

# DINAMICA DE LA ACUMULACION DE LIPIDOS EN GIRASOLES (*Helianthus annuus* L.) CON DIFERENTES RENDIMIENTOS DE ACEITE

ANITA MANTESE<sup>1</sup>

Recibido: 28/11/98

Aceptado: 05/08/98

## RESUMEN

La dinámica y la acumulación de lípidos durante el desarrollo del fruto de girasol fue estudiada en los cultivos Dakar, 11051 y Prosol (conteniendo a la madurez del grano 30%, 45% y 58% de aceite respectivamente. La tasa de acumulación de aceite incrementó a los 10-12 días después de antesis (días después de la antesis) en los tres cultivares, pero a diferentes tasas de síntesis en cada cultivar. El contenido de aceite en el grano entero alcanza un máximo a los 20-25 d.d.a. En los embriones maduros el contenido de aceite oscila sólo entre 60% y 68%; las diferencias entre cultivares son debido principalmente a la variación en la porción total del pericarpo en el grano.

**Keywords:** sunflower, grain, oil, accumulation, pericarp.

## DYNAMIC ACCUMULATION OF LIPID IN SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) WITH DIFFERING OIL CONTENT

### SUMMARY

The dynamics of lipid accumulation in developing sunflower fruits was studied in the cultivars Dakar, 11051 and Prosol (typical oil content in the mature grain being respectively 30%, 45% and 58%). The rate of oil accumulation definitely increased at 10-12 days after anthesis in all three cultivars, but at different rates in each cultivar. Whole grain oil content attained a maximum by day 20-25 after anthesis. Oil content of mature embryos ranged between 60% and 68% only; differences between cultivars in whole grain oil content are mainly due to the varying share of the oil-poor pericarp in the overall grain weight.

**Palabras clave:** girasol, grano, aceite, acumulación, pericarpo.

### INTRODUCCION

Durante la maduración de las semillas se acumulan sustancias de reserva (generalmente en el endosperma o en los cotiledones) que habrán de consumirse durante la germinación. Estos componentes (proteínas, carbohidratos y grasas o aceites) comienzan a formarse poco después del inicio del período de división mitótica que originará los futuros tejidos de la semilla; de entre ellos las grasas, bajo la forma de cuerpos lipídicos u oleosomas, constituyen la forma más eficiente de almacenar energía (Bewley y Black, 1985).

Si bien la presencia de lípidos en tejidos vegetales ha sido tema de numerosas publicaciones, el

origen y desarrollo de los oleosomas es menos conocido. Se sabe, por ejemplo, que en colza y mostaza el depósito de aceite se inicia con anterioridad a la acumulación de proteínas, alcanzándose un máximo entre la cuarta y octava semanas después de la antesis (Murphy, 1990). Con referencia al girasol, Sorokin (1967) describió depósitos globulares de aceite en los extremos de las células de embriones maduros, bajo la forma de grandes gotas que tendían a unirse; observación desvirtuada por estudios más recientes (Huang, 1992) que destacan la gran estabilidad de los oleosomas, los que sólo tienden a unirse si el pH baja de 7,2. En una perspectiva más ontogenética, se sabe que en sus

---

<sup>1</sup>Cátedra de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, 1417-Buenos Aires, Argentina. email: mantese@criba.edu.ar

estadíos tempranos el grano de girasol presenta pequeñas cantidades de lípidos (1-3%) en todos los tejidos (Harris *et al.*, 1978); en coincidencia con esto, Garcés y Mancha (1989) observaron incorporación de marcadores radioactivos en lípidos polares (constituyentes de las membranas celulares) hasta los 12 días después de antesis (d.a.a.), e incorporación preferencial en la síntesis de triacilglicéridos (acumulados en los oleosomas) entre los 12 y los 25 días después de antesis d.d.a. Sin embargo, no se conocen los factores que determinan el nivel máximo al que puede llegar la acumulación de lípidos en el embrión del girasol, ni los detalles de cómo tiene lugar este proceso en diferentes variedades de la especie. La presencia de diferentes niveles de aceite en granos maduros de distintas variedades podría explicarse por (a) la existencia de diferentes tasas de acumulación de oleosomas, o (b) la acumulación a tasa constante durante diferentes períodos. En este trabajo se ponen a prueba ambas hipótesis mediante el estudio de la dinámica de la acumulación de aceite en tres variedades, cuyo contenido de aceite a la madurez es, del 30%, 45%, y 58%, respectivamente.

### MATERIALES Y METODOS

Se emplearon 3 variedades comerciales de girasol: Dakar (un cultivar que contiene habitualmente 30% de aceite en el grano maduro), el cultivar 11051 (45%), y Prosol (58%). Se midió el largo del embrión en granos maduros disecados, y se estudió la acumulación de aceite en parcelas experimentales implantadas en la Facultad de Agronomía de la U.B.A. durante el verano de 1994/1995 (siembra: 17 de noviembre). La densidad de siembra fué de 4.8 plantas m<sup>2</sup>, a 0.3 m entre plantas y separadas a 0.7 m entre hileras. Los insectos fueron controlados con carbofuran (5 l ha<sup>-1</sup> al 48%) aplicado antes de la siembra, a los 20 días después de la emergencia se incorporó urea (50 kg N ha<sup>-1</sup>) y cuando la lluvia fué insuficiente se procedió a regar en forma manual.

Por cada variedad se marcaron 40 individuos que iniciaron la antesis el mismo día, aproximadamente a los 2 meses se siembra. Se coleccionó material tres veces por semana, a partir de los 4-5 días después de antesis (d.d.a.) hasta madurez final del fruto, abarcando un período de cinco semanas.

**Crecimiento del pericarpio y del embrión.** Para esta parte del ensayo se utilizaron 20 de los 40 individuos marcados. En cada fecha se colectaron 3 flores / frutos de la zona periférica del capítulo en 5 plantas diferentes

(total= 15 flores / frutos para cada variedad). No se muestreó un mismo individuo más de 5 veces ni se repitió la zona de muestreo dentro del capítulo. En cada flor / fruto se separó manualmente el embrión del tejido ovárico circundante y luego se determinó el peso seco de ambas fracciones.

**Acumulación de aceite.** Empleando los 20 individuos restantes, se colectaron las flores / frutos de medio capítulo por individuo, a razón de un individuo por variedad y fecha de muestreo. El material se llevó a peso seco, y en submuestras de 10 g se determinó el contenido de aceite utilizando el método de resonancia magnética nuclear (NMR). Indirectamente, se calcularon a) el porcentaje de aceite en el embrión mediante la expresión: % de aceite en el grano x (peso del grano / peso del embrión), y b) el peso del aceite en el embrión mediante la expresión: (peso del grano x % aceite del grano) - (peso del pericarpio x % aceite del pericarpio), donde se emplea 3% como valor de contenido de aceite del pericarpio siguiendo a Harris *et al.* (1978).

### RESULTADOS

A los 5-6 días d.d.a. el embrión midió 0,5-0,8 mm de longitud en las variedades de 45% y 58%, y 0,8-1 mm en la variedad del 30%, observándose ya los cotiledones y el eje hipocótilo-radícula. La longitud máxima se alcanzó a los 16-17 días después de antesis d.d.a., y fué de 8,5-9 mm en las variedades del 45% y 58%, y de 12-15 mm en la del 30%. Estos valores guardan relación con los pesos secos de los embriones maduros (55 mg, 65 mg, y 95 mg, respectivamente).

En la primera parte del desarrollo la mayor parte del peso del fruto fué atribuible al pericarpio (Figuras 1-3). Éste supera al embrión hasta los 12-14 días después de antesis d.d.a. en las variedades de 45% y 58% (Figuras 2-3), pero en la del 30% la preponderancia del pericarpio se prolongó durante dos semanas más (Figura 1). El peso del pericarpio alcanzó un máximo a los 12-14 d.d.a. en las tres variedades; este valor fué de ca. 20 mg en las variedades de alto contenido de aceite, mientras que se triplicó en la del 30% de aceite. En correspondencia con esto, a la madurez del grano la proporción del peso seco explicada por el embrión fué mayor al aumentar el contenido de aceite.

La tasa de acumulación de aceite en el grano experimentó un marcado incremento a partir de los 10-12 días después de antesis d.d.a. en las tres variedades (Figura 4), y a partir de los 20-25 d.d.a. el nivel de aceite se mantuvo poco variable. El ritmo de acumulación fué claramente diferente en-

tre variedades, y crece en la secuencia 30% - 45% - 58% (Figura 4). De la comparación la acumulación de aceite en el grano con el aumento de peso del embrión, se obtiene una fuerte correlación positiva [Spearman  $r_s = 0.95$  ( $P < 0,01$ ;  $N = 15$ ) para la variedad del 58%;  $r_s = 0,762$  ( $P < 0,01$ ;  $N = 14$ ) para la del 45%;  $r_s = 0,953$  ( $P < 0,01$ ;  $N = 15$ ) para la del 30%].

Mientras que el contenido de aceite del grano maduro difirió entre variedades (Figura 4), el porcentaje de aceite en la fracción embrión se comportó de modo algo distinto (Figura 5): el valor crece muy rápidamente en Prosol y alcanza su máximo a los 13-14 d.d.a., en tanto que en las otras variedades el incremento fué más lento; sin embargo, los embriones maduros de las tres variedades alcanzan valores relativamente cercanos (entre 60% y 68% de aceite). En términos absolutos (Figura 6) la variedad Dakar superó a las otras, con algo más de 50 mg de aceite en el embrión maduro, seguida por Prosol (45 mg) y 11051 (35 mg).

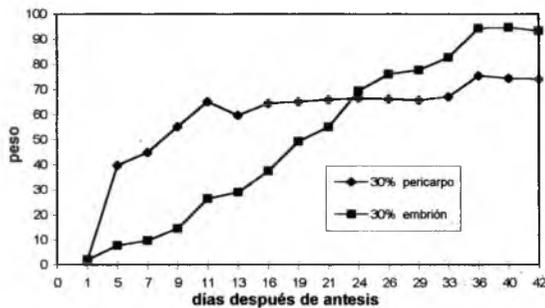


Figura 1. Peso seco medio del pericarp y embrión del girasol Dakar (mg)

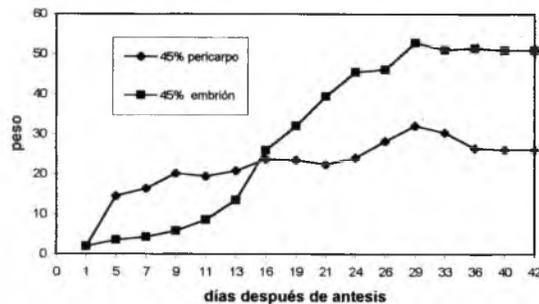


Figura 2. Peso seco medio del pericarp y embrión del girasol 11051 (mg)

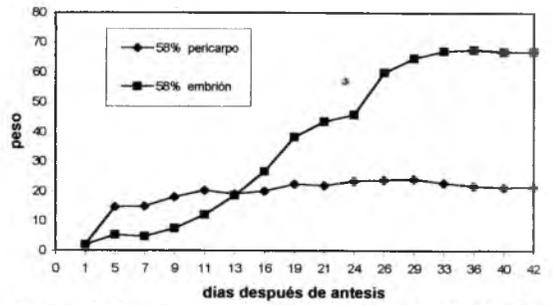


Figura 3. Peso seco medio del pericarp y embrión del girasol Prosol (mg)

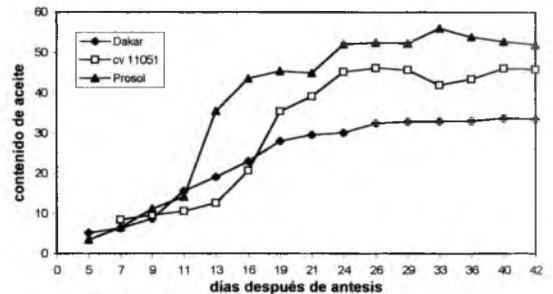


Figura 4. Contenido medio de aceite del grano de 3 cultivares de girasol (%)

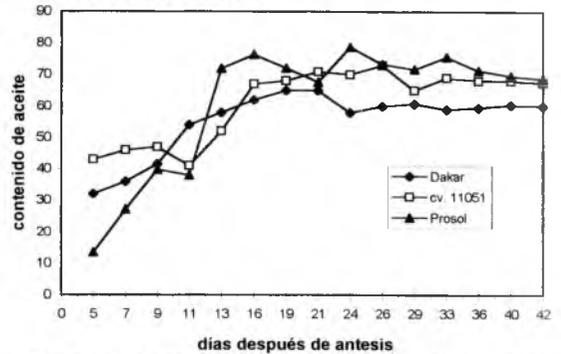


Figura 5. Contenido de aceite del embrión de 3 cultivares de girasol (%)

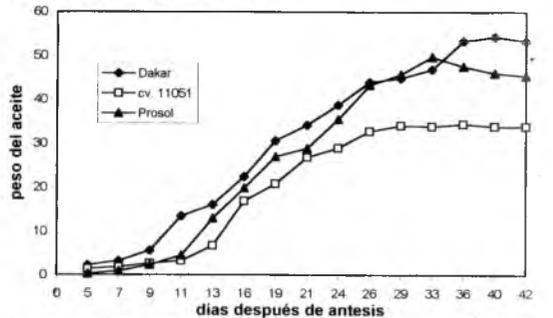


Figura 6. Peso del aceite del embrión de 3 cultivares de girasol (mg)

### DISCUSION

El momento de aparición y el mecanismo de formación de oleosomas durante el desarrollo del embrión ha sido estudiado en colza, mostaza y maíz (Murphy *et al.*, 1989; Murphy, 1990; Tzen *et al.*, 1993). En colza el inicio en la acumulación de aceite ocurre a las 2 semanas después de la antesis y alcanza un máximo a las 8 semanas; por otro lado, el almacenamiento de proteínas comienza a las 5 semanas alcanzándose el máximo a las 9 semanas (Murphy, 1990). En girasol el aceite aparece 1-2 semanas después de antesis y el máximo se alcanza a las 3-4 semanas.

Las observaciones muestran que a partir de los 10-12 días después de antesis d.d.a. y hasta los 25 días después de antesis d.d.a. el incremento en la formación de aceite es muy marcado, en coincidencia con lo descrito por Garcés y Mancha (1989). Esto da apoyo a la primera de las hipótesis planteadas, según la cual el proceso de acumulación de aceite se inicia en un momento similar entre variedades, pero con una tasa de síntesis diferente en cada variedad. Estas desigualdades, sin embargo, explican sólo en parte las diferencias entre variedades en el contenido de aceite del grano maduro, ya que el porcentaje final de lípidos en el embrión oscila sólo entre el 60% y el 68%. El mayor peso relativo del pericarpo de las variedades que contie-

nen 58%, 45% y, sobre todo, en la que contiene 30%, redujo significativamente el porcentaje de aceite en el grano, al estar contenido el embrión en una cubierta protectora comparativamente más gruesa.

### CONCLUSIONES

Se observan diversos patrones de acumulación de oleosomas, basados en la existencia de distintas tasas de síntesis de aceite y relacionados con el contenido final de aceite del grano. Las diferencias intervarietales así generadas se amplían, en la escala de grano completo, debido a la presencia de mayores relaciones peso embrión/ peso del grano en las variedades con contenidos de aceite 58% y 45% que en la variedad con 30% de aceite.

### AGRADECIMIENTOS

La empresa Vanderhave Argentina S.A. posibilitó las mediciones de contenido de aceite, A.J. Hall y D. Medan brindaron apoyo y asesoramiento en diferentes etapas del trabajo,

C. Rousseaux colaboró durante el trabajo de campo, y la Universidad de Buenos Aires proveyó el financiamiento a través del proyecto UBACyT AG-032.

### BIBLIOGRAFIA

- BEWLEY, J. D. and M. BLACK 1985. Seeds. Physiology of development and germination. New York: Plenum Press.
- GARCÉS, R. and M. MANCHA 1989. Oleate desaturation in seeds of two genotypes of sunflower. *Phytochemistry* 28: 2593-2595.
- HARRIS, H. C.; J. R. McWILLIAM and W. K. MAON 1978. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 1203-1212.
- HUANG, A. H. 1992. Oil bodies and oleosins in seeds. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43, 177-200.
- MURPHY, D.; Y. CUMMINS and A. S. KAND 1989. Synthesis of the major oil-body protein in developing rapeseed (*Brassica napus*) embryos. *Biochem. J.* 258: 285-293.
- MURPHY, D. J. 1990. Storage lipid bodies in plants and other organisms. *Progr. Lipid Res.* 29: 299-324.
- SOROKIN, H. P. 1967. The spherosomes and the reserve fat in plant cells. *Amer. J. Bot.* 54: 1008-1016.
- TZEN, J. T. C., Y. CAO, P. LAURENT, C. RATNAYAKE and A. H. HUANG 1993. Lipids, proteins and structure of seed oil bodies from diverse species. *Plant Physiol.* 101: 267-276.