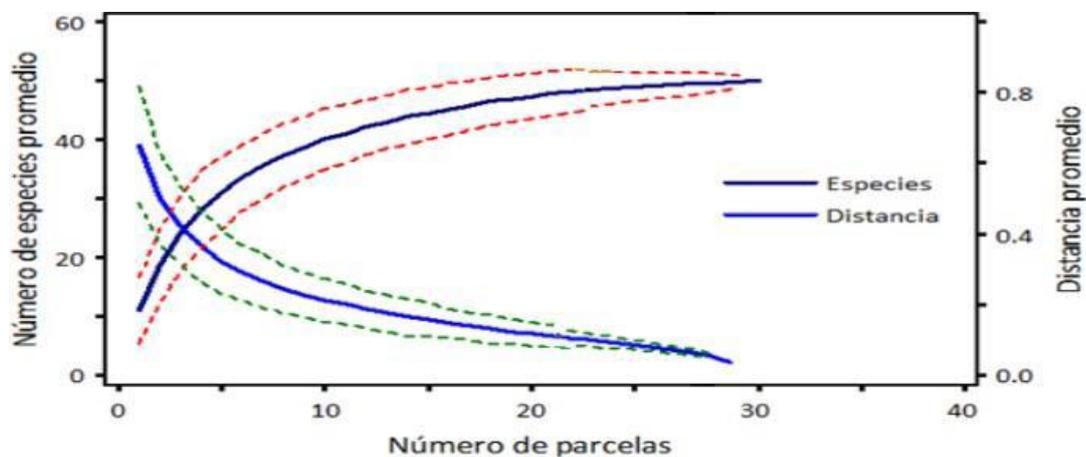


Figura 1. Curva área/especies para las subcuencas.

Figure 1. Area/species curve for the sub-basins.

En el inventario florístico se muestrearon 24 especies, 17 familias, 23 géneros y 948 individuos, destacándose la presencia de *A. mangium Willd.*, esto está dado por que en área de la Subcuenca 1 se realizaron, talas rasas entre el 26-6-1981 y el 9-10-1981 y posteriormente se hizo una preparación para la plantación de la *A. mangium Willd.* La otra especie que le sigue es *Pinus caribaea Morelet.*, pues las áreas son de características de pinares, por lo que la especie mediante la regeneración natural ha crecido y dominado los espacios en este estrato. Mientras que en los dos estratos restantes las especies que mayor presencia en el área fueron *Cythea sp.*, *Matayba apetala* (Macf.) Radlk., Sp. de *Melastomataceae*, típicas de formaciones de pinares.

Se encuentra muy bien distribuidas en toda el área además la *Terminalia catappa*. L., según Sánchez (2015) es una especie que se desarrolla rápido y puede transformar la estructura y composición florística del bosque.

La figura 2 muestra las familias mejor representadas con relación a la riqueza de especies, las cuales determinan la diversidad existente en la ribera del río.

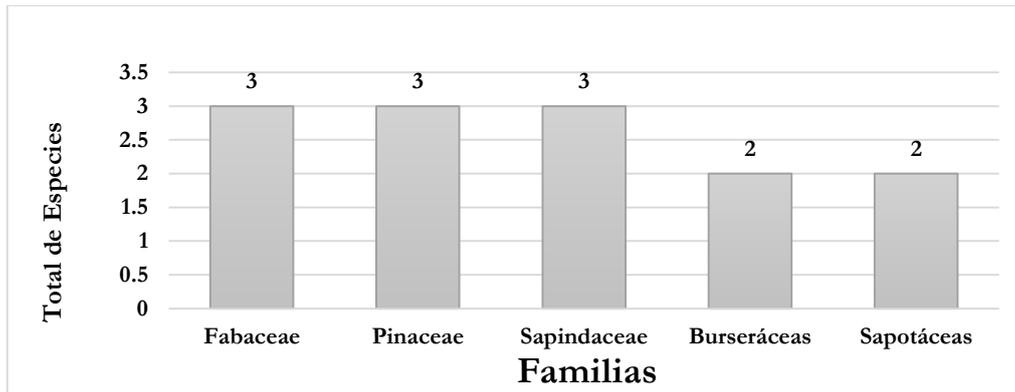


Figura 2. Familias con mayor riqueza de especies de plantas arbóreas.

Figure 2. Families with the greatest richness of tree plant species.

Las familias mejor representadas fueron *Fabaceae*, *Pinaceae* y *Sapindaceae* con tres taxones para un (12%) respectivamente, seguida de *Burseráceas* y *Sapotáceas* con dos taxones para un (8%) en contraste, las familias menos representadas fueron: *Anacardaceae* y *Malvaceae* con un taxón (4%) entre otras. Garibaldi (2008) reconoce las familias *Fabaceae* como una de las más diversas y mejor representadas en la Reserva Forestal del Montuoso (Panamá). Estas familias que son las más abundantes con respecto a la riqueza de especies en el bosque agrupan a la mayoría de los individuos inventariados. Familias como *Fabaceae*, *Pinaceae* y *Sapindaceae* con tres taxones se representan con 148, 200, 113 individuos.

Curvas de abundancia relativa para las 24 especies más importantes.

La figura 3 muestra las curvas de abundancia relativa obtenidas de las 24 especies según la abundancia de estas en el área. De acuerdo con las características de la curva de abundancia, se confirma el comportamiento de la diversidad de especies, pues de acuerdo a la forma de la curva se observa que las especies que están dominando no son nativas de este tipo de bosques como: *Acacia mangium Willd*, *Pinus caribaea Morelet*, *Matayba apetala (Macf.) Radlk*. Según Sánchez (2015) estas especies son exóticas, capaces de adaptarse al medio, transformando la estructura del bosque.

El primer grupo presenta más de un 45% de similitud compuesto por parcelas que se localizan en todas las subcuencas. Estas parcelas presentan características florísticas similares que justifican su ubicación en el dendrograma, debido a que las especies presentes en este estrato son típicas del área y se desarrollan por toda la subcuenca, se encontraron otras especies exóticas e invasoras como *L. leucocephala*, *J. vulgaris*, que según Oviedo (2005) pueden llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque.

También se encuentra *Pinus caribaea* Morelet que se comporta como una especie pionera del bosque según Vázquez y Guevara (1985).

Las condiciones topográficas, asentamientos rurales, agricultura migratoria, pudieran ser las condiciones que influyen en este agrupamiento. El grupo II presenta menos de un 30% de similitud compuesto por parcelas localizadas muy distante una de otras. La baja similitud pudiera estar dada por la abundancia de elementos florísticos de los géneros *Lencaena* y *Jambosa*. Este grupo obedece a que estas parcelas se ubicaron sobre condiciones de cultivos agrícolas, claros, cuya cobertura y ambiente hacen que se comporte como un grupo. En sentido general los dos grupos se encuentran en un rango de altitud 250 metro sobre el nivel del mar (m.s.n.m), compartiendo especies con gran valor comercial como *C. odorata*, *Tabebuia rosea* Britt entre otras.

Estructura horizontal y vertical

El estudio de la estructura horizontal permitió evaluar el comportamiento de los árboles y de las especies a partir de los parámetros ecológicos. Teniendo en cuenta el índice de valor de importancia ecológico a nivel de especies, la vegetación se caracterizó en sentido general heterogénea, reflejando que las especies que presentan mayor dominancia son las menos abundantes y frecuentes (Tabla 2), ya que según Melo y Vargas (2003) esto ocurre siempre que el mayor peso ecológico favorece las especies raras en su conjunto.

Estas especies presentan baja participación de acuerdo a los parámetros fitosociológicos, las cuales las convierten vulnerables ante disturbios naturales y antrópicos.

Tabla 2. Índice valor de importancia ecológica para las 8 especies más importantes en la vegetación estudiada.
 Table 2. Ecological importance value index for the 8 most important species in the studied vegetation.

<i>Especie (sp)</i>	Indicadores ecológicos del estrato arbóreo							Entre las 8 especies de mayor peso ecológico estudiadas (Tabla 2), que representaron el
	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>D</i>	<i>Ar</i>	<i>Fr</i>	<i>Dr</i>	<i>IVIE</i>	
<i>Acacia mangium</i> Willd.	117	7	1,713	0,183	0,583	0,417	1.123	42% de la flora encontrada
<i>Pinus caribaea</i> Morelet	30	6	1,589	0,047	0,500	0,368	0.91	
<i>Matayba apetala</i> (Macf.) Radlk.	20	5	0,111	0,031	0,417	0,031	0.47	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent.	2	2	0,166	0,003	0,167	0,045	0.21	
<i>Mastichodendron foetissimum</i> (Jacq.)	3	2	0,103	0,005	0,167	0,028	0.2	
<i>Calophyllum antillanum</i> Britt.	2	2	0,017	0,003	0,167	0,015	0.18	
<i>Casearia</i> sp.	2	2	0,023	0,003	0,167	0,005	0.175	
<i>Pinus tropicalis</i> Morelet.	1	1	0,221	0,002	0,083	0,050	0.135	

ocupan las dos primeras posiciones, especialmente por su dominancia y frecuencia, acumulando de conjunto un 20% del valor de importancia por presentar árboles con grandes dimensiones, aunque *Matayba apetala* (Macf.) Radlk y *Bursera simaruba* (L.) Sargent están ocupando la tercera y cuarta posición, determinadas por su frecuencia, pues hay que tener en cuenta que ellas son especies que están categorizada como invasora por Oviedo (2005). Estas especies pueden llegar a transformar la estructura y composición florística del bosque Sánchez (2015).

Influencia de las variables ambientales en la estructura del bosque.

Los resultados del análisis de correspondencia canónica (*ACC*) fueron globalmente significativos (*traza*= 0,467, *F*= 1,674, *P*= 0,0015).

Los primeros cuatro ejes del *ACC* ofrecieron una solución a la ordenación de las unidades de muestreo y de las especies, pues la variabilidad total presente en los datos de abundancia de las especies (*inercia*= 3,543) fue posible explicar el 88,2 % de la relación especie-variables ambientales y el 14,5 % de la varianza de especies mediante el conjunto de dichos ejes, lo que indica un gradiente fuerte. Resultados similares obtuvo Jiménez (2012), en aplicaciones de análisis multivariantes, pues con una (*inercia*= 2,55) explicó el 23,7% de la variabilidad mediante el conjunto de dichos ejes.

Estos resultados son concuerdan con los obtenidos por Sánchez (2015) para una (*inercia*= 3,594) explicó el 91,1% de la variabilidad mediante el conjunto de los ejes.

CONCLUSIONES

- La estructura de la cuenca es irregular por presentar una vegetación diversa y heterogénea con alto grado de antropización.
- Las especies de mayor peso ecológico son: *Acacia mangium Willd*, *Pinus caribaea Morelet*, *Matayba apetala (Macf.) Radlk.*

ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autores del manuscrito en cuestión, declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

REFERENCIAS

- Dutra, D. S. 2011. Composição e estrutura de uma floresta ribeirinha no sul do Brasil. *Biotemas*. 24 (4): 49-58. Garibaldi, C. 2008. *Efectos de la extracción y uso tradicional de tierra sobre la estructura y dinámica de bosques agmentados en la península de Azuero, Panamá*. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. 167 p.
- González-Bernáldez, F. 1988. *Aspectos paisajísticos de las riberas*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Curso sobre Restauración de riberas modificadas por actividades de la Obras Pública. Madrid.
- González, J. A. 2003. *Aplicación de Análisis Multivariantes al estudio de las relaciones entre las aves y su hábitat: un ejemplo con Paseriformes Montanos no Forestales*, *Ardiola*, 50 (1): 47-58.
- Jiménez, A. 2012. *Contribución a la ecología del bosque semideciduomesófilo en el sector oeste de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario”, orientada a su conservación*. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 107 p.
- Keels, S.; Gentry, A. and Spinzi, L. 1997. *Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay*. (Biodiversity measuring and monitoring certification training, Volume 2. Washington: SI/ MAB.
- 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*. Trad. por Antonio Carrillo. República Federal Alemana. (GTZ) 335 p.

- Magurran, A. E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones España, Vedrá. 200 p.
- Melo, O. and Vargas, R. 2003. *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué, CO, Universidad del Tolima. 239 p.
- McCune, B. and Mefford, M. J. 1999. *Multivariate analysis of ecological data*. PcOrd-Versión 4.17 Glenneden Beach, Oregon, USA.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M and T-Manuales y Tesis SEA, Vol. I. Zaragoza, España. 84 p.
- Oviedo, R. 2005. *Especies Invasoras en Cuba, consideraciones básicas*. Disponible en: <https://www.ama.gov.co> Consultado 14 septiembre de 2020.
- Reyes, O. J. y Acosta, F, 2005. *Vegetación en Cuba: Parque Nacional: Alejandro de Humboldt*: Rapid biological inventories, 14: 54-69.
- Rodríguez, Y. y Sánchez, J. 2005. *Diseño sostenible para la recuperación y conservación de las Fajas Forestales Hidrorreguladoras del río Toa. Guantánamo "DEFOR 2005"* Palacio de las Convenciones de la Habana, Cuba, 5-9 p.
- Sánchez, J.; González, E.; Herrero, J. A. y Castellanos, X. 2011. Evaluación de los criterios e indicadores de la sostenibilidad en la rehabilitación de la faja forestal hidrorreguladora del río Toa desde Quibiján al Naranjal del Toa. *Revista Forestal Baracoa*. Edición Especial 1:861-867. ISSN: 0138-6441. ISSN versión electrónica: 2078-7235.
- Sánchez, F. J. 2015. Acciones silvícolas para la rehabilitación del bosque pluvisilva de baja altitud sobre complejo metamórfico del sector Quibiján-Naranjal del Toa. (Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales), Universidad de Pinar del Río, 101p.
- Sánchez, F. J. 2020. Consulta personal. Doctor en Ciencias y Profesor Titular. Universidad de Guantánamo. Cuba. Ter
- Braak, C. J. and Verdonshot, F. M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods *IAquatic Ecology*. *Ecology Sciences* 57: 255-286.
- Vázquez, C. y Guevara, S. 1985. Caracterización de los grupos ecológicos de los árboles de la selva húmeda. En: Gómez– Pompa, A. y Del Amo, S, (eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*, D. F. Vol. 11, 67–78 p.
- Ward J. V. 1998. Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biol. Conserv.*, 83: 269-278.
- Whitmore, T. C. 1999. *An introduction to tropical rain forests*. 2da. Edition. Oxford University Press. New York. 282 p.