

AMINOÁCIDOS EN EL NÉCTAR DE PLANTAS DEL SUR DE ESPAÑA

por
JAVIER HERRERA *

Resumen

HERRERA, J. (1989). Aminoácidos en el néctar de plantas del sur de España. *Anales Jard. Bot. Madrid* 45(2): 475-482.

Empleando la "escala de la histidina" (BAKER & BAKER, 1975), se ha determinado la concentración de aminoácidos en el néctar de 61 especies de plantas del sur de España. Las concentraciones oscilan entre 49 micromolar y 23 milimolar, y la media de todas las especies es 390 micromolar (4 en la escala de la histidina). Se estudia la posibilidad de que esa concentración media de aminoácidos, inferior a los promedios encontrados en otros conjuntos de especies estudiados en el mundo, sea debida a una gran disponibilidad de polen (como fuente alternativa de aminoácidos) en la flora. La tendencia, prevista por BAKER & BAKER (1975), de las especies herbáceas o con flores de simetría bilateral a tener más aminoácidos en el néctar que las especies leñosas o con flores de simetría radiada, no alcanza significación estadística en la muestra estudiada.

Palabras clave: Aminoácidos, néctar, matorral, Andalucía, Península Ibérica.

Abstract

HERRERA, J. (1989). Aminoacids in the nectar of plants of southern Spain. *Anales Jard. Bot. Madrid* 45(2): 475-482 (in Spanish).

The aminoacid concentration in the nectar of 61 plant species living in the Iberian Peninsula was studied using the "histidine scale" of BAKER & BAKER (1975). Concentrations range between 49 micromolar and 23 milimolar. Mean concentration for all species reached 390 micromolar (a score of 4 in the histidine scale), which is lower than average for plant assemblages studied in other parts of the world. The possibility of the low mean concentration of nectar aminoacids being due to widespread availability of alternative aminoacid sources (pollen) in the flora is discussed. The tendency predicted by BAKER & BAKER (1975) to higher aminoacid concentrations in the nectar of herbaceous or bilaterally-flowered species versus woody or radiate-flowered species is not found in our sample.

Key words: Aminoacids, nectar, shrublands, Andalusia, Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

El néctar contiene con gran frecuencia, además de azúcares, otras sustancias, como aminoácidos, lípidos, proteínas, ácido ascórbico, iones e incluso alcaloides (BAKER & BAKER, 1975; VOGEL, 1983). Esos componentes secundarios, especialmente los aminoácidos, representan un complemento alimenticio importante

* Departamento de Botánica, Facultad de Biología. Apartado 1095. 41080 Sevilla.

para los polinizadores. Además, su abundancia en el néctar sugiere implicaciones filogenéticas (BAKER & BAKER, *op. cit.*). Cuando aparece una gran cantidad de aminoácidos en el néctar floral, se observa la presencia de una serie de caracteres "avanzados", tales como posesión de flores zigomórficas, hábito herbáceo, etc. (véase, sin embargo, la crítica de GOTTSBERGER & *al.*, 1984, y la respuesta de BAKER & BAKER, 1986). Por otro lado, la identidad de los aminoácidos presentes en el néctar, así como su abundancia, tienen considerable constancia intraespecífica (BAKER & BAKER, 1977), lo que puede indicar que están fijadas genéticamente.

La producción de néctar ha sido estudiada hasta la fecha, en especies de la Península Ibérica, solo por el contenido en azúcares (HERRERA, 1985). Es también necesario investigar la presencia y abundancia de otras sustancias que, como los aminoácidos, intervienen en la relación entre planta y polinizador. Además, los componentes secundarios pueden introducir errores en los cálculos del contenido energético de los néctares (INOUE & *al.*, 1980; HIEBERT & CALDER, 1983), que rutinariamente se hacen por refractometría, ya que solo se tiene en cuenta el contenido en azúcares. Uno de los objetivos de este trabajo es llamar la atención sobre este hecho.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 1983 y 1984 se recolectaron muestras de néctar de 61 especies, pertenecientes a 25 familias, en diversas localidades de Andalucía indicadas en la tabla 1. Se depositaron entre 5 y 10 microlitros de néctar de cada especie en el papel de cromatografía Whatman n.º 1 y, después de secado al aire, se introdujeron en sobres individuales que se guardaban en el refrigerador hasta el momento del estudio. Al recolectar el néctar se tomaron todas las precauciones para evitar que se contaminara con polen, lo que habría alterado considerablemente los resultados (BAKER & BAKER, 1975).

El procedimiento de análisis empleado consiste en averiguar la cantidad total de aminoácidos en comparación con un patrón de referencia preparado al efecto (BAKER & BAKER, *op. cit.*). Dicho patrón tiene 11 valores (entre 0 y 10) en una escala ascendente, en la que cada uno supone una concentración de aminoácidos igual al doble del inmediatamente inferior. Por ejemplo, el valor 5 equivale a una concentración de 781 micromolar (121 microgramos/ml), el valor de 4 equivale a 391 micromolar (61 microgramos/ml), etc. El patrón de referencia se preparó depositando sendas gotas de disoluciones de histidina con las concentraciones indicadas por BAKER & BAKER (*op. cit.*) en papel de cromatografía. Ese patrón se reveló al mismo tiempo que las muestras de néctar con una solución de ninhidrina al 0,2% en acetona. La intensidad del color violeta en las manchas de néctar indica, por comparación con el patrón, la concentración de aminoácidos. Aunque algunos aminoácidos no adquieren la coloración violeta al reaccionar con la ninhidrina, como la prolina y la hidroxiprolina —amarillo— y la asparagina —naranja—, no es probable que ello introduzca errores graves en los resultados. La hidroxiprolina y la asparagina no suelen aparecer en el néctar (BAKER & BAKER, 1978; GOTTSBERGER & *al.*, 1984), mientras que la prolina, muy frecuente en el polen, no lo es tanto en el néctar. Todavía se discute si su presencia se debe o no a contaminación por polen (GOTTSBERGER & *al.*, 1984; BAKER & BAKER, 1986).

TABLA 1

PRESENCIA DE AMINOÁCIDOS EN EL NÉCTAR DE 61 ESPECIES DE PLANTAS

FAMILIA/ESPECIE	H(1)	M(2)	Amino-ácidos(3)	Localidad(4)
AMARYLLIDACEAE				
<i>Narcissus assoanus</i> subsp. <i>praelongus</i> A. Barra & López	H	R	5	A
APOCYNACEAE				
<i>Vinca difformis</i> Pourret	L	R	1	A
ASTERACEAE				
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi.) Ten.	H	R	3	B
BORRAGINACEAE				
<i>Anchusa azurea</i> Miller	H	R	5	C
<i>Borrago officinalis</i> L.	H	R	1	D
<i>Cerithe major</i> L.	H	R	1	E
<i>Cynoglossum cheirifolium</i> L.	H	R	4	E
<i>Echium albicans</i> Lag. & Rodr.	H	R	5	A
<i>E. gaditanum</i> Boiss.	H	B	7	C
<i>E. plantagineum</i> L.	H	B	5	D
<i>Lithodora fruticosa</i> (L.) Griseb.	L	R	3	A
BRASSICACEAE				
<i>Biscutella frutescens</i> Cosson	H	R	6	A
<i>Brassica nigra</i> (L.) Koch	H	R	4	B
<i>Moricandia moricandioides</i> (Boiss.) Heywood	H	R	5	A
CAPRIFOLIACEAE				
<i>Lonicera arborea</i> Boiss.	L	B	5	B
<i>L. etrusca</i> G. Santi	L	B	5	B
<i>L. implexa</i> Aiton	L	B	2	F
<i>L. periclymenum</i> subsp. <i>hispanica</i> (Boiss. & Reuter) Nyman	L	B	2	C
<i>L. splendida</i> Boiss.	L	B	1	B
CARYOPHYLLACEAE				
<i>Silene colorata</i> Poirlet	H	R	3	A
<i>S. vulgaris</i> (Moench) Garcke	H	R	7	A
CONVOLVULACEAE				
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	H	R	10	C
ERICACEAE				
<i>Erica australis</i> L.	L	B	8	A
FABACEAE				
<i>Anthyllis cytisoides</i> L.	L	B	5	A
<i>A. podocephala</i> Boiss.	L	B	5	A
<i>Erinacea anthyllis</i> Link	L	B	6	B
<i>Psoralea bituminosa</i> L.	L	B	3	E

TABLA 1 (continuación)

FAMILIA/ESPECIE	H(1)	M(2)	Amino-ácidos(3)	Localidad(4)
<i>IRIDACEAE</i>				
<i>Gladiolus italicus</i> Miller	H	B	1	E
<i>LAMIACEAE</i>				
<i>Lavandula stoechas</i> L.	L	B	2	C
<i>Marrubium supinum</i> L.	L	B	4	B
<i>Nepeta amethystina</i> Poiret	L	B	3	D
<i>Phlomis lychnitis</i> L.	L	B	7	B
<i>P. purpurea</i> L.	L	B	5	F
<i>Prunella laciniata</i> (L.) L.	H	B	2	B
<i>P. vulgaris</i> L.	H	B	4	B
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	L	B	1	C
<i>Stachys circinata</i> L'Hér.	L	B	4	A
<i>Teucrium fruticans</i> L.	L	B	2	C
<i>T. pseudochamaeptytis</i> L.	H	B	4	E
<i>LILIACEAE</i>				
<i>Allium moly</i> L.	H	R	2	B
<i>A. roseum</i> L.	H	R	1	E
<i>Asphodelus albus</i> Miller	H	R	4	B
<i>MALVACEAE</i>				
<i>Lavatera cretica</i> L.	H	R	3	D
<i>Stegia trimestris</i> (L.) Luque & Devesa	H	R	3	C
<i>MYRTACEAE</i>				
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn	L	R	3	C
<i>OLEACEAE</i>				
<i>Jasminum fruticans</i> L.	L	R	2	E
<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.	L	R	3	D
<i>OROBANCHACEAE</i>				
<i>Orobanche amethystea</i> Thuill.	H	B	4	A
<i>PAEONIACEAE</i>				
<i>Paeonia broteroi</i> Boiss. & Reuter			10(5)	B
<i>P. coriacea</i> Boiss.			10(5)	B
<i>PALMAE</i>				
<i>Chamaerops humilis</i> L.			9(5)	C
<i>RANUNCULACEAE</i>				
<i>Helleborus foetidus</i> L.	H	R	5	B
<i>ROSACEAE</i>				
<i>Prunus avium</i> L.	L	R	4	B
<i>Pyrus bourgaeana</i> Decne	L	R	5	A
<i>RUBIACEAE</i>				
<i>Putoria calabrica</i> (L. fil.) DC.	L	R	2	A

TABLA 1 (continuación)

FAMILIA/ESPECIE	H(1)	M(2)	Amino-ácidos(3)	Localidad(4)
<i>RUTACEAE</i>				
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	L	R	1	D
<i>SCROPHULARIACEAE</i>				
<i>Antirrhinum australe</i> Rothm.	L	B	4	B
<i>A. majus</i> L.	L	B	2	C
<i>Digitalis obscura</i> L.	L	B	2	B
<i>Scrophularia sambucifolia</i> L.	H	B	7	A
<i>SOLANACEAE</i>				
<i>Atropa baetica</i> Willk.	H	B	1	B

(1) Hábito: L, leñosas; H, herbáceas.

(2) Morfología floral: R, radiadas; B, bilaterales.

(3) Puntuación en la escala de la histidina de BAKER & BAKER (1975).

(4) A, Sierras de Cádiz; B, Sierra de Cazorla; C, litoral de Cádiz y Huelva; D, plantas cultivadas y arvenses en el interior de poblaciones; E, Sierra Sur de Córdoba; F, Sierra Morena.

(5) Néctar no relacionado directamente con el proceso de polinización.

Sobre este método véase BAKER & BAKER, 1973. El valor 0 de la escala de la histidina, correspondiente a menos de 49 micromolar, no se empleó, ya que resultaba prácticamente imposible para nosotros distinguirlo del valor 1.

RESULTADOS

Las concentraciones de aminoácidos en el néctar de las especies estudiadas se indican en la tabla 1. En las dos especies de *Paeonia*, el néctar tiene que considerarse extrafloral, ya que se segrega en el borde de los sépalos cuando las flores todavía no se han abierto y no pueden ser polinizadas. En *Chamaerops humilis*, aunque el néctar es producido por las flores femeninas (en esta especie dioica las masculinas no lo segregan: cf. HERRERA, 1987) y es en principio néctar floral, la secreción continúa intensamente durante el desarrollo de los frutos, fase en la que el néctar ya no puede guardar relación alguna con la polinización, por lo que su función tiene que ver más bien con la defensa frente a los herbívoros, al igual que sucede en *Paeonia*. Por este motivo los néctares de *Paeonia* y *Chamaerops*, muy ricos en aminoácidos (10, 10 y 9, respectivamente, en la escala de concentraciones de la tabla 1), se excluyen del análisis que realizamos a continuación. A partir de aquí se examinan solo las concentraciones de los néctares directamente relacionados con el proceso de polinización (58 especies).

La muestra de especies es heterogénea taxonómicamente y también lo es desde el punto de vista de sus sistemas de polinización. Incluye tanto especies con flores largamente tubulares (especies de *Lonicera*) como especies con tubos florales cortos preferentemente polinizadas por abejas (la mayoría de *Lamiaceae* y *Borraginaceae*, por ejemplo). El valor medio de la escala de la histidina para la muestra es de 3,69 (tabla 2), lo que equivale a 61 microgramos/ml. La mediana es

TABLA 2

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE AMINOÁCIDOS EN EL NÉCTAR Y VALORES MEDIOS PARA SUBGRUPOS ESTABLECIDOS SEGÚN EL HÁBITO Y LA MORFOLOGÍA FLORAL. Z ES EL ESTADÍSTICO DE MANN-WHITNEY QUE COMPARA LAS MEDIAS DENTRO DE LOS SUBGRUPOS

	N.º de especies (1)	$\bar{x} \pm e.s.$	Concentración de aminoácidos				
			1-2	3-4	5-6	7-10	
Leñosas	30	3,40 ± 0,33	12	9	7	2	$\chi^2 = 1,36; p = 0,71$
Herbáceas	28	4,00 ± 0,41	7	10	7	4	$Z = 1,02; p = 0,31$
Flor radiada	28	3,61 ± 0,39	8	11	7	2	$\chi^2 = 1,95; p = 0,58$
Flor bilateral	30	3,77 ± 0,37	11	8	7	4	$Z = 0,38; p = 0,71$
Total	58	3,69 ± 0,27	19	19	14	6	

- (1) Se excluyen las especies en las que el néctar no está relacionado directamente con el proceso de polinización: i.e., *Paeonia* sp. y *Chamaerops humilis*.

4, muy cercana a la media. El valor más alto es el de *Convolvulus althaeoides* (10; 3,9 mg/ml). El más bajo (1, es decir, 7,6 microgramos/ml) corresponde a varias especies de diversas familias. El valor relativamente elevado de 8 para *Erica australis* es muy probable que se deba a la presencia de polen en el néctar, ya que la dehiscencia de las anteras es relativamente brusca y el polen muy seco y suelto. En las otras especies, la contaminación por polen es improbable.

La distribución de frecuencias de las concentraciones de aminoácidos no es significativamente diferente en las especies leñosas y herbáceas (tabla 2). Tampoco hay diferencia entre las distribuciones correspondientes a las especies con flores radiadas y a las que tienen flores de simetría bilateral. Además, las leñosas y las herbáceas no difieren significativamente en sus concentraciones medias, como tampoco lo hacen las que tienen flores radiadas y las que tienen flores bilaterales.

DISCUSIÓN

Los datos indican que todas o una gran mayoría de las especies contenían cantidades de aminoácidos fácilmente detectables en el néctar. Incluso si se excluyen las especies con una puntuación de 1 en la escala, más del 80 % presenta aminoácidos con una concentración igual o superior a 98 micromolar. A pesar de ser pequeñas, esas concentraciones pueden ser relevantes en relación con el sistema de polinización, o tener importancia para la ciencia aplicada, como por ejemplo, la investigación apícola. En los casos de *Lavandula stoechas*, *Rosmarinus officinalis* y *Eucalyptus camaldulensis*, especies todas de máxima productividad melífera en el sur de España, se observan cantidades mínimas de aminoácidos. Sin duda ello influye en la calidad de las mieles producidas a partir de esas especies frente a las producidas a partir de otras con mayor cantidad de aminoácidos en el néctar.

En nuestra muestra, el contenido medio de aminoácidos es algo inferior (3,69

en la escala de la histidina) al expuesto en el trabajo clásico de BAKER & BAKER (1975), quienes calculan un promedio de 5,05 sobre una muestra mucho mayor (544 especies de un ámbito geográfico más amplio). La naturaleza de las especies, o pequeñas variaciones en el análisis, explicarían la diferencia, aunque una explicación alternativa podría ser la siguiente: en la flora del sur de la Península Ibérica son muy abundantes los táxones productores de grandes cantidades de polen, mientras que los nectaríferos se encuentran en franca minoría. La gran abundancia de polen se debe sobre todo a especies de *Cistaceae* y *Fabaceae* de la tribu *Genisteae* (HERRERA, 1985). En un ambiente rico en polen —y teniendo en cuenta que esa es la principal fuente de aminoácidos para los insectos polinizadores (VOGEL, 1983)—, las especies nectaríferas podrían perfectamente ahorrarse el gasto de incluir aminoácidos en sus néctares sin que ello redujera su atractivo para los polinizadores.

BAKER & BAKER (1975) afirman que existe una correspondencia entre el contenido de aminoácidos en el néctar y el mayor o menor grado de “avance evolutivo”. Así, las especies herbáceas tendrían en promedio más aminoácidos que las leñosas; las especies con corolas tubulares, más que las especies con corolas no tubulares; las especies con flores zigomorfas, más que las especies con flores radiadas, etc. La presencia de abundantes aminoácidos en el néctar sería a su vez un carácter “avanzado” que implicaría perfeccionamiento del sistema de polinización: al suministrar a los polinizadores no solo azúcar, sino también aminoácidos, a veces esenciales para su nutrición, se establecerían relaciones más estrechas entre la planta y los polinizadores.

Por su parte, GOTTSBERGER & *al.* (1984) niegan rotundamente cualquier correlación positiva entre el contenido en aminoácidos y el avance evolutivo de los táxones, si bien se basan en el análisis de un número de especies sensiblemente menor —32— que el empleado por BAKER & BAKER (1975, 1986), alrededor de 1.500 especies. El presente trabajo no pretende contribuir a la polémica, pero es necesario reconocer que las correlaciones previstas por los Baker no se observan en la muestra estudiada por nosotros.

La producción de néctar en nectarios extraflorales se interpreta generalmente como un sistema de atracción de insectos belicosos, que actuarían como “defensores” de la planta frente a otros insectos herbívoros. Los órganos protegidos pueden ser hojas, flores o frutos (BENTLEY, 1977; INOUE & TAYLOR, 1979; KOPTUR, 1979; SCHEMSKE, 1980; STEPHENSON, 1982). El néctar extrafloral contiene azúcares y, al igual que el destinado a los polinizadores, otros componentes secundarios, entre los que figuran los aminoácidos, cuya naturaleza y cantidad varían mucho de unas especies a otras (BAKER & *al.*, 1978).

En tres de las 61 especies estudiadas por nosotros, el néctar analizado no guarda relación directa con el proceso de polinización: es el caso del néctar de origen sepaloideo de las especies de *Paeonia*, y del producido en las flores femeninas y frutos jóvenes de *Chamaerops humilis*. Hay que destacar que las concentraciones de aminoácidos de estos néctares (10, 10 y 9, respectivamente) son mucho mayores que el promedio en los néctares florales de las 58 especies restantes (3,69). Una explicación posible de este hecho es que los supuestos “defensores” contra los herbívoros suelen ser hormigas carnívoras o avispas (BENTLEY, 1977), por lo que parece razonable que un néctar rico en nitrógeno les resulte más atractivo que el relativamente pobre en aminoácidos destinado a los polinizadores.

AGRADECIMIENTOS

Estudio realizado con cargo al proyecto 264/82 de la CAICYT, dirigido por el Prof. Dr. Salvador Talavera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, H. G. (1978). Chemical aspects of the pollination biology of woody plants in the tropics. *In*: P. B. Tomlinson & M. H. Zimmerman (Eds.), *Tropical trees as living systems*: 57-82. New York.
- BAKER, H. G. & I. BAKER (1973). Some anthecological aspects of the evolution of nectar-producing flowers, particularly amino acid production in nectar. *In*: V. H. Heywood (Ed.), *Taxonomy and ecology*: 243-264. London.
- BAKER, H. G. & I. BAKER (1975). Studies of nectar-constitution and pollinator-plant coevolution. *In*: L. E. Gilbert & P. H. Raven (Eds.), *Coevolution of animals and plants*: 100-140. Austin, Texas.
- BAKER, H. G. & I. BAKER (1977). Intraspecific constancy of floral nectar amino acid complements. *Bot. Gaz.* 138: 183-191.
- BAKER, H. G. & I. BAKER (1986). The occurrence and significance of amino acids in floral nectars. *Pl. Syst. Evol.* 151: 175-186.
- BAKER, H. G., P. A. OPLER & I. BAKER (1978). A comparison of the amino acid complements of floral and extrafloral nectars. *Bot. Gaz.* 139: 322-332.
- BENTLEY, B. L. (1977). Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 407-427.
- GOTTSBERGER, G., J. SCHRAUWEN & H. F. LINSKENS (1984). Aminoacids and sugars in nectar, and their putative evolutionary significance. *Pl. Syst. Evol.* 145: 55-77.
- HERRERA, J. (1985). Nectar secretion patterns in southern Spanish mediterranean scrublands. *Israel J. Bot.* 34: 47-58.
- HERRERA, J. (1987). Flower and fruit biology in southern Spanish mediterranean scrublands. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 74: 69-78.
- HIEBERT, S. M. & W. A. CALDER (1983). Sodium, potassium, and chloride in floral nectars: energy-free contributions to refractive index and salt balance. *Ecology* 64: 399-402.
- INOUE, D. W. & N. D. FAVRE, J. A. LANUM, D. M. LEVINE, J. B. MEYERS, M. S. ROBERTS, F. C. TSAO & Y.-Y. WANG (1980). The effects of nonsugar nectar constituents on estimates of nectar energy content. *Ecology* 61: 992-995.
- INOUE, D. W. & O. R. TAYLOR (1979). A temperate region plantant-seed predator system: consequences of extrafloral nectar secretion by *Helianthella quinquenervis*. *Ecology* 60: 1-7.
- KOPTUR, S. (1979). Facultative mutualism between weedy vetches bearing extrafloral nectaries and weedy ants in California. *Amer. J. Bot.* 66: 1016-1020.
- SCHEMSKE, D. W. (1980). The evolutionary significance of extrafloral nectar production by *Costus woodsonii* (Zingiberaceae): an experimental analysis of ant protection. *J. Ecol.* 68: 959-967.
- STEPHENSON, A. G. (1982). The role of the extrafloral nectaries of *Catalpa speciosa* in limiting herbivory and increasing fruit production. *Ecology* 63: 663-669.
- VOGEL, S. (1983). Ecophysiology of zoophilic pollination. *In*: O. L. Lange, P. S. Nobel & H. Ziegler (Eds.), *Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology*, III: 560-624. Berlin.

Acceptedo para publicación: 13-X-1988