

# Estructura poblacional y autoecología de *Heptanthus ranunculoides* (Asteraceae) en Sierra de Cajalbana, Pinar del Río, Cuba

## Population structure and autoecology of *Heptanthus ranunculoides* (Asteraceae) in Sierra de Cajalbana, Pinar del Río, Cuba

Sandy Toledo<sup>1</sup>, José Angel García-Beltrán<sup>2,\*</sup>, Hany Lemus<sup>1</sup> y Dayana García-Beltrán<sup>3</sup>

### RESUMEN

Los estudios poblacionales sobre la flora de Cuba son escasos; de ellos, son pocos los referidos a plantas de crecimiento modular. En la presente investigación se caracterizó la estructura poblacional de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana y se evaluó el crecimiento vegetativo y las relaciones intraespecíficas entre las fenofases delimitadas. Para ello se establecieron 15 parcelas de 1 m<sup>2</sup> y en cada individuo se determinó: número de rosetas, número de hojas, área del individuo, área media foliar y evidencias de reproducción. La población mostró una estructura estable, con capacidad de autogenerarse en el tiempo y una madurez sexual temprana según el área mínima registrada para la reproducción. La densidad poblacional es alta y los individuos se presentan agregados hacia las zonas favorables para su establecimiento. Las plantas de *H. ranunculoides* potencian el crecimiento de las hojas en tamaño durante las primeras fases del ciclo de vida (plántulas, juveniles e inmaduros), y una vez alcanzada la adultez crecen en cuanto al número de hojas. Los individuos pre-reproductores no compiten entre sí, según sugiere la relación de las densidades de individuos y de áreas ocupadas por parcela entre estas fenofases; mientras los adultos fértiles tienden a limitar el reclutamiento de nuevos individuos en sus áreas cercanas.

**Palabras clave:** cuabales, *genets*, organismos modulares, *ramets*, relaciones intraespecíficas, variables morfométricas

### ABSTRACT

The population studies about Cuban flora are scarce; there are a few referrals to modular growth plants. In the present investigation, the population structure of *Heptanthus ranunculoides* in the Sierra de Cajalbana was characterized and the vegetative growth and the intraspecific relationships among the delimited phenophases were evaluated. For this, 15 plots of 1 m<sup>2</sup> were established and the number of rosettes, number of leaves, area of the individual, average leaf area and evidence of reproduction. The population showed a stable structure, with the capacity to self-generate in time and an early sexual maturity according to the minimum area registered for reproduction of each individual was determined. The population density is high and the individuals appear aggregated towards the favorable zones for their establishment. Plants of *H. ranunculoides* potentiate the growth of the leaves in size during the first phases of the life cycle (seedlings, juvenile and immature plants), and once they reach adulthood they grow in the number of leaves. Pre-breeding individuals do not compete with each other, as suggested by the ratio of the densities of individuals and areas occupied by plot between these phenophase; while fertile adults tend to limit the recruitment of new individuals in their nearby areas.

**Keywords:** cuabales, *genets*, modular organisms, *ramets*, intraspecific relationships, morphometric variables

**Recibido:** febrero 2019 **Aceptado:** junio 2019

Publicado online 2 de agosto de 2019. ISSN 2410-5546 RNPS 2372 (DIGITAL) - ISSN 0253-5696 RNPS 0060 (IMPRESA)

### INTRODUCCIÓN

La propagación vegetativa es uno de los resultados de la naturaleza modular de las plantas (Harper 1977). Por ello, el comportamiento poblacional de las especies que poseen esta condición puede analizarse a nivel de *ramets* o de *genets* (Harper & White 1974, Ferrer 2011). En el primero, la generación de clones se considera un proceso de formación de nuevos individuos (Mandujano & al. 1998, Mandujano 2007), cuyas tasas de natalidad y mortalidad solo afectan el tamaño y la adecuación del *genet* (Mendoza-Ochoa 1994). En el segundo, la

generación de nuevos *ramets* se considera una forma de crecimiento del *genets* (Harper 1977, de Kroon & al. 2000), de modo que las tasas de mortalidad y natalidad influyen directamente en el tamaño efectivo de las poblaciones (Mendoza-Ochoa 1994).

Según Silvertown & Lovett-Doust (1993), los estudios demográficos en plantas clonales se enfocan en la dinámica de los *ramets*, pues el destino de los *genets* se relaciona con el de los *ramets* que lo conforman. No obstante, tales resultados sobreestiman el tamaño efectivo de las poblaciones, la diversidad genética, así como su capacidad de dispersión y establecimiento (Cook 1985, Mendoza-Ochoa 1994). Por tanto, para emitir criterios del estado de conservación de las poblaciones y/o la implementación de acciones de manejo, deben considerarse con cautela.

<sup>1</sup>Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Calle 25, N° 455, Vedado, La Habana, Cuba. C.P. 10400. <sup>2</sup>Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Carretera "El Rocío" km 3½, Calabazar, Boyeros, La Habana, Cuba. C.P. 19230. <sup>3</sup>Dpto. de Ciencias Económicas, Facultad de Ingenierías y Ciencias Empresariales, Universidad de Artemisa, Artemisa, Cuba. Autor para correspondencia (e-mail: joangelitog@gmail.com). Editor encargado: Banessa Falcón Hidalgo.

En Cuba, los estudios de poblaciones son escasos (por ejemplo, García-Beltrán & al. 2016, Granado & al. 2016, Rodríguez-Cala & al. 2017, Testé & al. 2017, Gómez & al. 2018, Palmarola & al. 2018, García-Lahera & al. 2018), si se comparan con la alta diversidad de especies y el elevado porcentaje de endemismo que caracteriza la flora del archipiélago (González-Torres & al. 2016a). De ellos, son pocos los referidos a plantas de crecimiento modular, los cuales analizan la población a nivel de *ramets* (Díaz-Alvarez & al. 2015, Falcón & al. 2016) o a nivel de *genets* (Hernández-Montero 2014, Testé 2018). En este sentido, la presente investigación analiza la estructura poblacional y aspectos autoecológicos de una hierba en roseta con crecimiento modular, a nivel de *genets*, y evalúa los parámetros poblacionales tanto a nivel de *genets* como de *ramets*. La especie seleccionada para tal propósito es *Heptanthus ranunculoides* Griseb., representante de uno de los géneros endémicos de Cuba (Francisco-Ortega & al. 2007, Berazaín 2008), En Peligro de extinción (Urquiola & al. 2014) y exclusiva de una de las formaciones vegetales de mayor diversidad y endemismo de Cuba occidental, los cuabales de Cajálbana (Samek 1974).

Los estudios de estructura poblacional, a pesar de constituir un registro puntual de la dinámica, permiten caracterizar las poblaciones de forma objetiva (Begoña 2002), inferir las restricciones impuestas por el ambiente al desarrollo de las mismas, así como determinar los estados cruciales del ciclo de vida y la efectividad de diferentes tipos de manejo (Oostermeijer & al. 1996, Lennartsson & Oostermeijer 2001). Por ello, la investigación se propone como objetivos: (1) caracterizar la estructura poblacional de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajálbana, Pinar del Río, Cuba; y (2) evaluar el crecimiento vegetativo y las relaciones intraespecíficas entre las fenofases delimitadas en el estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

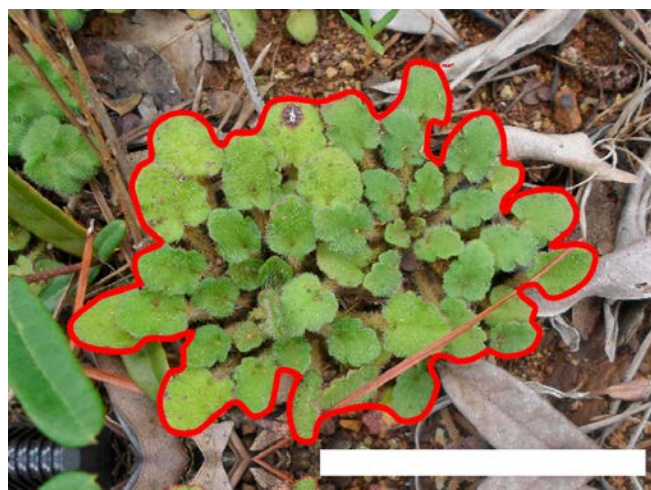
### Área de estudio

El estudio se realizó en la Altiplanicie de Cajálbana, en el Área Protegida de Recursos Manejados Mil Cumbres, Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico. Se encuentra en los 22° 47' lat. N y los 83° 26' long. W y pertenece al municipio La Palma, Pinar del Río (CNNG 2000). Las precipitaciones son altas y se destaca un período lluvioso de mayo a octubre, donde ocurre el 75 % de las precipitaciones con un promedio de 1 200 a 1 600 mm; y un período poco lluvioso de noviembre a abril con un promedio de 300 a 400 mm (Hernández & al. 2006). La temperatura media anual es de 24,2 °C, enero es el mes más frío con un promedio de 18,2 °C y agosto el más cálido con 27,4 °C (Hernández & al. 2006). El trabajo de campo se realizó el 11 de agosto de 2016 y se concentró en el área que ocupa la población de *Heptanthus ranunculoides* en los alrededores del

sendero “El Cuabal”, en la ladera sur de la Sierra de Cajálbana, donde se desarrolla un matorral xeromorfo espinoso sobre serpentina.

### La especie

*Heptanthus ranunculoides* Griseb. es una hierba acaule, en roseta basal (Figura 1). A partir de una roseta inicial, los individuos pueden producir otras que se conectan a su “progenitora” por medio de estolones, dado que son organismos modulares. No obstante, las rosetas “hijas” se mantienen en la vecindad cercana de la roseta que dio origen, por lo que es posible delimitar los individuos entre sí. Las hojas son ovadas a suborbiculares, hasta 2 cm de largo, profundamente lobadas. Los lobos son mayormente obtusos y redondeados en el ápice. Los pedúnculos de la inflorescencia alcanzan 4-6 cm de alto. El involucro incluye brácteas obovadas a ovadas de 2 mm y los capítulos son 7-floros con los pelos del vilano libres (Alain 1962). La especie es considerada endémica de la Sierra de Cajálbana (Urquiola & al. 2010) aunque Alain (1962) también la refiere para Los Indios, Isla de la Juventud.



**Fig. 1.** *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajálbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba. El contorno rojo representa el área del individuo con dos *ramets*. Barra de escala: 5 cm.

**Fig. 1.** *Heptanthus ranunculoides* in mountain range of Cajálbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba. The red outline represents the area of the individual with two *ramets*. Scale bars: 5 cm.

### Muestreo

La estructura poblacional se caracterizó a partir de un muestreo sistemático por parcelas cuadradas de 1 m<sup>2</sup> y espaciadas 5 m entre sí. Se delimitaron 15 parcelas y en cada una de ellas se registró el número de individuos de *Heptanthus ranunculoides*. En cada individuo se evaluó el número de rosetas, el número de hojas, su área, el área media foliar y la evidencia de estructuras de reproducción (pedúnculos de la inflorescencia, al menos). Los individuos se consideraron como organismos modulares, lo cual se corresponde con el análisis

a nivel de *genets* según Harper & White (1974). Según este análisis, una roseta progenitora y todas las rosetas conectadas a ella (*ramets*) constituyen el mismo individuo (*genet*). Se consideraron como rosetas conectadas todas aquellas que mostraban los perímetros descritos por los extremos de sus hojas superpuestos en algún punto. Para determinar el área de los individuos, cada uno se fotografió junto a una escala de referencia ( $\pm 0,5$  mm) y las fotos fueron procesadas en el programa *AxioVision Rel. 4.8* (Figura 1). El área media foliar se obtuvo al dividir el área del individuo entre el número de hojas. Este procedimiento no implica la sobrestimación del área media foliar por la inclusión dentro del área del individuo de espacios sin hojas, pues durante el procesamiento de las imágenes tales espacios fueron excluidos. Al respecto, pequeños espacios del área del individuo no ocupados por área foliar se consideraron despreciables, y además compensados por la existencia de superposición de ciertas hojas en la roseta.

Para caracterizar la estructura etaria de la población se consideraron fenofases y clases de estados, tal como procedió Rodríguez-Cala & *al.* (2017). El límite entre fenofases pre-reproductoras y reproductoras (adultos) se estableció según la menor área de un individuo con evidencias de reproducción, tal como sugiere Begoña (2002). Por su parte, los límites de las fenofases pre-reproductoras se establecieron mediante un análisis *Cluster k-means*, el cual agrupa los individuos en clases de tal modo que la variabilidad dentro de cada clase es mínima y entre clases es máxima. Los adultos se clasificaron en fértiles y estériles según la presencia o no de evidencias de reproducción en el momento del estudio, tal como procedieron Kolehmainen & Mutikainen (2007).

Las clases de estado se establecieron según el área de los individuos. El número de clases de estado ( $k$ ) se determinó según la regla de Sturges (1926):  $k = 1 + 3,322 (\log n)$ , donde  $n$  es el número de individuos. La amplitud de las clases se determinó mediante la división del rango de la variable entre el número de clases (Sánchez-Rodríguez & *al.* 2003, Ortiz-Quijano & *al.* 2016).

Para cada parcela se calculó la densidad de individuos y el área ocupada. La densidad de individuos por parcela se definió como el número de individuos entre el área de la parcela ( $1 \text{ m}^2$ ), y el área ocupada de la parcela como la sumatoria de las áreas de todos los individuos en la misma. La densidad poblacional se consideró como la media de la densidad de individuos por parcelas. De igual forma se prosiguió con las densidades y el área ocupada por fenofases, pero solo se tuvo en cuenta el número de individuos por parcela en cada fenofase. El patrón de arreglo espacial se calculó mediante los índices de

Morisita (Id) y Morisita estandarizado (Ip) en el programa *Ecological Methodologic v.2* (Krebs 1999). Adicionalmente, se evaluó la densidad poblacional y el arreglo espacial a nivel de *ramets*, para lo cual se consideraron las rosetas como individuos independientes.

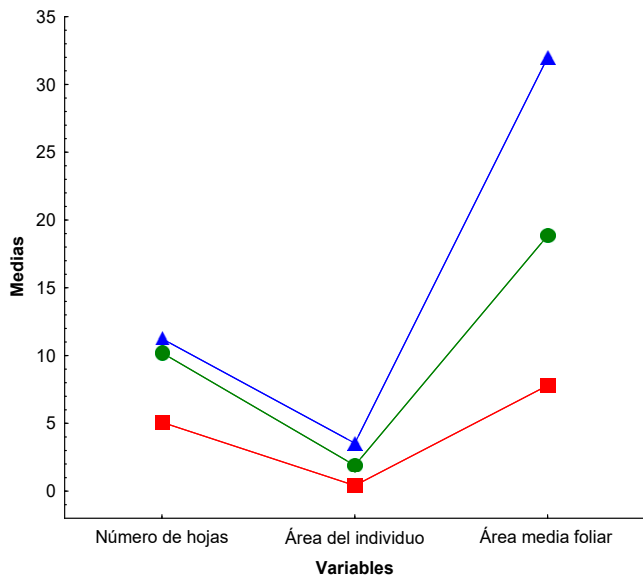
### Análisis de datos

Se comprobó la normalidad y homogeneidad de varianza de las variables mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. La densidad poblacional a nivel de *ramets* y de *genets* se comparó mediante una prueba de muestras pareadas de Wilcoxon. Las diferencias entre las fenofases en cuanto a las variables evaluadas se analizaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple y una prueba de comparación de medias *a posteriori* (Método de Tukey-Kramer) para las variables paramétricas, y un análisis de varianza de clasificación simple por rangos de Kruskal-Wallis y una prueba de comparación de medias *a posteriori* (Método de Dunn) para las no paramétricas. Las relaciones intra-específicas entre fenofases se evaluaron mediante correlaciones de Spearman de las densidades de individuos por parcelas y de las áreas ocupadas por parcela. Los análisis estadísticos anteriores se realizaron en el programa *Statistica v.10.0.* (StatSoft 2011) y se consideraron estadísticamente significativos para  $p < 0,05$ , adicionalmente las correlaciones se consideraron biológicamente significativas para  $r_s > 0,65$  (Zar 2010).

### RESULTADOS

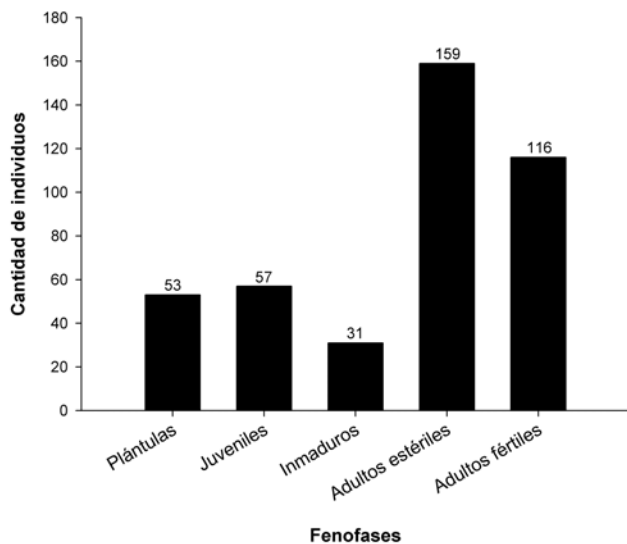
En la población de *Heptanthus ranunculoides* se muestrearon 416 individuos (*genets*), que incluyen 1 033 rosetas (*ramets*), estructurados en cinco fenofases y 10 clases de estado. Los límites entre las fenofases pre-reproductoras resultaron de la mayor capacidad del área media foliar para formar grupos distinguibles respecto a las restantes variables analizadas (Figura 2).

De este modo, las fenofases establecidas fueron: (1) plántulas, individuos con área media foliar menor de  $0,12 \text{ cm}^2$ ; (2) juveniles, individuos con área media foliar de  $0,12\text{-}0,24 \text{ cm}^2$ ; (3) inmaduros, individuos con área media foliar mayor de  $0,24 \text{ cm}^2$ ; (4) adultos estériles, individuos con área mayor de  $5,02 \text{ cm}^2$  y sin evidencias de reproducción; y (5) adultos fértiles, individuos con área mayor de  $5,02 \text{ cm}^2$  y evidencias de reproducción. Los adultos representan el 66,10 % de la población (275 individuos), seguidos de juveniles (13,70 %), plántulas (12,74 %) e inmaduros (7,45%) (Figura 3). Por otra parte, la estructuración de la población en clases de estado muestra un predominio de la primera clase de área, la cual incluye 363 individuos (87,25 %) pertenecientes a todas las fenofases (Figura 4). Las restantes nueve clases de estado solo agrupan adultos, las clases VII, IX y X están representadas solo por adultos fértiles y la VIII resultó nula.



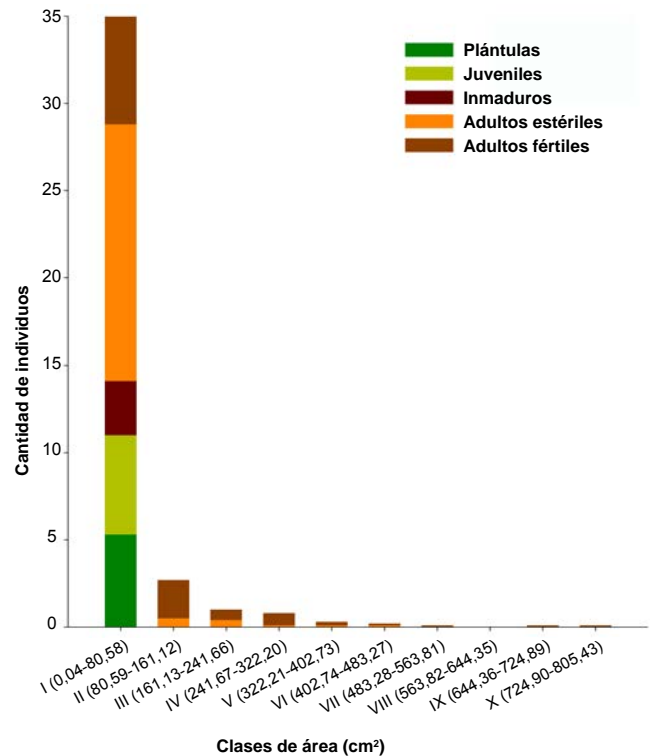
**Fig. 2.** Valores medios de las tres variables de las fenofases plántulas (rojo), juveniles (verde) e inmaduros (azul), delimitadas con el análisis *Cluster k-means* de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba. Obsérvese la capacidad del área media foliar para distinguir grupos consistentes.

**Fig. 2.** Average values of the three variables of the seedling (red), juvenile (green) and immature (blue) phenophases, delimited with the *Cluster k-means* analysis of *Heptanthus ranunculoides* in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba. Observe the ability of the leaf area to distinguish consistent groups.



**Fig. 3.** Estructura poblacional según fenofases de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, agosto 2016, n=416 (individuos muestreados). Encima de cada barra se muestra el número total de individuos de la clase.

**Fig. 3.** Population structure according to phenophases of *Heptanthus ranunculoides* in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, August 2016, n = 416 (individuals sampled). Above each bar the total number of individuals in the class is shown.



**Fig. 4.** Estructura poblacional según clases de área de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, agosto 2016, n=416 (individuos muestreados).

**Fig. 4.** Population structure according to classes of area of *Heptanthus ranunculoides* in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, August 2016, n = 416 (individuals sampled).

Los individuos de *Heptanthus ranunculoides* ocupan el 11,27 % del área muestreada (Tabla I), cuya densidad poblacional es de  $27,73 \pm 15,49$  *genets*/m<sup>2</sup> (Tabla I) y  $68,87 \pm 38,15$  *ramets*/m<sup>2</sup>, las cuales son notablemente diferentes ( $Z=3,407$ ;  $p=0,0006$ ). La especie muestran un patrón de distribución agregado, tanto a nivel de *genets* ( $Id=1,258$ ;  $Ip=0,508$ ;  $X^2=121,260$ ;  $p=0,00001$ ) como de *ramets* ( $Id=1,273$ ;  $Ip=0,509$ ;  $X^2=295,930$ ;  $p=0,000001$ ).

La madurez sexual de los individuos se alcanza con un área de 5,02 cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 0,62 % del área máxima que alcanza la especie (805,42 cm<sup>2</sup>), según este estudio. El área de los individuos es similar en las fenofases pre-reproductoras y difiere de los adultos estériles y fértiles, en los cuales resultó notablemente mayores y diferentes entre sí ( $F=27,442$ ;  $p=0,0001$ ) (Figura 5A, Anexo 1). El área media foliar resultó diferente en todas las fenofases, con valores promedios en aumento desde plántulas hasta adultos fértiles ( $F=86,504$ ;  $p=0,0001$ ) (Figura 5A, Anexo 1). El número de rosetas ( $H=146,004$ ;  $p=0,0001$ ) y el número de hojas ( $H=153,109$ ;  $p=0,0001$ ) mostraron valores similares entre plántulas, juveniles, inmaduros y adultos estériles, los cuales fueron significativamente menores respecto a los adultos fértiles (Figura 5B, Anexo 1).



TABLA I

**Características poblacionales de las fenofases de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar de Río, Cuba, agosto 2016, n=15 (parcelas muestreadas).**

TABLE I

**Population characteristics of the phenophases of *Heptanthus ranunculoides* in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar de Río, Cuba, August 2016, n = 15 (plots sampled).**

Fenofases	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Área ocupada por parcela (cm <sup>2</sup> )
Plántulas	3,53 ± 7,03	2,08 ± 2,25
Juveniles	3,8 ± 4,24	9,32 ± 6,62
Inmaduros	2,06 ± 2,05	9,22 ± 5,84
Adultos estériles	10,6 ± 6,4	334,88 ± 328,49
Adultos fértiles	7,73 ± 4,92	778,15 ± 586,82
Sumatoria	27,73 ± 15,49	1 127,28 ± 739,9

La madurez sexual de los individuos se alcanza con un área de 5,02 cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 0,62 % del área máxima que alcanza la especie (805,42 cm<sup>2</sup>), según este estudio. El área de los individuos es similar en las fenofases pre-reproductoras y difiere de los adultos estériles y fértiles, en los cuales resultó notablemente mayores y diferentes entre sí ( $F=27,442$ ;  $p=0,0001$ ) (Figura 5A, Anexo 1). El área media foliar resultó diferente en todas las fenofases, con valores promedios en aumento desde plántulas hasta adultos fértiles ( $F=86,504$ ;  $p=0,0001$ ) (Figura 5A, Anexo 1). El número de rosetas ( $H=146,004$ ;  $p=0,0001$ ) y el número de hojas ( $H=153,109$ ;  $p=0,0001$ )

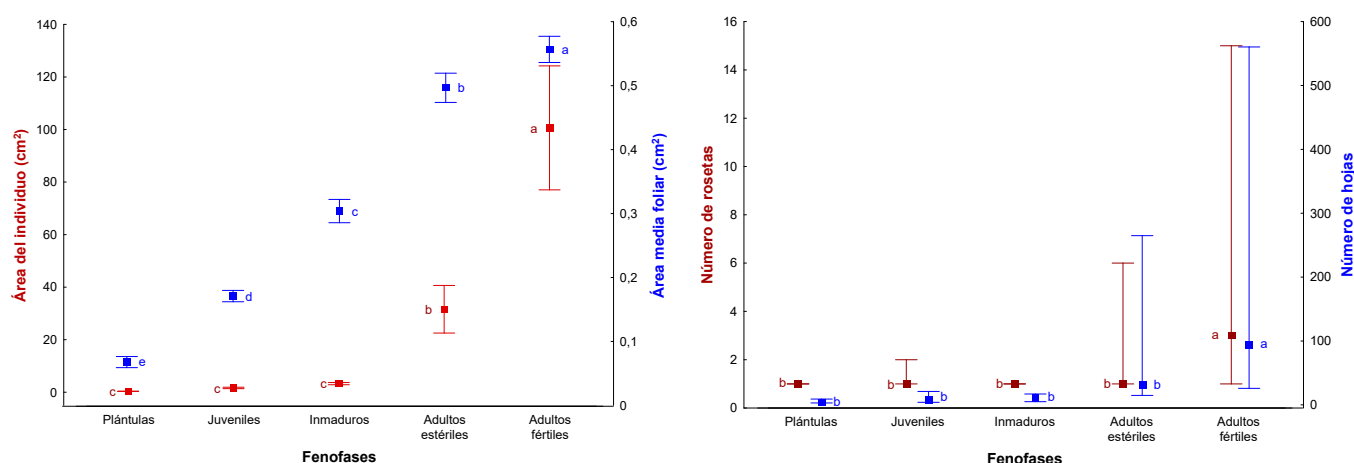
mostró valores similares entre plántulas, juveniles, inmaduros y adultos estériles, los cuales fueron significativamente menores respecto a los adultos fértiles (Figura 5B, Anexo 1).

Respecto a las relaciones intraespecíficas entre las fenofases, se encontró una relación positiva y significativa tanto biológica como estadística entre juveniles y plántulas, así como entre inmaduros y juveniles en cuanto a las densidades de individuos y las áreas ocupadas por parcela (Tabla II). Además, las fenofases de adultos no mostraron relación alguna con las pre-reproductoras y la relación llega a ser negativa en el caso del área ocupada por adultos fértiles y plántulas, aunque el coeficiente de correlación no sea biológicamente significativo (Tabla II).

## DISCUSIÓN

La estructura etaria de la población de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana según la distribución de fenofases (Figura 3) y de clases de área (Figura 4) muestra contradicción respecto a su tendencia general, según los criterios de Primack (2006). El predominio de los individuos adultos (Figura 3) indica una población envejecida, mientras su acumulación en la primera clase de área (Figura 4) refiere una población en expansión (Odum 1972, Oostermeijer & al. 1994).

Sin embargo, la población objeto de estudio puede considerarse estable en el tiempo, si se tienen en cuenta dos aspectos: la representación de las fenofases pre-reproductoras y la madurez sexual extremadamente temprana. El porcentaje de individuos de las tres primeras



**Fig. 5.** Análisis de varianza de clasificación simple para las variables evaluadas entre las fenofases de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar de Río, Cuba, 2016, n=416 (individuos muestreados). **A.** Área del individuo (rojo) y área media foliar (azul). ■: Mediana. I: 0,95 Intervalo de confianza. **B.** Número de rosetas (rojo) y número de hojas (azul). ■: Mediana. I: Percentiles al 5-95 %. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre fenofases ( $p<0,05$ ) según las Pruebas de Tukey-Kramer (A) y de Dunn (B).

**Fig. 5.** Analysis of variance of simple classification for the variables evaluated between the phenophases of *Heptanthus ranunculoides* in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar de Río, Cuba, 2016, n = 416 (individuals sampled). **A.** Area of the individual (red) and average leaf area (blue). ■: Mean. I: 0.95 Confidence interval. **B.** Number of rosettes (red) and number of sheets (blue). ■: Median. I: Percentiles at 5-95 %. Different letters represent statistically significant differences between classes ( $p < 0.05$ ) according to the Tukey-Kramer test (A) and Dunn (B).

TABLA II

Matriz de correlación entre las densidades de individuos por parcelas por cada clase (gris oscuro y por encima de la diagonal) y entre las áreas ocupadas por parcela por cada clase (gris claro y por debajo de la diagonal) de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, agosto 2016, n=15 (parcelas muestreadas).

Se muestran los valores de los coeficientes de correlación de Spearman ( $r_s$ ) para cada par de fenofases y se destacan aquellas con significación biológica ( $r_s > 0,6$  en negritas) y estadística ( $p < 0,05$  [\*]).

TABLE II

Matrix of correlation between the densities of individuals by plots for each class (dark grey and above the diagonal) and between the areas occupied by each plot (light grey and below the diagonal) of *Heptanthus ranunculoides* in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, August 2016, n = 15 (plots sampled).

The values of the Spearman correlation coefficients ( $r_s$ ) for each pair of classes are shown and those with biological signification ( $r_s > 0,65$  in bold) and statistical ( $p < 0,05$  [\*]) are highlighted.

	Plántulas	Juveniles	Inmaduros	Adultos estériles	Adultos fértiles	
Plántulas	-	<b>0,6617*</b>	0,3903	0,2866	-0,2356	Densidades de individuos por parcelas
Juveniles	<b>0,6554*</b>	-	<b>0,7611*</b>	0,5365*	0,0513	
Inmaduros	0,4345	<b>0,7596*</b>	-	0,5724*	0,2366	
Adultos estériles	0,0258	-0,0909	-0,0162	-	0,0360	
Adultos fértiles	-0,5588*	-0,2182	-0,1369	0,0642	-	
	Áreas ocupadas por parcela					

fenofases (33,89 %) sugiere la capacidad autoregenerativa de la población y un apropiado reclutamiento y supervivencia, de modo tal que los individuos de estas fenofases, en el futuro podrán reemplazar los individuos de las fenofases adultas o integrarse a estas, tal como sugiere Peters (1996).

La madurez sexual de *Heptanthus ranunculoides* es extremadamente temprana, según el área mínima registrada para su reproducción, aún menor que la referida por Rodríguez-Cala & al. (2017) para *Erigeron bellidiastroides* Griseb. Así, los individuos reclutados atraviesan rápidamente las fenofases pre-reproductoras y se integran a las adultas, las cuales se presentan abundantes en número (Figura 3). Ello puede constatare en la acumulación de adultos en la primera clase de área (Figura 4), junto a todas las plántulas, juveniles e inmaduros. Esta madurez sexual extremadamente temprana podría constituir una adaptación ante un suelo pobre en nutrientes, con alto contenido de metales pesados y elevada sequía, tal como sugieren Rodríguez-Cala & al. (2017) para *E. bellidiastroides* en ecosistemas de arenas blancas, así como Duarte & al. (2015) para *Emilia sonchifolia* (L.) DC., arvense adaptada para colonizar ambientes inestables. En tal sentido, es apropiado suponer que una reproducción precoz en un ambiente estresante fue seleccionado y fijado en la evolución de esta especie, pues ante estas condiciones que implican una alta mortalidad, mientras más temprano se reproduzcan los individuos más temprano logran transmitir sus genes y perpetuar la especie.

Adicionalmente, Oostermeijer & al. (1994) y Begon & al. (2006) consideran una población estable si prevalecen las fenofases adultas mientras las plántulas y juveniles se presentan en bajas densidades, tal como ocurre para la población objeto de estudio (Tabla I). Al respecto, Odum (1972) considera que una vez lograda la distribución estable en materia de edad, aumentos extraordinarios de natalidad o mortalidad se traducen en cambios temporales, seguidos de un retorno espontáneo a la situación estable. Por ello, la situación de estabilidad debe interpretarse como el amplio intervalo que separa los extremos de las poblaciones envejecidas (con predominio absoluto de adultos) y en expansión (con altas densidades de plántulas y juveniles respecto a adultos).

La densidad de individuos (*genets*) de *Heptanthus ranunculoides* (Tabla I) resultó menor que la referida para *Erigeron bellidiastroides* en pinares sobre arenas blancas (Rodríguez-Cala & al. 2017) y mayor respecto a la densidad de *Emilia sonchifolia* en ambientes sin cobertura vegetal asociada a cafetales colombianos (Duarte & al. 2015). El arreglo espacial agregado concuerda con los resultados de González-Oliva (2010) y Rodríguez-Cala & al. (2017), quienes encontraron igual patrón en *Amaranthus minimus* Standl. y *Erigeron bellidiastroides* respectivamente, dos hierbas endémicas de Cuba occidental. Esta alta densidad poblacional y la agregación espacial de *H. ranunculoides* en los cuabales de Cajalbana podrían deberse a posibles interacciones positivas entre los individuos (Pielou 1977).

y a la limitación de los micrositios para la germinación y el establecimiento hacia las zonas favorables, tal como sugieren Janzen (1971), Barbour & *al.* (1987) y Messaoud & Houle (2006).

A nivel de *ramets* la densidad es mucho mayor respecto a los *genets*, lo cual era de esperar debido a la consideración de las rosetas como individuos independientes. De ahí la importancia de tomar con cautela este parámetro para evaluar el estado de conservación de las especies. Por el contrario, el arreglo espacial resultó agregado tanto a nivel de *ramets* como de *genets*, con similares valores de los índices evaluados. Ello probablemente se debe a que tales índices no están influenciados por la densidad poblacional y/o el tamaño de la unidad muestral (Krebs 1999, Benavides-Martínez & *al.* 2007).

El aumento del promedio del área media foliar desde plántulas hasta inmaduros (Figura 5A) sugiere que esta especie, durante los primeros estadios del desarrollo post-germinativo, potencia el crecimiento en tamaño de las hojas y no en número de estas, pues mantienen unas pocas (Figura 5B). De forma contraria, cuando los individuos alcanzan la madurez potencian el crecimiento en número de hojas (Figura 5B) y mantienen el área foliar aproximadamente similar (Figura 5A). Dada estas características, es posible delimitar las fenofases con un sentido biológico, además de su reconocimiento en el campo, tal como sugiere Elzinga & *al.* (1998). Según Gatsuk & *al.* (1980), la ontogenia de las plantas puede ser dividida en períodos basados en la aparición o extinción de la función reproductiva, y en la mayoría de las especies la supervivencia, el crecimiento y la fecundidad es afectada por el tamaño del individuo (Menges 1990). Por ello, la delimitación de las fenofases en este estudio combina el criterio reproductivo con el morfológico de tamaño de las hojas y área de los individuos.

Por otra parte, la relación intraespecífica existente entre juveniles y plántulas y entre inmaduros y juveniles (Tabla II) podría indicar una escasa competencia entre las fenofases pre-reproductoras, donde las mayores no logran desplazar a las menores. Ello estaría dado porque sus sistemas radicales no son tan amplios como para interferir entre sí. Adicionalmente, en el momento del establecimiento de una clase, los individuos se establecen en los espacios no ocupados por plantas establecidas y desarrolladas. Entonces, las zonas ocupadas por juveniles e inmaduros presentan mayores espacios disponibles debido a sus escasas áreas de ocupación (Figura 5A). Del mismo modo, las nuevas plántulas tienen menor probabilidad de establecerse cerca de individuos adultos pues estos forman densos parches de rosetas muy agrupadas entre sí, que no

dejan áreas de suelo libre. Además, los individuos que logren establecerse en zonas cercanas a individuos adultos perecerían en la competencia con sus amplios sistemas radicales. De este modo, los adultos no muestran relación alguna con los pre-reproductores y la relación llega a ser negativa en el caso del área ocupada por adultos fértiles y plántulas (Tabla II), aunque el coeficiente de correlación no es biológicamente significativo.

Finalmente, la población de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana se presenta estable en el tiempo, con posibilidades de incremento de su área de ocupación, ya sea por reclutamiento de nuevos individuos como por generación de nuevos *ramets*. Por ello, la disminución continua (observada, estimada, inferida o proyectada) de su área de ocupación, referida por Urquiola & *al.* (2014), se debe únicamente a presiones antrópicas. Al respecto, el control del pisoteo y posibles incendios, así como la disminución de los efectos de la fragmentación, la pérdida del hábitat y la silvicultura constituyen la única vía para lograr la conservación de esta hierba En Peligro (Urquiola & *al.* 2014, González-Torres & *al.* 2016b).

## CONCLUSIONES

La población de *Heptanthus ranunculoides* en Sierra de Cajalbana posee una estructura estable, con capacidad de autoperpetuarse en el tiempo. Presenta una alta densidad de individuos (*genets*) agregados hacia las zonas favorables para su establecimiento, la cual es mayor si se considera a nivel de *ramets*. La especie potencia el crecimiento de las hojas en tamaño durante las primeras fases del ciclo de vida, y una vez alcanzada la adultez aumentan su crecimiento en número. Los individuos pre-reproductores de esta especie no compiten entre sí, y los adultos tienden a limitar el reclutamiento de nuevos individuos en sus áreas cercanas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Jardín Botánico Nacional de la Universidad de La Habana y al Centro Nacional de Áreas Protegidas, en especial a María Antonia Castañeira, por su contribución al desarrollo de esta investigación. A los trabajadores del Área Protegida de Recursos Manejados Mil Cumbres, en especial a Ana Alfonso y a Rafael Carbonell, por la atención brindada. A Duniel Barrios y Arian Cruz por las revisiones críticas del manuscrito; a Leneidy Pérez y Dennys de Vales por la asesoría estadística. A los revisores anónimos y editores de la Revista del Jardín Botánico Nacional por sus sugerencias y comentarios durante el proceso editorial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alain. 1962. Flora de Cuba V. *Rubiales-Valerianales-Cucurbitales-Campanulales-Asterales*. Universidad de Puerto Rico. Río Piedras, Puerto Rico.
- Barbour, M.G., Burk, J.H. & Pitts, W.D. 1987. Terrestrial plant ecology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California, USA.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing. London, UK.
- Begoña, M. 2002. Inventario y seguimiento en poblaciones de especies amenazadas. Pp. 27-42. En: Bañares, A. (Coord.) Biología de la conservación de plantas amenazadas. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid, España.
- Benavides-Martínez, I.F., Burbano-Martínez, D.L., Urbano-Apráez, S.M. & Solarte-Cruz, M.E. 2007. Efecto del gradiente altitudinal sobre aspectos autoecológicos de *Espeletia pycnophylla* ssp. *angelensis* Cuatrec. (Asteraceae) en el páramo El Infiernillo (Nariño-Colombia). *Actual Biol.* 29(86): 41-53.
- Berazaín, R. 2008. Actualización de la lista de los géneros endémicos cubanos espermatófitos. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 29: 3-10.
- CNNG. 2000. Diccionario Geográfico de Cuba. Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia. La Habana, Cuba.
- Cook, R.E. 1985. Growth and development in clonal plant populations. Pp.259-296. En: Jackson, J.B.C., Buss, L.W. & Cook, R.E. (Eds). Populations Biology and Evolution of Clonal Organisms. Yale University Press. New Haven, USA.
- de Kroon, H., van Groenendaal, J. & Ehrlén, J. 2000. Elasticities: a review of methods and model limitations. *Ecology* 81: 607-618.
- Díaz-Alvarez, E., Faife-Cabrera, M., Pérez-Obregón, R.A. & Torres-Roche, E. 2015. Crónica de una muerte anunciada: evidencias demográficas de la sobreexplotación de una población de *Acoelorrhaphe wrightii*. *Centro Agrícola* 42(4): 19-25.
- Duarte, I., Chaib, M., Luna, D.A., Aguirre-Obando, O.A. & Mendez, R.M. 2015. Estudio demográfico de *Emilia sonchifolia* (Asteraceae) en una finca cafetera de Armenia, Quindío, Colombia. *Acta Biol. Colomb.* 20(2): 101-110.
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W. & Willoughby, J.W. 1998. Measuring and Monitoring Plant Populations. Bureau of Land Management. California, USA.
- Falcón, B., Martínez, A.G. & de Vales, D. 2016. Estructura y dimorfismo sexual vegetativo en una población de *Morella cerifera* (Myricaceae) en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 37: 181-190.
- Ferrer, M., Durán, R., Méndez, M., Dotantes, A. & Dzib, G. 2011. Dinámica poblacional de *genets* y *ramets* de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. *Bol. Soc. Bot. México* 89: 83-105.
- Francisco-Ortega, J., Santiago-Valentín, E., Acevedo-Rodríguez, P., Lewis, C., Pipoly III, J., Meerow, A.W. & Maunder, M. 2007. Seed Plant Genera Endemic to the Caribbean Island Biodiversity Hotspot: A Review and Molecular Phylogenetic Perspective. *Bot. Rev.* 73(3): 183-234.
- Gatsuk, L.E., Smirnova, O.V., Vorontzova, L.I., Zauglnova, L. B., & Zhukova, L.A. 1980. Age stages of plants of various growth forms: a review. *J. Ecol.* 68: 675-696.
- García-Beltrán, J.A., Fiallo, J.L., Esquivel, N., Meirama, N.K., Rodríguez, I., Falcón, B., Pérez V. & González-Torres, L.R. 2016. Efecto del fuego sobre la estructura poblacional de *Hypericum styphelioides* subsp. *styphelioides* (Hypericaceae) en la Reserva Ecológica Los Pretiles, Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 37: 19-27.
- García-Lahera, J.P., Antunes, D., Mederos, E.L., García, O.B. & Pérez, L.M. 2018. Estructura poblacional de *Psidium claraense* (Myrtaceae): repercusiones en la evaluación de su estado de conservación. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 39: 129-137.
- Gómez, J.L., López, D., Sánchez, J.A. & Pernús, M. 2018. Hábitat y estructura poblacional del árbol amenazado *Vachellia belairioides* (Fabaceae): implicaciones para su conservación. *Acta Bot. Cub.* 271(1): 75-84.
- González-Oliva, L. 2010. Bases ecológicas para la conservación de *Amaranthus minimus* (Amaranthaceae), especie amenazada y endémica de Guanahacabibes, Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad de La Habana.
- Gonzalez-Torres, L.R., Palmarola, A., Barrios, D., González-Oliva, L., Testé, E., Bécquer, E.R., Castañeira-Colomé, M.A., Gómez-Hechavarría, J.L., García-Beltrán, J.A., Rodríguez-Cala, D., Berazaín, R., Regalado, L. & Granado, L. 2016a. Estado de Conservación de la Flora de Cuba. *Bissea* 10 (número especial 1): 1-23.
- González-Torres, L.R., Palmarola, A., González-Oliva, L., Bécquer, E.R., Testé, E., Castañeira-Colomé, M.A., Barrios, D., Berazaín, R., Gómez-Echavarría, J.L., García-Beltrán, J.A., Granado, L., Rodríguez-Cala, D., & Regalado, L. (Comp.). 2016b. Lista Roja de la flora de Cuba. *Bissea* 10 (número especial 1): 33-283.
- Granado, L., Núñez, R., Martínez, D., Delfín, S., Falcón, B., Pérez, V. & González-Torres, L. R. 2016. Estructura poblacional de *Tabebuia lepidophylla* (Bignoniaceae) en el bosque de pinos sobre arenas cuarcíticas de la Reserva Ecológica Los Pretiles, Pinar del Río, Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 37: 29-37.
- Harper, J.L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. Londres UK.
- Harper, J.L. & White, J. 1974. The demography of plants. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 5:419-463.
- Hernández, Z., Carbonell, R., Rodríguez, A. Martín, Y.F., Rodríguez, J.M., Cruz, W. & Blanco, K. 2006. Plan de Manejo del Área Protegida de Recursos Manejados Mil Cumbres. Empresa Nacional para la protección de la Flora y la Fauna, Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba.
- Hernández-Montero, Y. 2014. Aspectos sobre la estructura poblacional y biología reproductiva de *Pitcairnia cubensis* (Bromeliaceae) en el Salto de la Sabina, Holguín. Tesis de Maestría. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 2 :465-492.
- Kolehmainen, J. & Mutikainen, P. 2007. Population stage structure, survival and recruitment in the endangered East African forest herb *Saintpaulia*. *Pl. Ecol.* 192: 85-95.



- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational Publisher. California, USA.
- Lennartsson, T. & Oostermeijer, J.G.B. 2001. Demographic variation and population viability in *Gentiana campestris*: effects of grassland management and environmental stochasticity. *J. Ecol.* 89: 451-463.
- Mandujano, M.C., Montaña, C., Méndez, I. & Golubov, J. 1998. The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. *J. Ecol.* 86: 911-921.
- Mandujano, M.C. 2007. La clonalidad y sus efectos en biología de poblaciones. Pp. 217-250. En: Eguiarte, L.E., Souza, V. & Aguirre, X. (Comps). *Ecología Molecular*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología – Universidad Nacional Autónoma de México – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México.
- Mendoza-Ochoa, A.E. 1994. Demografía e integración clonal en *Reinhardtia gracilis*, una palma tropical. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Menges, E.S. 1990. Population viability analysis for an endangered plant. *Conserv. Biol.* 4(1): 52-62.
- Messaoud, Y. & Houle, G. 2006. Spatial patterns of tree seedling establishment and their relationship to environmental variables in a cold temperate deciduous forest of eastern North America. *Plant Ecol.* 185: 319-331.
- Odum, E.P. 1972. *Fundamentals of ecology*. W. B. Saunders Company. Philadelphia, USA.
- Oostermeijer, J.G.B., Van't Veer, R. & den Nijs, J.C.M. 1994. Population structure of the rare, long-lived perennial *Gentiana pneumonanthe* in relation to vegetation and management in The Netherlands. *J. Appl. Ecol.* 31: 428-438.
- Oostermeijer, J.G.B., Brugman, M.L., de Boer, E.R. & den Nijs, H.C.M. 1996. Temporal and spatial variation in the demography of *Gentiana pneumonanthe*, a rare perennial herb. *J. Ecol.* 84:153-166.
- Ortiz-Quijano, A.B., Sánchez-González, A., López-Mata, L. & Villanueva-Díaz, J. 2016. Population structure of *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* in the cloud forest of Hidalgo State, Mexico. *Bot. Sci.* 94(3): 483-497.
- Palmarola, A., Granado, L., Testé, E., Hernández, M., Albelo, N. & González-Torres, L.R. 2018. Estructura poblacional y distribución de *Magnolia cubensis* subsp. *acunae* (Magnoliaceae). *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 39: 103-111.
- Peters, C.M. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. *World Bank Technical Paper* 322. The World Bank. Washington, D.C., USA.
- Pielou, E. C. 1977. *Mathematical ecology*. John Wiley and Sons. New York, USA.
- Primack, R.B. 2006. *Esencial of Conservation Biology*. 4th Ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA.
- Rodríguez-Cala, D., Valdés, R., Dulón, A., Osés, M., Pérez-Gallardo, R., Falcón, B. Esquivel, Z., Pérez, V. & González-Oliva, L. 2017. Estado de conservación de *Erigeron bellidiastroides* (Asteraceae) en Los Pretiles, Pinar del Río, Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 38: 41-48.
- Samek, V. 1974. Formaciones Vegetales de Cuba. *Serie Forestal* 15:1-51.
- Sánchez-Rodríguez, E.V., López-Mata, L., García-Moya, E. & Cuevas-Guzmán, R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Bol. Soc. Bot. México* 73:17-34.
- Silvertown, J.W. & Lovett-Doust, J. 1993. *Introduction to Plant Population Biology*. Blackwell Science. Oxford, UK.
- StatSoft, Inc. 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10. Disponible en: <http://www.statsoft.com>
- Sturges, H.A. 1926. The Choice of a Class Interval. *J. Am. Stat. Assoc.* 21(153): 65-66.
- Testé, E. 2018. Variación en la estructura y la ecología espacial de la población de *Magnolia virginiana* subsp. *oviedoe* (Magnoliaceae), Matanzas, Cuba. Tesis de Maestría. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana.
- Testé, E., Pérez, L., Díaz, W., Serrano, R., Fernández, E., Pérez, V., Falcón, B., Palmarola, A. & González-Torres, L.R. 2017. Estructura poblacional de *Encyclia pyriformis* (Orchidaceae) en Los Pretiles, Pinar del Río, Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 38: 133-138.
- Urquiola, A.J., González-Oliva, L., Novo, R. & Acosta, Z. 2010. Libro rojo de la flora vascular de la provincia Pinar del Río. Publicaciones Universidad de Alicante. Alicante, España.
- Urquiola, A.J., González-Oliva, L., Novo, R. & Acosta, Z. 2014. *Heptanthus ranunculoides*. *Bissea* 9 (número especial 1): 44.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th Ed. Prentice Hall. New Jersey, USA.

**Anexo 1. Variabilidad de los individuos de *Heptanthus ranunculoides* según las fenofases delimitadas en Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar de Río, Cuba, 2016, n= 53 (plántulas), 57 (juveniles), 31 (inmaduros), 159 (adultos estériles), 116 (adultos fértiles)**

**Annex 1. Variability of individuals of *Heptanthus ranunculoides* according to delimited phenophases in Sierra de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río, Cuba, 2016, n= 53 (seedlings), 57 (juveniles), 31 (immature), 159 (sterile adults), 116 (fertile adults)**

	Fenofases	Media	-0,95 Intervalo de confianza	0,95 Intervalo de confianza	Mínimo	Máximo
Área del Individuo (cm <sup>2</sup> )	Plántulas	0,35	0,29	0,42	0,04	1,17
	Juveniles	1,64	1,36	1,91	0,49	4,82
	Inmaduros	3,27	2,86	3,69	1,29	5,01
	Adultos estériles	31,59	22,53	40,66	5,04	421,5
	Adultos fértiles	100,62	77,04	124,21	5,02	805,43
Área media Foliar (cm <sup>2</sup> )	Plántulas	0,07	0,06	0,08	0,01	0,12
	Juveniles	0,17	0,16	0,18	0,12	0,23
	Inmaduros	0,3	0,29	0,32	0,24	0,42
	Adultos estériles	0,5	0,47	0,52	0,19	1,18
	Adultos fértiles	0,56	0,54	0,58	0,13	0,98

	Fenofases	Mediana	Percentil al 5 %	Percentil al 95 %	Mínimo	Máximo
Número de rosetas	Plántulas	1	1	1	1	1
	Juveniles	1	1	2	1	2
	Inmaduros	1	1	1	1	1
	Adultos estériles	1	1	6	1	14
	Adultos fértiles	3	1	15	1	34
Número de hojas	Plántulas	4	3	9	2	11
	Juveniles	8	4	21	3	23
	Inmaduros	11	5	17	5	18
	Adultos estériles	31	15	265	13	685
	Adultos fértiles	93,5	26	560	17	1303