

VIERAEA	Vol. 45	303-312	Santa Cruz de Tenerife, octubre 2017	ISSN 0210-945X
---------	---------	---------	--------------------------------------	----------------

Estudio morfométrico sobre la disposición heliotrópica de las hojas en *Aeonium urbicum* (Crassulaceae) en Tenerife, islas Canarias

OCTAVIO ARANGO TORO

Cl. Loreto 24-26, Esc. B. 4^o 2^a
08029 Barcelona, España
oja.oja@hotmail.com

ARANGO, O. (2017). Morphometric study on heliotropic disposition of the leaves in *Aeonium urbicum* (Crassulaceae). Tenerife, Canary Islands. *VIERAEA* 45: 303-312.
<https://doi.org/10.31939/vieraea.2017.45.17>

RESUMEN: Se describe la singular disposición de las hojas en la roseta foliar de *Aeonium urbicum*, la cual está relacionada con la posición que ocupan las hojas en la roseta y con el curso del Sol por la esfera celeste, de ahí que la hayamos denominado heliotrópica. Esta disposición no es exclusiva de esta especie, sino que también se observa en otros taxones con rosetas grandes y hojas alargadas. El estudio se realizó en 875 ejemplares de *A. urbicum* en su hábitat, y los resultados demuestran que la disposición heliotrópica de las hojas en la roseta es constante y matemáticamente predecible. Las hojas de los dos tercios inferiores de la roseta foliar han girado cerca de 90° sobre su peciolo hasta colocarse de canto y verticalizadas, quedando las de un lado orientadas hacia el Oeste, mientras que las del otro lado se orientan hacia el Este, en una posición totalmente contrapuesta. Por el contrario, las hojas del tercio superior se hallan en posición completamente plana. El sitio donde las hojas de uno y otro lado cambian de orientación, se ha denominado línea de convergencia y se observaron dos patrones bien definidos en la orientación de esta línea imaginaria: 150° SSE en el 72% de los ejemplares y 280° ONO en el 24%. Así mismo, se encontró que cada uno de los dos tercios inferiores de la roseta ocupaban un segmento de la circunferencia con un ángulo de 137,5°, el denominado segmento áureo, que supone el máximo aprovechamiento del espacio en la roseta foliar. Estos cambios en la arquitectura de la roseta foliar posiblemente tienen como finalidad un mejor aprovechamiento de la luz solar, aunque no se descarta que sea un mecanismo de defensa de la planta frente a la intensa radiación solar de Canarias.

Palabras clave: *Aeonium urbicum*, morfometría, roseta foliar, disposición de las hojas, heliotropismo, sección áurea, islas Canarias.

ABSTRACT: The especial disposition of the leaves in the leaf rosette of *Aeonium urbicum*, which is related to the position occupied by the leaves in the rosette and to the course of the sun in the celestial sphere, is described. For this reason we have described it as heliotropic. This disposition is not exclusive of this species, but is also observed in other taxa with big rosettes and long leaves. A total of 875 plants of *A. urbicum* were studied in its habitats and the results show that the heliotropic disposition of the leaves is constant and mathematically predictable. The leaves of the two lower thirds of the leaf rosette have spun around 90° on its petiole edgeways and to a vertical position, so the leaves of one side are oriented towards the West, whereas the ones of the other side towards the East, in a completely opposed position. On the other hand, the leaves of the upper third have a completely flat position. We have named convergence line the place where the leaves of either side change their orientation. Two very definite patterns in the orientation of this imaginary line are observed: 150° SSE in the 72% of the specimens and 280° WNW in the 24%. It was also found that the each of the two lower thirds of the rosette occupied an angle of 135,5° of circumference, the well-known golden section, which implies the maximum use of the space of the foliar rosette. These changes in the architecture of the leaf rosette are possibly intended to the best use of the solar light, although it is not rejected the possibility of their being a defence mechanism of the plant before the intense solar radiation in Canary Islands.

Key words: *Aeonium urbicum*, morphometry, leaf rosette, leaves disposition, heliotropism, golden section, Canary Island.

INTRODUCCIÓN

Cuando pensamos en la disposición que tienen las hojas de una roseta en el género *Aeonium*, la primera idea que nos viene a la cabeza es que están dispuestas de forma radial y simétrica; sin embargo, esto solo ocurre en las especies con rosetas pequeñas y hojas cortas. Pero si observamos con detenimiento la disposición de las hojas en alguno de los taxones con rosetas grandes y hojas alargadas, nos damos cuenta enseguida de que la disposición de sus hojas es claramente asimétrica y presentan diferente orientación espacial según el sitio que ocupan en la espiral que forma la roseta foliar.

La particular disposición de las hojas de *Aeonium urbicum* (Chr. Smith ex Hornem.) Webb & Berthel. se ajusta a un patrón constante y matemáticamente predecible, no solo respecto a la posición que ocupan las hojas en la roseta foliar, sino también en relación al curso del Sol por la esfera celeste. El objetivo de este trabajo es describir y cuantificar las diversas variables relacionadas con la disposición de las hojas en la roseta foliar de *A. urbicum*, la cual por su clara relación con la luz solar la hemos denominado disposición heliotrópica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio y la descripción de la disposición heliotrópica de las hojas en la roseta foliar, se tomó como prototipo a *A. urbicum* de Tenerife, ya que son las plantas en las que dicha disposición es más acentuada y fácilmente reconocible. Sin embargo, la disposición heliotrópica que describimos no es exclusiva de esta especie, ya que también la hemos observado en otros taxones con hojas alargadas, como *A. davidbramwelli* H-Y Liu, *A. hierrense* (R.P. Murray) Pit. & Proust, *A. appendiculatum* Bañares, *A. ciliatum* (Will.) Webb & Berthel., *A. percarneum* (R.P. Murray) Pit. & Proust, *A. pseudourbicum* Bañares, *A. undulatum* Webb & Berthel., *A. cuneatum* Webb & Berthel. y *A. canariense* (L.) Webb & Berthel., entre otros.

El método empleado para el estudio fue la observación de las poblaciones naturales de los taxones anteriormente mencionados, en las islas de Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro. El taxón mejor estudiado fue *A. urbicum*, del que se analizaron 875 ejemplares, divididos en dos grupos: el primero de ellos con 800 ejemplares que crecían expuestos a plena insolación en diferentes latitudes de Tenerife; y el segundo grupo, usado como control, con 75 ejemplares que crecían en zonas umbrías y no recibían luz solar directa en ningún momento del día.

Mediante el empleo de una brújula digital se efectuó la medición de la orientación del hábitat en el que crecían las plantas, y la orientación que presentaban las rosetas respecto a los cuatro puntos cardinales. Seguidamente se dividió imaginariamente la roseta foliar en tercios, a saber, tercio superior, tercio inferior derecho y tercio inferior izquierdo, y se determinó la orientación de la que hemos denominado **línea de convergencia**, que se define como una línea imaginaria dentro de la roseta en donde las hojas de cada uno de los dos tercios inferiores cambiaba de orientación. Con un transportador de ángulos se midieron los segmentos que ocupaba cada uno de los tercios en que se dividió la roseta y se expresó en grados sexagesimales. Finalmente, se midió la longitud de las hojas en diferentes posiciones de la roseta foliar.

RESULTADOS

Los resultados del estudio demuestran que de forma constante y predecible, todas las plantas de *A. urbicum* que crecían a pleno sol, presentaban un modelo arquitectónico específico de su roseta foliar: las hojas del tercio inferior derecho han girado sobre su pecíolo cerca de 90° adoptando una posición de canto y ligeramente verticalizada, quedando orientadas hacia el O, mientras que las hojas del tercio inferior izquierdo han girado igualmente unos 90° pero se hallan orientadas hacia el E, en una posición totalmente contrapuesta a las del tercio inferior derecho. De tal manera, que las hojas de la derecha reciben la máxima insolación en las horas de la mañana y las de la izquierda la reciben en las horas de la tarde hasta la puesta del Sol. Por el contrario, las hojas del tercio superior siempre están en posición plana, como las cartas de un jugador de naipes, con lo cual reciben la misma insolación durante todo el día (Figura 1).

En función de la orientación del sitio geográfico donde crecían las plantas, se observaron dos patrones bien definidos en la orientación de la línea de convergencia, los cuales se recogen en la Tabla I. Un primer patrón fue observado en 576 (72%) de los ejemplares, con una orientación de la línea de convergencia de alrededor 150° SSE; y un segundo patrón menos frecuente, fue observado en 192 (24%) de los casos, con una orientación de la línea de convergencia de aproximadamente 280° ONO, el cual se acerca bastante a la imagen en espejo del primer patrón. Los restantes 32 (4%) ejemplares, también presentaban una disposición heliotrópica de sus hojas similar a los anteriores, pero la orientación de la línea de convergencia no obedecía a ningún patrón concreto y los valores eran inconstantes y variables. Así mismo, se observó que en todos los ejemplares estudiados, las hojas en cada uno de los dos tercios inferiores de la roseta ocupaban un segmento de la circunferencia de aproximadamente $137,5^\circ$ grados sexagesimales, el denominado ángulo áureo, mientras que el tercio dorsal ocupaba tan solo unos 85° de la circunferencia. Por último, se encontró que las hojas ventrales de los dos tercios inferiores de la roseta eran 1,5 a 2,0 cm más largas que las del tercio dorsal.

Las plantas de grupo control que crecían en zonas sombreadas de brezal o de laurisilva, no presentaban dicha disposición y sus hojas siempre estaban en posición plana y simétrica, independientemente de la orientación del sitio donde asentaban. Por lo tanto, parece evidente que la disposición heliotrópica de las hojas que describimos en *A. urbicum* está determinada por la incidencia directa de los rayos del Sol sobre la roseta foliar. No se encontraron variaciones significativas en la disposición de las hojas en las plantas estudiadas a lo largo del día, y tampoco a lo largo del año. Las hojas jóvenes a partir del ápice caulinar en el centro de la roseta no siguen este patrón y durante la fase de crecimiento vegetativo adoptan una disposición subrecta formando un ángulo oblicuo con el tallo. Más adelante, cuando la roseta ha completado su desarrollo, la parte central adquiere una forma aplanada y las hojas maduras adoptan la complejidad organizativa que caracteriza a la disposición heliotrópica que describimos (Figura 2).

DISCUSIÓN

A pesar de que la morfología de la roseta foliar es un carácter de valor taxonómico importante en la sistemática del género *Aeonium* (Liu, 1989), sorprende que hasta ahora no se haya prestado atención a la singular disposición de las hojas en *A. urbicum* y en otros taxones con rosetas grandes y hojas alargadas.

Nuestros resultados respecto a la orientación de la línea de convergencia, indican que tanto el patrón más frecuentemente observado (150° SSE), que en general coincidía bastante con la orientación global de la roseta, como el patrón menos frecuente (280° ONO), estaban determinados por la orientación geográfica del sitio donde crecían las plantas y su relación con el curso del Sol. De tal manera que, si hipotéticamente estudiáramos las plantas de un barranco teórico con orientación 180° S, probablemente los ejemplares de una de las laderas presentarían mayoritariamente uno de los dos patrones y los de la otra ladera presentarían el patrón menos frecuente. De hecho, muchos taxones del género *Aeonium* en su hábitat prefieren una de las dos laderas en función de su orientación respecto al Sol, llegando a ser muy abundantes en una de ellas y escasos en la otra (obs. pers.).

El orden, equilibrio y armonía que se observa en la naturaleza frecuentemente obedece a un patrón geométrico preciso adoptado por las plantas. En el caso de la disposición heliotrópica que nos ocupa, el ángulo áureo de la circunferencia que abarca cada uno de los tercios inferiores de la roseta, está relacionado con una serie de rasgos en *A. urbicum*, cuya filotaxis $8/21$ se aproxima al cociente 0,382 que sobre los 360° de la circunferencia corresponde a $137^\circ 30'$, o sea una sección áurea para cada uno de ellos. Esta sorprendente sucesión matemática favorece a todas las hojas por igual y supone el máximo aprovechamiento del espacio en la roseta foliar (Izco & Barreno., 2004). Dicha secuencia se conoce como sección áurea o número de Fibonacci, el cual posee unas asombrosas propiedades matemáticas y se repite de forma constante en múltiples sucesiones en la naturaleza. (Corbalán, 2010).

A diferencia de los girasoles *Helianthus annuus* L., que van girando sus capítulos florales en función de la posición del Sol a lo largo del día, en *A. urbicum* la orientación de las hojas en la roseta se mantiene constante y no se modifica por la posición del Sol a lo largo del día. Así mismo, las variaciones a lo largo del año son mínimas, habiéndose observado solo una ligera tendencia a disminuir la lateralización de las hojas en el periodo de reposo estival, ya que las rosetas mudan las hojas inferiores y se hacen mas compactas para disminuir la superficie de evaporación.

Pero, ¿Qué beneficio funcional aporta a la planta esta singular disposición de sus hojas?. No es una pregunta sencilla y para dar una respuesta inequívoca se tendrían que realizar ensayos experimentales sometiendo las plantas a diferentes tipos de exposición luminosa, así como estudios histológicos para conocer la disposición del tejido fotosintético en sus hojas. No obstante, *a priori* parece lógico pensar que la compleja arquitectura de la roseta foliar en *A. urbicum* tiene como finalidad aumentar la eficacia en el aprovechamiento de la luz solar, ya que las hojas con distintas orientaciones se adaptan mejor a la incidencia lumínica cambiante a lo largo del día debido al movimiento del Sol. De otra parte, la disposición del parénquima clorofílico en el mesófilo varía de una especie a otra en función de la posición de sus hojas según sean péndulas, horizontales o erectas, lo cual influye considerablemente en el ángulo en que mejor captan la luz incidente sobre el plano horizontal (Taiz & Zeiger, 2006; Alonso, 2011). De ahí, que la lateralización de las hojas hasta situarse de perfil en *A. urbicum* podría estar relacionada con el ángulo óptimo para el aprovechamiento de la luz solar debido de la disposición del tejido clorofílico en sus hojas.

Sin embargo, no se puede descartar que su función sea todo lo contrario, es decir, que la disposición heliotrópica de las hojas en *A. urbicum* sea un mecanismo de defensa de la planta frente a la intensa radiación solar de Canarias, asociada a un severo estrés hídrico durante el verano, pues las plantas del grupo control que crecían a la sombra tenían todas sus hojas en posición plana. En este supuesto, la posición de canto de las hojas tendría como finalidad disminuir la superficie foliar expuesta a los rayos solares que inciden perpendicularmente. De esta manera, las plantas evitarían el daño de los pigmentos fotosintéticos por foto-oxidación cuando se supera el límite de saturación lumínica, hecho factible tratándose de plantas con un metabolismo exclusivamente de tipo CAM (Mort *et al.*, 2007). Dicho fenómeno no ocurre en plantas con metabolismo C3 y menos aún con C4, para las que no existe límite de saturación y a mayor luminosidad mayor eficacia fotosintética (Dennis & Turpin, 1998).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, J. R. (2011). *Manual de Histología vegetal*, pp. 63-67, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- CORBALÁN, F. (2010). *La proporción áurea*, pp. 125-142, Editorial RBA Coleccionables S.A., Barcelona.
- DENNIS, D. T. & D. H. TURPIN eds. (1998). *Plant physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. Editorial Academia Press, Orlando USA.
- IZCO, J. & E. BARRENO (2004). Caracteres taxonómicos: Morfología y anatomía de los órganos vegetativos. En: *Botánica*. Izco J. Editor. 2ª edición, pp. 88-91, Editorial McGraw Hill-Interamericana de España, S.A.U., Bogotá.
- LIU, H.-Y. (1989). *Systematics of Aeonium (Crassulaceae)*. – Special Publications, National Museum of Natural Science. Taiwan n° 3.
- MORT, M. E., D. E. SOLTIS, P. S. SOLTIS, A. SANTOS-GUERRA & J. FRANCISCO-ORTEGA (2007). Physiological evolution and association between physiology and growth form in *Aeonium* (Crassulaceae). *Taxon* 56: 453-464.
- TAIZ, L. & E. ZEIGER eds. (2006). Fotosíntesis: consideraciones fisiológicas y ecológicas. En: *Fisiología Vegetal*, pp. 315-355. Editorial Publicaciones de la Universitat Jaume I. Castelló de la Plana.

Tabla I.- Resultados sobre la orientación de la línea de convergencia en 800 ejemplares de *A. urbicum* expuestos a plena insolación en su medio natural.

Número de ejemplares (n=800)	Porcentaje	Orientación de la línea de convergencia	Rango	Media aritmética	Desviación estándar
576	72%	150° SSE	115-165°	148,72	12,21
192	24%	280° ONO	265-315°	281,86	14,40
32	4%	Variable e inconstante	-	-	-

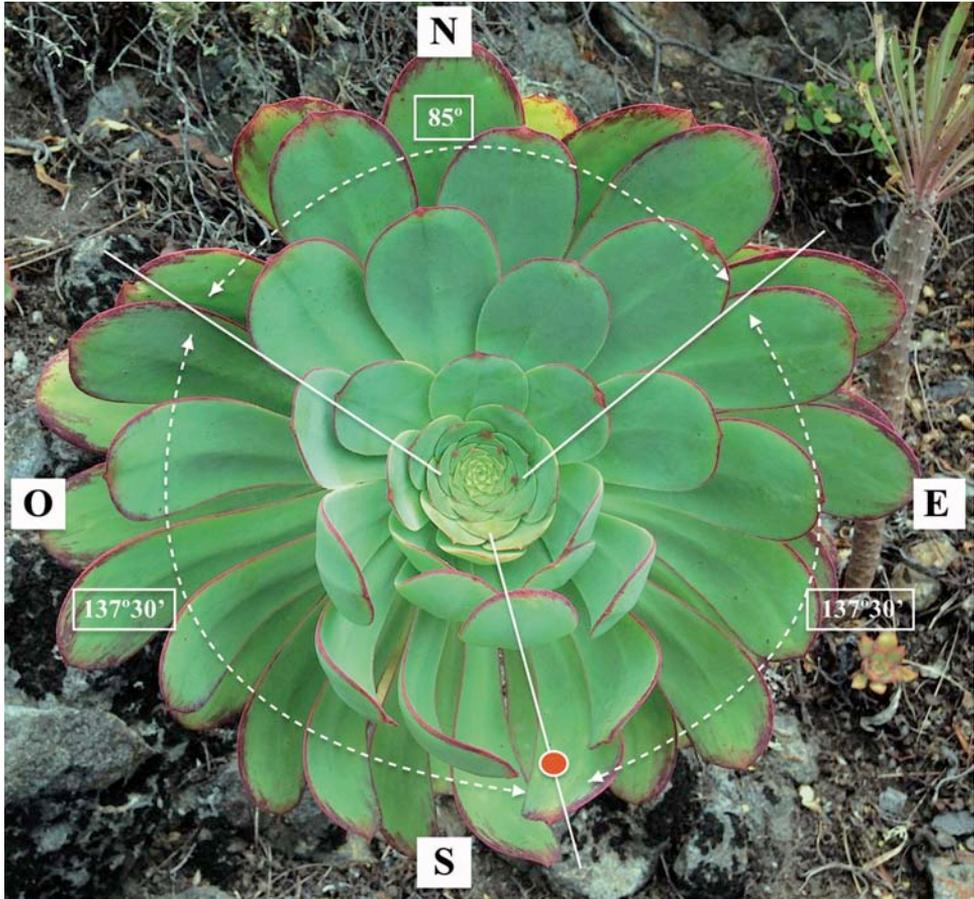


Figura 1.- Vista frontal de una roseta de *A. urbicum*. Obsérvese como las hojas del tercio superior están en posición completamente plana, mientras que las de los dos tercios inferiores se han verticalizado y colocado de perfil. Las hojas de la derecha se orientan hacia el Oeste en una posición totalmente contrapuesta a las de la izquierda que se orientan hacia el Este. La línea de convergencia (punto rojo) señala el sitio donde las hojas cambian de orientación.

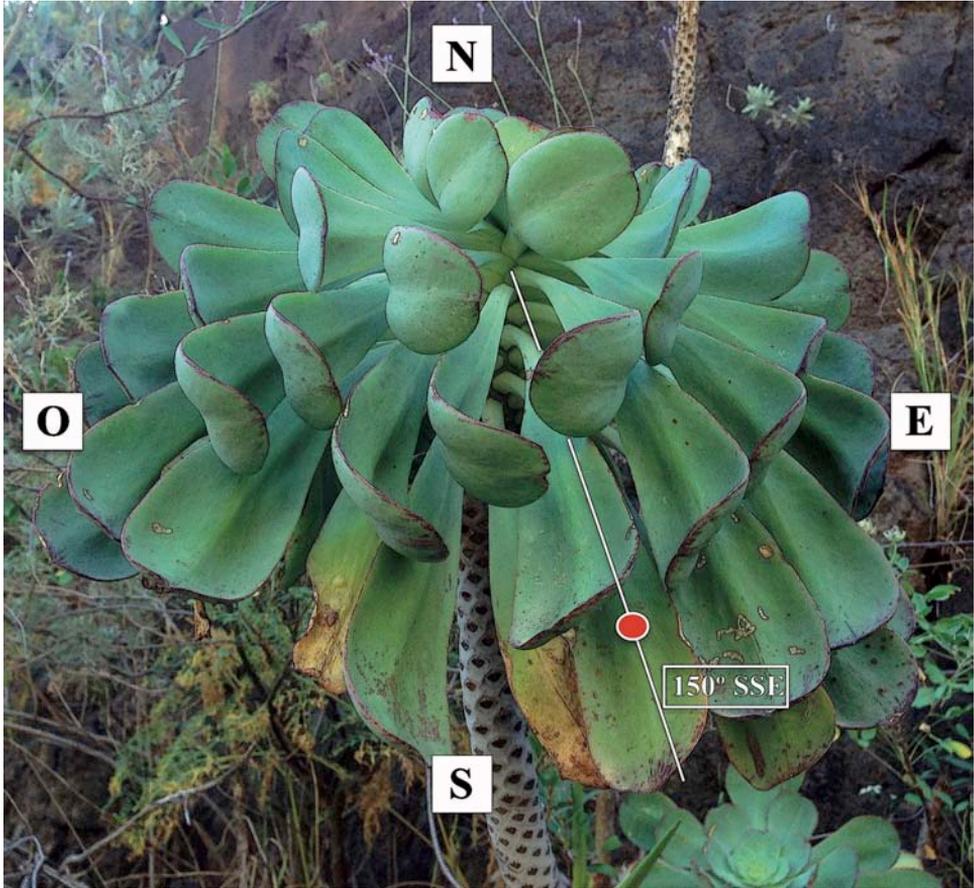


Figura 2.- Vista lateral de una roseta de *A. urbicum*. Obsérvese como las hojas ventrales han girado sobre su peciolo hasta colocarse de perfil y las de un lado se contraponen a las del otro, cambiando de orientación a nivel de la línea de convergencia (punto rojo).

