



Relación de arvenses en plantaciones de tectona grandis L.f. (teca) y su banco de semillas en la zona central del litoral ecuatoriano
Ratio of weeds in plantations of tectona grandis L.f. (teca) and its seed bank in the central zone of the Ecuadorian coast

Artículo resultado de proyecto de investigación financiado por La Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Edwin Miguel Jiménez-Romero

*Docente investigador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
ejimenez@uteq.edu.ec.
<https://orcid.org/0000-0002-7411-8189>*

Rommel Santiago Crespo-Gutiérrez

Docente investigador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. jrcrespo@uteq.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-4013-6362>

Elías Cuaquer-Fuel

*Docente investigador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
jcuasquer@uteq.edu.ec.
<https://orcid.org/0000-0003-2116-4568>*

Ana Patricia Chevez-Alejandro

Estudiante, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. Correo: achevez@uteq.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-9359-9387>

<http://centrosuragraria.com/index.php/revista>
Publicada por: Instituto Edwards Deming
Quito - Ecuador
Octubre - Diciembre vol. 1. Num. 7 2020
Pag. 69-91

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

RECIBIDO: 1 DE DICIEMBRE 2019
ACEPTADO: 1 DE ABRIL 2020
PUBLICADO: 4 DE OCTUBRE 2020

RESUMEN

El proyecto de investigación se realizó con el objetivo de relacionar las arvenses de las plantaciones de teca ubicadas en los cantones Balzar (San Pedro), Santo Domingo (La Palma), Quevedo (San Carlos) y Valencia (Yurac Yacu y El Vergel) y su banco de semillas del suelo en la zona central del litoral ecuatoriano. Se tomaron en consideración los datos obtenidos de las 33 unidades de muestro de la investigación de Osorio (2019) y Sánchez (2019), donde se registró información sobre los individuos y especies presentes en los diferentes sitios tanto para el estrato y el banco de semillas. Se identificó un total de 43357 individuos, 107 géneros y 142 especies, siendo Compositae y Cyperaceae las familias más representativas de los sitios con 14 y 13 especies respectivamente. Se determinó que *Cyperus esculentus* L. fue la más abundante con 3374 individuos, seguido de *Mecardonia procumbes* (Mill.) Small y *Veronica persica* Poir. con 3174 y 2842 individuos respectivamente. En cuanto a la composición de especies, predominaron las hierbas (89,07%), origen nativo (68,31%), ciclo perenne (50,63%), tipo dicotiledóneas (71,08%), propagación por semilla (77,19%) y con dispersión antrópica (35,67%). La riqueza registrada por el índice de Margalef fue media con valores que oscilan de 2,44 a 4,53 y la diversidad de especies calculada por el índice de Shannon-Weaver fue de 1,71 a 3,23 (diversidad media). El análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas entre sitios del estrato bajo y banco de semillas del suelo.

Palabras clave: banco de semillas, estrato bajo, teca, riqueza, diversidad.

ABSTRACT

The present research project was carried out with the objective of relating the weeds of the teak located in the cantons Balzar (San Pedro), Santo Domingo (La Palma), Quevedo (San Carlos) and Valencia (Yurac Yacu and El Vergel) and its bank of soil seeds in the central zone of the Ecuadorian coast. The data obtained from the 33 sampling units of the Osorio (2019) and Sánchez (2019) researched were taken into account, where information was recorded on the individuals and species in the different sites for the both the estratum and the seed bank. A total of 43357 individuals, 107 genera and 142 species were identified, with Compositae and Cyperaceae being the most representative families of the sites with 14 and 13 species respectively. It was determined that *Cyperus esculentus* L. was the most abundant with 3374 individuals, followed by *Mecardonia procumbes* (Mill.) Small and *Veronica persica* Poir. with 3174 and 2842 individuals respectively. Regarding the composition of species, herbs predominated (89,07%), native origin (68,31%), perennial cycle (50,63%), dicot type (71,08%), propagation by seed (77,19%) and with antropic dispersion (35,67%). The richness recorded by the Margalef index was averaged with values ranging from 2,44 to 4,53 and the diversity of species calculated by Shannon-Weaver index was 1,71 to 3,23 (average diversity). The analysis of variance has determined that there are no significant differences between low stratum sites and similar seed bank.

Keywords: soil seed bank, low estratum, teak, wealth, diversity.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción forestal al igual que otros cultivos son susceptibles a la aparición de arvenses o malezas. Estas plantas consideradas en parte como indeseables pueden comprometer la producción y causar daños en su rendimiento del cultivo, debido a la capacidad para rebrotar y almacenar sus semillas en el suelo durante un largo período de tiempo (Canova y Salas, 2013). Las arvenses pueden ocasionar efectos negativos en una plantación, desde la reducción del crecimiento hasta muerte de las plantas establecidas, debido a la competencia de nutrientes en sus primeras etapas de desarrollo, lo cual también implica el aumento de los costos de producción (Fernández *et al.*, 2014).

También conocida como maleza, se refiere a todas aquellas plantas que se encuentran en un ecosistema cultivado y que pueden interferir en el desarrollo de otra planta, obstruyendo su crecimiento debido a la competencia de nutrientes, agua e incluso afectar en sentido económico un cultivo o plantación si no se realiza una limpieza lo antes posible (Blanco, 2016), estas especies vegetales tienen la característica de crecer sin necesidad de que se la haya cultivado previamente, es decir, suelen aparecer de manera natural, con capacidad de adaptarse a un determinado ecosistema y extenderse fácilmente (Del Toro *et al.*, 2018). Díaz y Ríos (2017) indican que las arvenses son un elemento integral de los ecosistemas, debido a que forman parte de su organización e influyen en su funcionamiento, puesto que poseen distintas funciones en los mismos.

Thompson y Grime (1979) así como Cox y Allen (2007) definen al banco de semillas del suelo como el conjunto de semillas viables encontradas por debajo y encima de la superficie del suelo. Este puede contener distintas especies que pueden estar almacenadas en el suelo a través del tiempo. Conocer las características de un banco de semillas permite tener una base sobre la estructura florística que puede existir en el sitio y poder determinar los cambios que se producen con el paso de los años.

El banco de semillas de un sitio puede variar debido a determinantes como topografía, distribución espacial y dispersión de las semillas. Hay que tener en cuenta que la composición y densidad pueden cambiar en cuanto al tiempo, siendo distintas las especies en distintos períodos (Garwood, 1989). El conocimiento de un banco de semillas se obtiene por medio de un estudio y recolección de muestras del suelo de una determinada zona, el cual pretende no solamente conocer la dinámica de las especies florísticas presentes, sino también poder determinar que individuos pueden afectar (si es el caso de una plantación o cultivo establecido) y elegir un adecuado manejo, descartando el uso de especies exóticas (Sánchez *et al.*, 2015).

Según Viera *et al.* (2015) las plantas arvenses, con el pasar de los años, han sido consideradas como molestias en los cultivos, pues afectan el rendimiento del mismo, pero cabe destacar que en la actualidad se reconoce la importancia ecológica que proveen entre las cuales se encuentran que permiten disminuir la erosión del suelo, realizando un papel de cobertura protectora del mismo. La mayor parte de arvenses presentes en zonas de cultivo son las Gramíneas, principalmente de las familias Cyperaceae y Poaceae. En el caso de los Cyperaceae están los géneros *Cyperus* y *Carex*, mientras que de la familia Poaceae son *Echinochloa*, *Eleusine* y *Cynodon*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El presente proyecto de investigación se realizó en las plantaciones de teca pertenecientes a la empresa ENDESA BOTROSA sitio San Pedro, La Palma, San Carlos, El Vergel y Yuracyacu ubicadas en los cantones Balzar, provincia del Guayas, Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo y Valencia, provincia de Los Ríos, localizadas entre las coordenadas 677263; 9943201 y 634285; 9870643 localizados en la zona de vida bh-T cuales presentaron de condiciones edafoclimáticas parámetros de Altitud entre 40 a 150 msnm, precipitación anual promedio entre 1821 a 3166,6 mm, temperatura promedio con rangos entre 24,1 a 26,1 °C, humedad relativa 81,6 y 89,5%, heliofania con valores entre 650,6 y 1100 horas/luz con topografías irregulares y suelos con texturas arcillosas, arcillosas limosas, francos y franco arenosos.

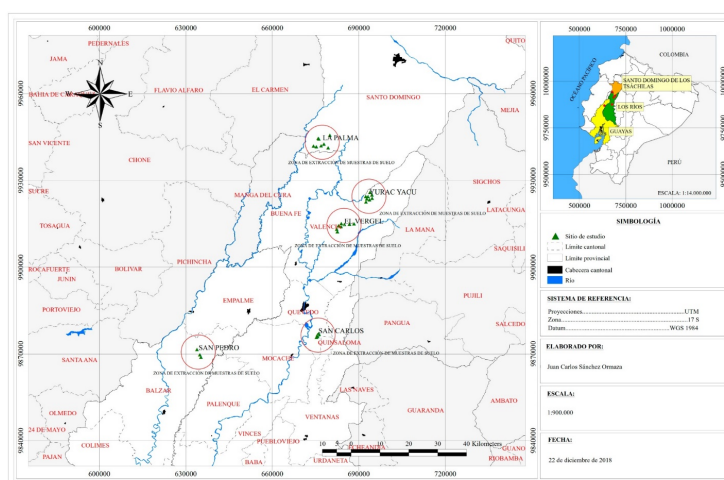


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio en la zona central del litoral ecuatoriano

Se Aplicó el método hipotético-deductivo, el cual permitió la observación del fenómeno en estudio y poder determinar la relación de las arvenses encontradas (estrato bajo) en las

plantaciones de *T. grandis* y su banco de semillas del suelo para así conocer la abundancia de estas especies en el sitio.

Establecimiento de las unidades de muestreo

En el presente proyecto se trabajó con 33 unidades de muestreo establecidas por Osorio (2019) y Sánchez (2019) en plantaciones de *T. grandis* pertenecientes a la empresa ENDESA-BOTROSA, las cuales están ubicadas en los cantones Balzar, Santo Domingo, Quevedo y Valencia. Las unidades de muestreo se establecieron con una superficie de 256 m². Se utilizó el criterio de orientación Norte- Sur para el establecimiento de las UM de forma geométrica cuadrada con una superficie de 256 m² (16 x 16m) dentro de un lote de 1000 m² de igual forma geométrica, a fin de evitar efectos de borde para futuros registros o inventario de arvenses. Se colocó en los vértices hitos de concreto cilíndricos de 50 cm de alto y se utilizó cinta plástica peligro para delimitar el perímetro en cada una de las UM.

Registro de arvenses del estrato bajo y del banco de semillas en las unidades de muestreo

Se aplicó el criterio de área-mínima para realizar el inventario de las arvenses del estrato bajo que consistió en un incremento de la superficie al doble comenzando por un 1m² hasta llegar al total de 256 m². Se cuantificó el número de individuos por especie presentes en cada subsuperficie en cada UM distribuidas en los nueve sitios de estudio.

Para el muestreo del banco de semillas se aplicó el método propuesto por Kalesnik *et al.* (2013) que consistió en coleccionar por cada UM cinco muestras de suelo. En las esquinas de la unidad de muestreo se procuró un distanciamiento aproximado de 1 m siguiendo ambos lados del cuadrado a partir de su vértice de manera que permita simular una subunidad de muestreo (SM) de 1 m² en cuyo centro se realizó la extracción. Primero se realizó la recolección de muestras en las esquinas siguiendo un sentido horario y luego en el centro de la UM (Figura 2.)nPara la recolección de cada muestra de suelo, se retiró la hojarasca, ramas, ramillas u otro material vegetal caído en el suelo sin alterar las especies vegetales presentes cerca de la zona a muestrear y, se insertó un cilindro de metal de 10 cm de diámetro y 7 cm de altura

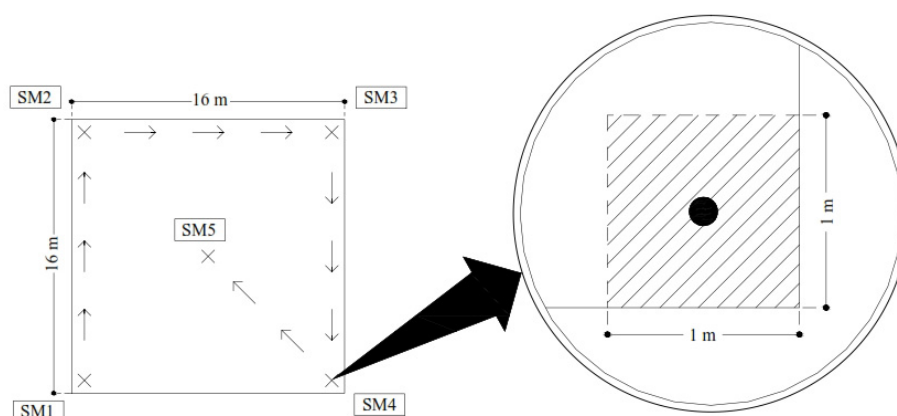


Figura 2. Muestreo del banco de semillas del suelo en el interior de las UM.

Preparación de muestras y manejo de plántulas en bandejas germinadoras

Para caracterizar el banco de semillas de arvenses se aplicó el método indirecto de emergencia de semillas propuesto por Ter *et al.* (1996) que consistió primeramente en pasar cada muestra recolectada en campo por un tamiz con un ancho de malla de 5 mm para retirar tubérculos, raíces, rizomas y material rocoso, si existiesen, para obtener una mejor concentración de semillas en menor cantidad de volumen de suelo.

Las muestras tamizadas fueron extendidas en bandejas de germinadoras de madera de 40 x 40 cm y 5 cm alto. Cada bandeja estuvo subdividida en cuatro secciones de 20 x 20 cm. Se depositó cada muestra (que representa una SM) en un segmento de la bandeja para formar una capa de un espesor igual o inferior a 1 cm, según lo recomiendan Yang y Li (2013), para acelerar el proceso de germinación de semillas en condiciones de invernadero. Las muestras se mantuvieron bajo condiciones de invernadero a 30 ± 25 °C de temperatura, $76 \pm 20\%$ de humedad relativa y, se aplicó riego diario en modo de pulverización (650 ml por bandeja) con una bomba de fumigar manual con boquilla de cono regulable a primeras horas de la mañana (entre 06H00 y 07H00) y a la puesta de sol (a partir de las 18H30).

Herborización e identificación de arvenses

Para la identificación de las especies arvenses presentes en las unidades de muestreo tanto Osorio (2019) como Sánchez (2019) se emplearon fuentes de literatura sobre trabajos ya realizados sobre el tema, fotografías tomadas y datos registrados en campo sobre las características morfológicas (hojas, flores, tallo, etc.) finalmente se realizó la identificación de las especies mediante la observación de las fotos tomadas en campo y las muestras prensadas y secadas, además de la revisión de literatura y el uso del sistema de clasificación APG (Stevens, 2001).

Composición y Evaluación de la estructura vegetal, diversidad y similitud

La determinación de la composición de las especies arvenses encontradas tanto en el banco de semillas del suelo y el estrato bajo de las plantaciones de *T. grandis*, se indicó la familia y se clasificó en variables de origen, forma de crecimiento, ciclo de vida, forma propagación, vector de dispersión y clase de planta a la que pertenece cada una de ellas. La estructura para la composición de arvenses Castillo *et al.* (2016), Muñoz *et al.* (2017), Romero *et al.* (2014), Zimdahl (2018). La evaluación de la estructura de las especies arvenses encontradas en las plantaciones de *T. grandis* se empleó parámetros como Abundancia Absoluta (Aa), Abundancia Relativa (Ar), mientras que la diversidad se utilizó el índice de riqueza de Margalef, para equitatividad el índice de Pielou, para diversidad el de Shannon-Weaver y Simpson, así como el índice de similitud de Jaccard. Para la aplicación de los parámetros indicados se emplearon las siguientes fórmulas:

Abundancia absoluta (Aa)

Soler *et al.* (2012) definen a la abundancia absoluta como número de individuos encontrados por especie presente en un ecosistema. Se determino mediante la siguiente fórmula:

$$Aa = \frac{N_i}{S}$$

Donde:

Aa = Abundancia absoluta;

N_i = Número de individuos encontrados de la especie i;

S = Total de unidades de muestreo o área en estudio.

Abundancia relativa (Ar)

La abundancia relativa se refiere a la abundancia absoluta obtenida de una especie y la sumatoria de las abundancias absolutas de todas las especies encontradas en el sitio de estudio (Soler *et al.*, 2012). Se expresó mediante la fórmula:

$$Ar = \frac{A_i}{\Sigma A_i}$$

Donde:

Ar = Abundancia relativa;

A_i = Abundancia absoluta de la especie i;

ΣA_i = Sumatoria de las abundancias absolutas de todas de especies encontradas.

Índice de riqueza de Margalef

Basandose en el número de especies e individuos existentes en un determinado sitio permitió medir el grado de riqueza de una comunidad vegetal determinada. Se expresó por medio de la siguiente fórmula (Prieto *et al.*, 2017):

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

D_{Mg} = Índice de riqueza de Margalef;

S = Número de especies encontradas;

N = Total de individuos presentes en el sitio.

Índice de equitatividad de Pielou

El índice de equitatividad de Pielou mide la proporción de una diversidad observada en una parte de comunidad vegetal contra la diversidad máxima estimada. Sus valores varían entre 0 a 1. Se expresó mediante la siguiente fórmula (Reyes y Torres, 2009):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

(4)

Resultando:

$$H_{\max} = \ln(S)$$

Donde:

J' = Índice de equitatividad de Pielou;

H' = Índice de Shannon-Weaver;

H'_{\max} = Diversidad máxima esperada;

ln = logaritmo natural;

S = Número de especies encontradas.

Índice de Shannon-Weaver

Según Campo y Duval (2014) el índice de Shannon-Weaver mide la probabilidad de que un individuo encontrado en el área y escogido al azar pertenezca a la misma especie. Se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum P_i \ln(P_i)$$

Siendo:

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

(5)

Donde:

H = Índice de Shannon-Weaver;

P_i = Proporción de individuos de la especie i (Abundancia relativa de la especie i);

ln = Logaritmo natural;

n_i = Número de individuos de una determinada especie i;

N = Total de individuos encontrados por todas las especies.

Índice de Simpson

El índice de Simpson se basa en la probabilidad de que los individuos de una comunidad vegetal seleccionados al azar pertenecen a la misma especie (Del Río *et al.*, 2003). Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$S = 1 - \sum P_i^2$$

Por lo cual:

$$P_i = \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Donde:

S = Índice de Simpson;

P_i = Cuadrado de la proporción de individuos encontrados en la especie i o abundancia relativa de la especie i .

n_i = Número de individuos encontrados en la especie i ;

N = Total de individuos de todas las especies.

Índice de Jaccard

El índice permite evaluar la similitud que existe entre comunidades vegetales. Zacarías *et al.* (2011). Se calculó de la siguiente manera:

$$I_j = \left(\frac{c}{a+b+c}\right) \times 100$$

(7)

Donde:

I_j = Índice de Jaccard;

a = Número de especies encontradas en el área de estudio a;

b = Número de especies encontradas en el área de estudio b;

c = Número de especies encontradas en ambas áreas A y B.

Presencia y ausencia de arvenses.

Las especies con mayor presencia fueron *Laportea aestuans*, *Mitracarpus hirtus* y *Rottboellia cochinchinensis*, presentes en 16 sitios de estudio, seguidas por *Panicum trichoides* y *Solanum americanum* registradas en 14 y 13 sitios respectivamente. Mientras que 39 especies obtuvieron una presencia más baja (1 sitio), entre ellas se encuentran *Abutilon pauciflorum*, *Athyrium sp.*, *Bidens pilosa*, *Cyperus sp.*, *Digitaria sanguinalis*, *Euphorbia hyssopifolia*, *Fimbristylis quinquangularis*, *Galinsoga quadriradiata*, *Ipomoea quamoclit*, *Leptochloa mucronata*, *Manihot esculenta*, *Ochroma pyramidale*, *Phenax sonneratii*, *Rhynchosia minima*, *Solanum quitoense*, *Triplaris cumingiana* y *Urera baccifera*.

Kamoshita *et al.* (2016) identificaron en su investigación como malezas dominantes a especies de la familia Cyperaceae como *Cyperus iria*, y Poaceae a *Echinochloa colona*, a diferencia del presente estudio en el cual la especie con más abundancia en los sitios fue *Cyperus esculentus*, con 3374 individuos

Origen y Composición de arvenses.

Mediante los resultados de composición de arvenses presentes en el estrato bajo y banco de semillas (Tabla 14) se determinó en cuanto al origen, que el mayor número de individuos fueron nativos (68,31%; 29619 individuos), siendo San Pedro con 3329 individuos (92,17%), El Vergel con 7120 individuos (75,54%), La Palma con 5796 individuos (73,33%) y Yurac Yacu con 11145 individuos (73,13%), los sitios más sobresalientes en esta categoría. A diferencia del origen introducido (o exótico) con un 31,69% (13738 individuos), donde San Carlos fue el más destacable con 5164 individuos (64,61%) (Figura 4).

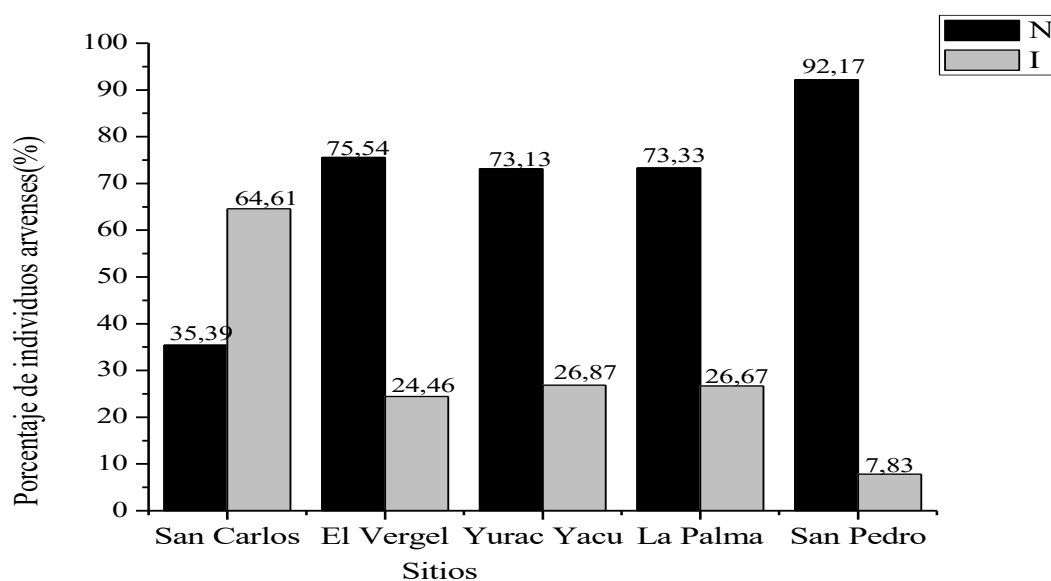


Figura 4. Porcentaje de individuos arvenses de origen nativo (N) e introducido (I) presentes

en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca de la zona central del litoral ecuatoriano.

Forma de crecimiento

En cuanto a la forma de crecimiento, la mayor cantidad de individuos de especies arvenses presentes en los sitios de San Carlos, El Vergel, Yurac Yacu, La Palma y San Pedro fueron hierbas, con porcentajes de 75,37 a 99,50%. La presencia de helechos en los sitios fue algo notoria, en mayor parte en La Palma con 825 individuos (11,64%), seguido de El Vergel y Yurac Yacu, con 647 y 627 individuos, respectivamente (6,86% y 4,11%). Con respecto a arbustos, se registraron valores de 733 individuos (10,34%) para La Palma, El Vergel con 378 individuos (4,01%) y San Carlos con 302 individuos (3,78%).

El número de árboles fue relativamente inferior, con valores desde 0,98 a 1,33%. También, las trepadoras formaron parte del estrato bajo y banco de semillas, pero, así como en el caso de los árboles, tuvieron una presencia baja, entre 0,03 a 1,66%. Por otra parte, no se evidenció especies rastreras en las zonas estudiadas (Tabla 1).

En el estrato bajo y banco de semillas del suelo de arvenses de las plantaciones de teca estudiadas, la forma de vida más predominante fue la hierba, con un porcentaje total de 89,07% (38616 individuos), helechos con 5,04% (2185 individuos), arbustos con 4,34% (1883 individuos), árboles con 0,89% (386 individuos) y trepadoras con 0,66% (287 individuos). No se evidenció presencia de rastreras (0,00%).

Tabla 1. Número de individuos de especies arvenses según su forma de crecimiento: Árbol (Ar), arbusto (Arb), hierba (Hi), helecho (He), trepadora (Tr) y rastrera (Ra) presentes en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca.

Sitios	Forma de crecimiento					
	Ar*	Arb*	Hi*	He*	Tr*	Ra*
San Carlos	0,30	3,78	93,18	1,08	1,66	0,00
El Vergel	1,33	4,01	87,77	6,86	0,03	0,00
Yurac Yacu	0,98	3,06	91,60	4,11	0,24	0,00
La Palma	1,16	10,34	75,37	11,64	1,48	0,00
San Pedro	0,14	0,08	99,50	0,00	0,28	0,00

*Cantidades expresadas en porcentaje.

Ciclo de vida

Los sitios San Pedro con 2429 individuos (67,25%) y San Carlos con 5289 individuos (66,17%) presentaron el mayor porcentaje de plantas perennes. Por otra parte, El Vergel con 5893 individuos (57,22%), Yurac Yacu con 8537 individuos (56,01%) y La Palma con 3789 individuos (50,65%), contaron con un valor ligeramente superior de plantas anuales.

En general, tanto en el estrato bajo y banco de semillas de arvenses, el número de individuos de ciclo de vida perenne (50,63%, 21951 individuos) fue levemente mayor al de ciclo anual (49,37%, 21406 individuos) (Figura 5).

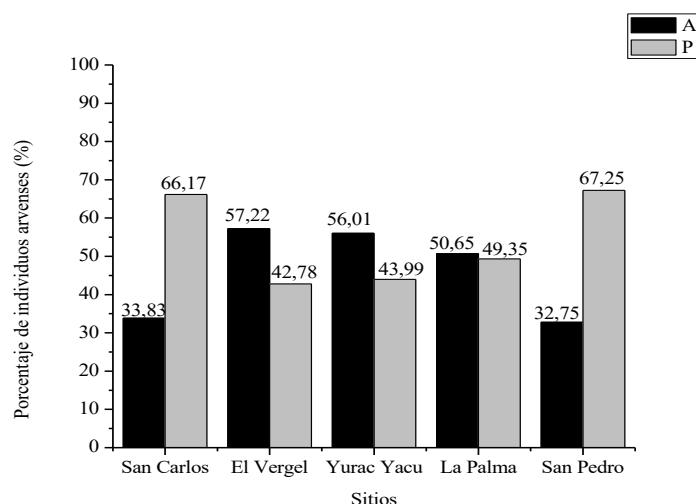


Figura 5. Porcentaje de individuos arvenses con ciclo de vida anual (A) y perenne (P) presentes en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca de la zona central del litoral ecuatoriano.

Propagación

El número sobresaliente de individuos presentes en los distintos sitios estudiados se propagan por semilla (77,19%), siendo San Carlos con 7907 individuos (84,37%) y Yurac Yacu con 14648 individuos (84,32%) los más sobresalientes en este tipo de propagación. En lo que respecta a la forma vegetativa de propagarse, San Pedro registró 1977 individuos (35,37%). El porcentaje total de propagación vegetativa fue de 22,81%, inferior a la que realiza por semilla (Figura 6).

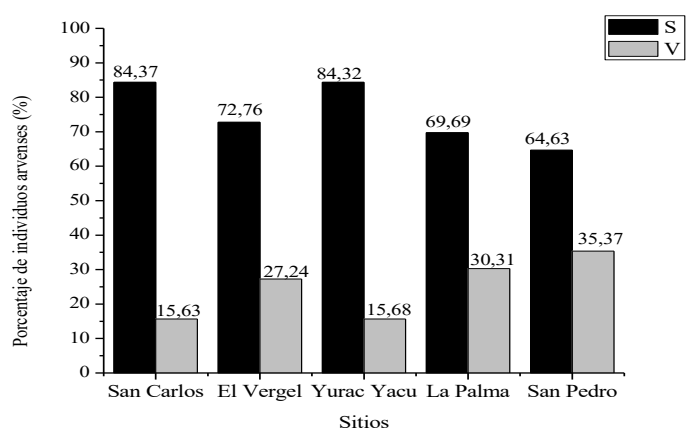


Figura 6. Porcentaje de individuos arvenses con propagación por semilla (S) y vegetativa (V) presentes en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca de la zona central del litoral ecuatoriano.

En general, tanto en la parte del estrato bajo y banco de semillas del suelo de arvenses, los individuos registraron una mayor dispersión de forma antrópica o hemerocoria (35,67%), seguido de zoocoria (23,25%), hidrocoria (15,85%), anemocoria (13,95%) y en menores porcentajes por autocoria (6,53%) y barocoria (4,75%) (Figura 7).

Vector de dispersión

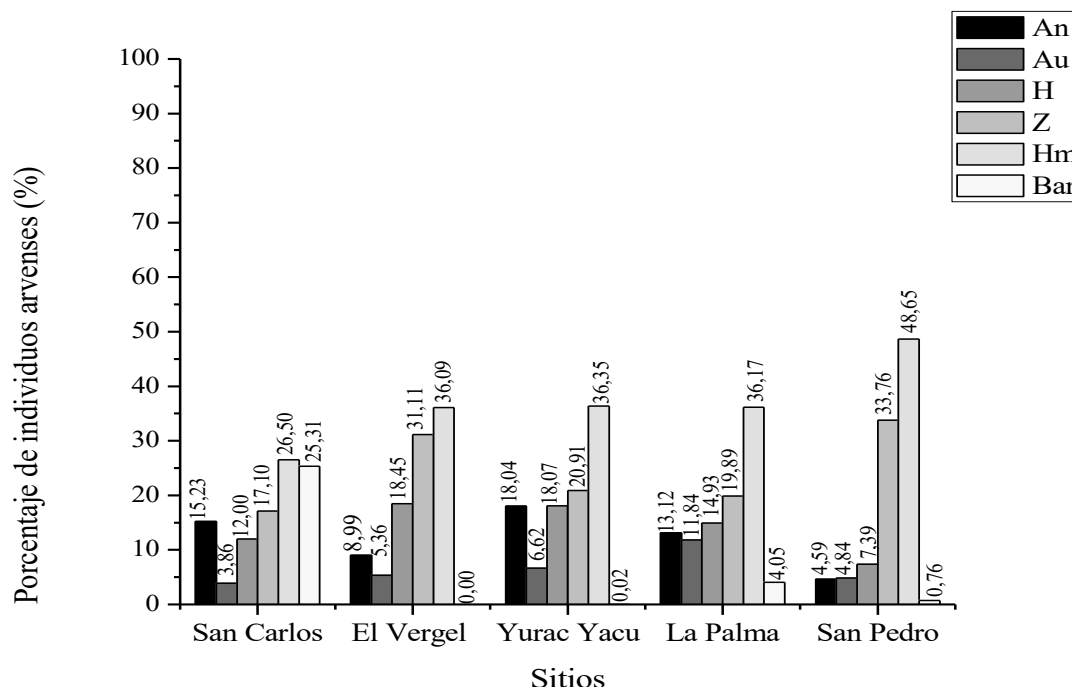


Figura 7. Porcentaje de individuos arvenses con dispersión anemocoria (An), autocoria (Au), hidrocoria (H), zoocoria (Z), hemerocoria (Hm) y barocoria (Bar) presentes en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca de la zona central del litoral ecuatoriano.

Clase de planta

El porcentaje total de individuos, tanto de la parte del estrato bajo y banco de semillas del suelo, fueron considerados como dicotiledóneos con un 71,08% (30817 individuos), seguido del 23,95% monocotiledones (10386 individuos), mientras que en un menor porcentaje se registró individuos pteridofitos (4,97%, 2154 individuos) (figura 8). Gordon *et al.* (2018) en su artículo sobre "Vegetación y banco de semillas del suelo adyacente a fosas petroleras (estado Anzoátegui, Venezuela)" determinó que el mayor número de especies encontradas eran dicotiledóneas, en concordancia con esta investigación, donde el 71,08% perteneció a esta clase.

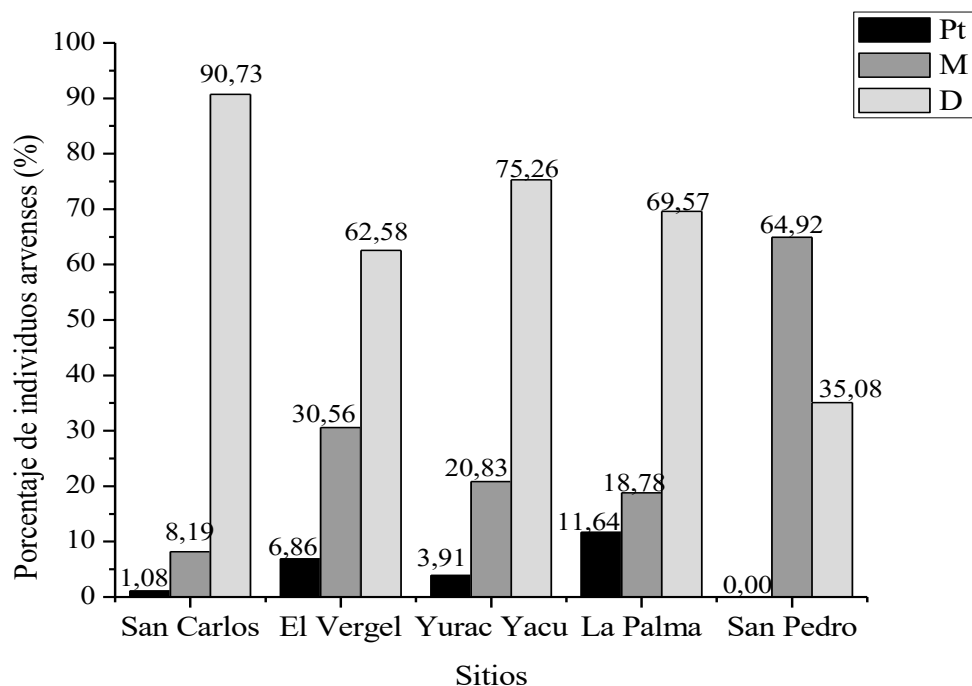


Figura 8. Porcentaje de individuos arvenses con clase pteridofita (Pt), monocotiledónea (M) y dicotiledónea (D) presentes en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca de la zona central del litoral ecuatoriano.

Abundancia de arvenses y su banco de semillas del suelo en plantaciones de teca.

La especie con mayor abundancia encontrada en el estrato bajo y banco de semillas del suelo de arvenses en plantaciones de teca fue *Cyperus esculentus*, con un número total de 3374 individuos en toda el área de estudio, seguida de *Mecardonia procumbes* (3174 individuos), *Veronica persica* (2842 individuos), *Laportea aestuans* (2411 individuos) y *Rottboellia cochinchinensis* (2344 individuos). Por otra parte, *Achyranthes aspera*, *Commelina erecta*, *Cyperus sp.*, *Galinsoga quadriradiata* y *Ochroma pyramidale*, están entre las especies con menor frecuencia en los sitios evaluados, con 1 individuo cada una

Del total de individuos en el estrato bajo y banco de semillas del suelo de cada especie arvense, donde se puede observar también a *Cyperus esculentes* como predominante. Es importante resaltar que la mayor parte de los individuos que conforman esta especie se registraron en el banco de semillas, con 3323 individuos, mientras que en el estrato bajo fueron 51 individuos. En cuanto a *Mecardonia procumbes* y *Veronica persica*, el total de individuos se presentaron en el banco de semillas del suelo (3174 y 2842 individuos, respectivamente).

El mayor número de individuos de especies de malezas encontradas en las plantaciones de teca estudiadas se observó en el banco de semillas (22579 individuos) mientras que el valor en estrato bajo fue ligeramente menor (20778 individuos). Estas cantidades pueden atribuirse a que las avenses tienen la capacidad de producir una gran cantidad de semillas, y su germinación puede ser de manera escalonada, permaneciendo en el suelo sin germinar (Blanco y Leyva, 2007).

Diversidad y similitud entre especies arvenses (estrato bajo) encontradas en plantaciones de teca y su banco de semillas del suelo.

Índices de riqueza, diversidad y equitatividad.

La riqueza en abundancia de individuos para el banco de semillas fue media con valores que oscilan entre 2,44 a 4,53, con el mayor valor para La Palma con 1814 individuos. Se presentó una mayor riqueza en los sitios correspondientes al estrato bajo, sobresaliendo la plantación de teca de La Palma establecida en el año 2009 con 5,88 (2486 individuos), plantaciones de Yurac Yacu establecidas en los años 2009 y 2011 con 5,68 y 5,53 (3308 y 3444 individuos, respectivamente), y El Vergel del año 2011 con 5,18 (3059 individuos). San Carlos 2010 obtuvo la menor riqueza, con 1,29 (104 individuos) en estrato bajo (Tabla 17). Pallavicini *et al.* (2015) registraron una riqueza mayor en el banco de semillas a diferencia de la flora emergida, lo que concuerda con el presente estudio, con valores medios que oscilan entre 2,44 a 4,53 para el banco de semillas del suelo.

Con respecto a la equitatividad, gran parte de los sitios del estrato bajo y parte del banco de semillas del suelo tuvieron un valor alto en equitatividad, resultando ser homogéneos presentando valores de 0,67 a 0,88. A diferencia de las plantaciones establecidas en El Vergel en el año 2009 (0,63) y San Carlos de los años 2007 y 2010 (0,57 y 0,40, respectivamente) mientras que San Pedro 2010 registró un valor bajo en equitatividad (0,31), en lo que respecta al banco de semillas (Tabla 17).

El índice de Shannon-Weaver reflejó que la diversidad de especie en los sitios fue en su mayoría mediana, con valores que oscilan desde 1,71 a 3,23. Las plantaciones de Yurac Yacu establecidas en los años 2009 y 2011, perteneciente al estrato bajo, presentó el mejor valor de diversidad media, con 3,20 (año 2009) y 3,23 (año 2011). Para el banco de semillas, San Pedro fue el sitio que registró baja diversidad baja (1,00) (Tabla 17). Estos datos se asemejan a los rangos de diversidad determinados por Monreal (2018), que van de 2,16 y 2,26 pero con la diferencia que fueron reflejados por la parte de flora arvense.

Los valores obtenidos por medio del índice de Simpson muestran que únicamente las plantaciones de teca establecidas en San Pedro en el año 2010 y de San Carlos del año 2010, ambos para el banco de semillas, tuvieron una diversidad media, con 0,37 y 0,54, respectivamente. Los demás sitios registraron una diversidad de especies muy alta, con cifras desde 0,77 a 0,95, como muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de riqueza, equitatividad y diversidad de especies de arvenses presentes en el estrato bajo y banco de semillas del suelo en plantaciones de teca.

Sitio	Año de plantación	N ¹	Riqueza	Equitatividad	Diversidad	
			Margalef (D _{Mg})	Pielou (J')	Shannon-Weaver (H')	Simpson (S)
SCTEB	2010	104	1,29*	0,88***	1,71**	0,79***
	2007	2224	4,02**	0,72***	2,48**	0,88***
SPTEB	2010	1298	3,63**	0,79***	2,62**	0,91***
EVTEB	2009	2931	3,38**	0,84***	2,81**	0,91***
	2011	3059	5,18***	0,85***	3,19**	0,95***
YYTEB	2009	3444	5,53***	0,84***	3,20**	0,94***
	2011	3308	5,68***	0,84***	3,23**	0,95***
LPTEB	2009	2486	5,88***	0,82***	3,16**	0,94***
	2011	1924	4,76**	0,82***	2,97**	0,93***
LPTBSS	2011	862	4,44**	0,71***	2,43**	0,85***
	2009	1814	4,53**	0,74***	2,62**	0,90***
YYTBSS	2011	2606	4,32**	0,71***	2,52**	0,88***
	2009	5883	3,11**	0,67***	2,22**	0,84***
EVTBSS	2011	1384	3,87**	0,67***	2,26**	0,85***
	2009	2051	3,28**	0,63**	2,07**	0,80***
SCTBSS	2010	2389	2,44**	0,40**	1,20*	0,54**
	2007	3276	3,21**	0,57**	1,89**	0,77***
SPTBSS	2010	2314	3,10**	0,31*	1,00*	0,37**

***Valores altos en interpretación.

** Valores medios en interpretación.

*Valores bajos en interpretación.

1. N: Número de individuos presentes.

Similaridad de especies

Índice de Jaccard.

El índice de Jaccard reflejó que las especies encontradas en San Carlos, San Pedro, El Vergel, La Palma y Yurac Yacu, no se parecen florísticamente, debido a que presentan valores bajos que oscilan 0 a 0,18 (x 100%), donde sobresale San Carlos (EB) en interacción con San Pedro (BSS), con un valor igual a 0. Con respecto, a la correlación entre El Vergel (BSS) con Yurac Yacu (EB) y San Pedro (EB), se registraron valores levemente superiores a los otros sitios (0,17 y 0,18 x 100%) (Tabla 3), lo que coincide con Gordon *et al.* (2018) quienes informaron una baja similitud entre el banco de semillas y la vegetación en pie (15%).

Tabla 3. Valores de similitud reflejados por el índice de Jaccard de los distintos sitios del estrato bajo y banco de semillas en plantaciones de teca de la zona central del litoral ecuatoriano.

Jaccard (%)		SCTBSS		SPTBSS	EVTBSS		LPTBSS		YYTBSS	
		2007	2010	2010	2009	2011	2011	2009	2011	2009
SCTEB	2010	0,03*	0,00*	0,00*	0,03*	0,06*	0,03*	0,02*	0,02*	0,03*
	2007	0,11*	0,08*	0,06*	0,12*	0,11*	0,09*	0,06*	0,12*	0,07*
SPTEB	2010	0,15*	0,15*	0,16*	0,18*	0,14*	0,14*	0,15*	0,13*	0,12*
EVTBSS	2009	0,10*	0,07*	0,08*	0,17*	0,16*	0,11*	0,13*	0,15*	0,12*
	2011	0,08*	0,05*	0,10*	0,15*	0,15*	0,11*	0,10*	0,13*	0,11*
YYTEB	2009	0,11*	0,12*	0,06*	0,18*	0,17*	0,13*	0,13*	0,16*	0,14*
	2011	0,09*	0,06*	0,06*	0,14*	0,17*	0,10*	0,09*	0,14*	0,10*
LPTBSS	2009	0,10*	0,10*	0,07*	0,16*	0,17*	0,13*	0,15*	0,15*	0,10*
	2011	0,07*	0,06*	0,05*	0,11*	0,12*	0,10*	0,09*	0,07*	0,05*

*Valores bajos de similitud florística.

Análisis clúster

El análisis clúster (Figura 9) reflejó dos grupos diferenciados en cuanto a similitud, con un valor inferior de 0,1 x 100%, observado también en el cálculo del índice de Jaccard (Tabla 3), registrando una disimilitud entre sitios. Un grupo esta conformado por aquellos pertenecientes al estrato bajo, mientras que el otro grupo lo forman los del banco de semillas del suelo.

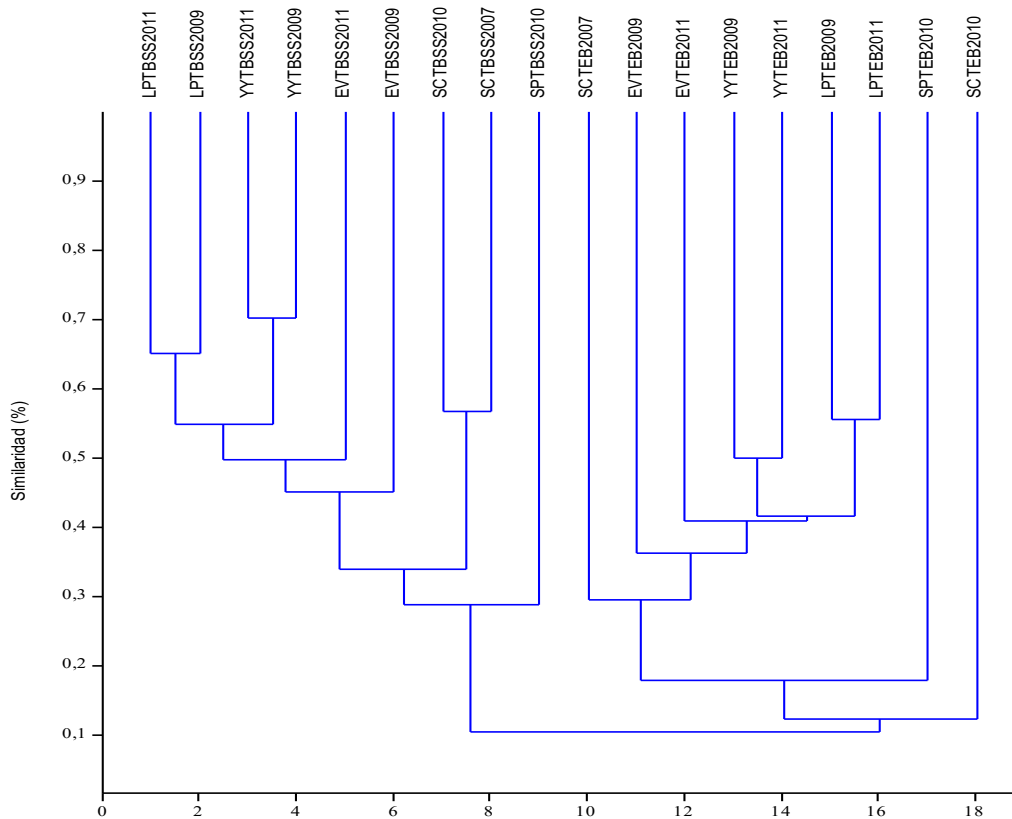


Figura 9. Agrupación de los sitios de estrato bajo y banco de semillas del suelo mediante el análisis clúster.

Análisis de varianza

Mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey en función del número de individuos se demostró que no existen diferencias significativas entre los sitios San Carlos, San Pedro, El Vergel, Yurac Yacu y La Palma del estrato bajo y banco de semillas del suelo, puesto que el valor de p (0,115) es mayor al de la probabilidad estadística ($\leq 0,05$) (Tabla 3 y 4). Es importante mencionar que la prueba de Tukey resgistró un valor significativo entre los sitios Yurac Yacu 2009 del banco de semillas del suelo, y San Carlos 2010 para el del estrato bajo con un valor de 0,01 (Tabla 20).

Tabla 3. Análisis de varianza del estrato bajo y banco de semillas del suelo de arvenses en plantaciones de teca.

Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Factor	17	184449	10849,9	1,424	0,115
Error	2538	19337200	7619,07		
Total	2555	19521600			

Tabla 4. Prueba de Tukey en base del número de individuos presentes en el estrato bajo (EB) y banco de semillas del suelo (BSS) en plantaciones de teca en la zona central del litoral ecuatoriano.

Prueba de Tukey	SCTBSS		SPTBSS		EVTBSS		YYTBSS		LPTBSS	
	2010	2007	2010	2009	2011	2009	2011	2011	2009	
SCTEB	2010	0,99ns	0,78ns	0,99ns	1,00ns	1,00ns	0,01*	0,97ns	1,00ns	1,00ns
	2007	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,54ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns
SPTEB	2010	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,15ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns
EVTEB	2009	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,87ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns
	2011	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,90ns	1,00ns	0,99ns	1,00ns
YYTEB	2009	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,97ns	1,00ns	0,96ns	1,00ns
	2011	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,96ns	1,00ns	0,97ns	1,00ns
LPTEB	2009	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,68ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns
	2011	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns	0,39ns	1,00ns	1,00ns	1,00ns

*Diferencias significativas.

ns Valores no significativos.

CONCLUSIONES

En los sitios de estudio El Vergel, San Carlos, Yurac Yacu, La Palma y San Pedro, el estrato bajo (EB) y banco de semillas del suelo (BSS) registraron 43357 individuos, sobresaliendo el BSS con 22579 y EB con 20778 individuos. Estos valores pueden depender de las condiciones edafoclimáticas de los sitios y patrones propios de cada especie, como ciclo de vida, vector de dispersión, tipo de planta, forma de propagación, viabilidad de las semillas, entre otros. La familia más representativa fue la Compositae, con 14 especies, pero con la diferencia que la familia Cyperaceae tiene mayor número de individuos. La especie con mayor abundancia fue *Cyperus esculentus* con 3374 individuos, pues prospera en climas subtropicales.

La composición de las especies en los sitios evaluados se presentó un elevado porcentaje de arvenses de tipo hierba y de origen nativo, además presentaron mayoritariamente ciclos perennes al igual que taxonomía dicotiledónea, se propagan mayoritariamente por semilla y su dispersión por acción antrópica. Categorizadas con una Diversidad media y una similitud baja entre los diferentes sitios de muestreo. Estos factores son importantes para conocer la ecología de las arvenses en interacción con plantaciones forestales de *T. grandis* a fin de establecer mejores criterios en el manejo silvicultural.

en cuenta una selección probabilística, por seguidores y una combinación de ambos. Los resultados mostraron que:

- Los modelos basados en probabilidades como el GWO-Prob y GWO-Comb son más efectivo cuando utilizan un valor de probabilidad de cambio de 0.9 s (alpha-beta, beta-delta), incluso sus resultados resultaron ser significativamente diferentes a los obtenidos con valores bajo de probabilidad como 0.3.
- En el análisis comparativo general, los algoritmos basados en seguidores como el GWO-Comb y GWO-Seg consiguieron mejor desempeño en la función de prueba F9, aunque para los otros casos, los resultados fueron similares.
- Por último, un análisis de estabilidad de las soluciones corroboró que el algoritmo original GWO obtiene soluciones muy dispersas para varias de las funciones de prueba, no siendo así para el caso de los algoritmos basado en seguidores.

De manera general se pudo constatar que; tener en cuenta otras técnicas para seleccionar las jerarquías en la metaheurística GWO puede contribuir a un mejor desempeño del algoritmo, específicamente para mejorar la estabilidad en la convergencia del mismo.

Por tal motivo recomendamos que se utilicen los resultados de este trabajo para explorar otras técnicas que permitan seleccionar los roles de manera diferente. Asimismo se sugiere probar estas ideas en otras metaheurísticas que utilizan el mismo mecanismo elitista para elegir las jerarquías sociales en modelos de inteligencia colectiva.

REFERENCIAS

- Albán, M. (2018). *Diversidad de especies arvenses en plantaciones de Tectona grandis L.f. (teca) de 2 a 8 años en la época seca de los cantones Balzar y Pichincha, año 2018*. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 77 p.
- Barros Bastidas, C., & Turpo Gebera, O. (2018). Factors influencing the scientific production of university professors: a systematic review . *Pensamiento Americano*, 11(22). <https://doi.org/10.21803/pensam.v11i21-1.276>
- Blanco, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Revista Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.
- Campo, A., Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de la Geografía de la Universidad*, 34(2), 25-42.
- Castillo, S., Martínez, Y., Meave, J., Hernández, M., Nuñez, O., Santibañez, G., Guadarrama, P. (2009). Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 107-133 p.

- Canova, P., Salas, P. (2013). Control de malezas en plantaciones forestales con el uso de glyphosato y sulfato de amonio. *Investigación Agraria*, 11(1), 54-59.
- Cox, R., Allen, E. (2007). Composition of soil seed banks in southern Californ coastal sage scrub and adjacent exotic grassland. *Plant Ecology*, 198(1), 37-46.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 12(1), 159-176.
- Del Toro, J., Vargas, B., Rizo, M., Cando, L. (2018). Composición, estructura y diversidad de la vegetación arvense existente en fincas de la agricultura suburbana en Santiago de Cuba. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 68-81.
- Díaz, L., Ríos, C. (2017). Diásporas de las arvenses más agresivas en los agroecosistemas de Cuba. *Revista Centro Agrícola*, 44(2), 75-82.
- Fernández, O., Leguizamón, E., Acciaresi, H. (2014). *Malezas e invasoras de la Argentina: Ecología y Manejo*. Editorial de la Universidad Nacional del Sur, Ediuns. Bahía Blanca, Argentina. 813 p.
- Garwood, N. (1989). Tropical Soil Seed Banks: A Review. *Ecology of Soil Seed Banks*, 149-209.
- Gordon, E., Escarate, E., Pérez, M. (2018). Vegetación y banco de semillas del suelo adyacente a fosas petroleras (estado de Anzoátegui, Venezuela). *Memorias de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 76(184), 5-28.
- Kamoshita, A., Ikeda, H., Yamagishi, J., Lor, B., Ouk, M. (2016). Residual effects of cultivation methods on weed seed banks and weeds in Cambodia. *Weed Biology and Management*, 16(3), 93-107.
- Kalenisk, F., Sirolli, H., Collantes, M. (2013). Seed bank composition in a secondary forest in the Lower Delta of the Paraná River (Argentina). *Acta Botanica Brasilica*, 27(1), 40-49.
- Monreal, J. (2018). *Dinámica y competencia de la flora arvenses en forestaciones de terrenos agrícolas*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Castilla-La Mancha. Ciudad Real, España. 196 p.
- Muñoz, D., Morales, A., González, A. (2017). Banco de semillas germinable en la franja terrestre de dos humedales urbanos. *Colombia Forestal*, 20(1), 31-44.
- Osorio, K. (2019). *Diversidad y similitud de arvenses en plantaciones forestales de *Tectona grandis* L.f. (teca) en la zona central del litoral ecuatoriano, año 2019*. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 103 p.
- Pallavicini, Y., Hernández, E. Bastidas, F., Izquierdo, J., Pujadas, A., González, J. (2015). *Efecto de la intensificación agrícola en la diversidad taxonómica y funcional de las especies arvenses del banco de semillas en cultivos cerealistas*. XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Sevilla, España. 411-416 p.

- Prieto, M., Molina, V., Dueñas, D. (2017). Evaluación de dos índices de diversidad para definir sustentabilidad biológica en una finca agrícola, del cantón Urdaneta. *Revista FADMI: Administración y Tecnología*, 1(1), 25-35.
- Ramírez, J. (2017). Arvenses en cultivos de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes y su relación con el rendimiento y costos de producción. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 14-23.
- Reyes, N., Torres, C. (2016). Estructura y composición florística del Parque Urbano Ecológico de Taquisquereo, La Piedad, Michoacán, México. *Biológicas*, 18(1), 35-44.
- Roberts, H., Boddrell, J. (1984). Seed survival seasonal emergence of seedlings of some ruderal plants. *The Journal of Applied Ecology*, 21(2), 617-628.
- Romero, M., González, M., Lara, A. (2014). Recuperación natural del bosque siempreverde afectado por la tala rasa y quema en la Reserva Costera Valdiviana, Chile. *Bosque*, 35(3), 257-267.
- Sánchez, J. (2019). *Caracterización del banco de semillas de arvenses en plantaciones forestales de Tectona grandis L.f. (teca) en la zona central del litoral ecuatoriano*. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 149 p.
- Sánchez, J., Muro, G., Flores, J., Jurado, E., Sáenz, J. (2015). Los bancos de semillas y su germinación en ambientes semiáridos. *Ciencias UANL*, 18(73), 70-76.
- Soler, P., Berroterán, J., Gil, J. y Acosta, R. (2012, marzo 20). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosa en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 62(1-4), 25-38.
- Stevens, P. (2001). Angiosperm Phylogeny Website. University of Missouri, St Louis.
- Ter, G., Verweij, G., Bekker, R., & Bakker, J. (1996). An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology*, 10(1), 144-151.
- Thompson, K., Grime, J. (1979). Seasonal Variation in the Seed Banks of Herbaceous Species in Ten Contrasting Habitats. *Journal of Ecology*, 67(3), 839-921.
- Viera, W., Mejía, P., Noboa, M., Obando, J., Sotomayor, A., Vásquez, W., Viteri, P. (2015). Arvenses asociadas a los cultivos de naranjilla y tomate de árbol. *Revista Científica Ecuatoriana "Ecuador es calidad"*, 2(1), 41-47.
- Yang, D., & Li, W. (2013). Soil seed bank and aboveground vegetation along a successional gradient on the shores of an oxbow. *Aquatic Botany*, 110, 67-77.
- Zacarías, L., Cornejo, G., Cortés, J., González, N., Ibarra, G. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), 854-869.
- Zimdahl, R. (2018). *Fundamentals of weed science. Fifth edition*. Academic Press. London, United Kingdom. 758 p.

