

ANATOMÍA E HISTOQUÍMICA DE LA SEMILLA DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) CRIOLLO MEXICANO

ANATOMY AND HISTOCHEMISTRY OF THE MEXICAN CACAO (*Theobroma cacao* L.) SEED

Ma. Alma Rangel-Fajardo¹, Hilda A. Zavaleta-Mancera^{2*}, Leobigildo Córdova-Téllez¹, Alejandro P. López-Andrade³, Adriana Delgado-Alvarado⁴, Ignacio Vidales-Fernández⁵ y Ángel Villegas-Monter¹

¹Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad y ²Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo de México. ³Campo Experimental Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas. 86400, Huimanguillo, Tabasco, México. ⁴Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera México-Puebla. 72760, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. ⁵Campo Experimental Uruapan, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Latinoamericana 1101, Col. Revolución. 60150, Uruapan, Michoacán, México.

*Autor para correspondencia (arazavaleta@yahoo.com)

RESUMEN

El presente estudio contribuye al conocimiento del ovulo, saco embrionario, anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) mexicano criollo 'Carmelo' y la relación de tales características con la recalcitrancia. Muestras de flores en antesis y semillas en desarrollo se procesaron para observaciones anatómica (teñidos con safranina y verde fijo) e histoquímicas de lípidos, proteínas, almidón y taninos. Se encontró que el óvulo es anátropo, crasinucelado y bitégmico, con endospermo nuclear, caracteres que han sido asociados con la recalcitrancia en 45 familias de dicotiledóneas. El tegumento interno (ti) forma un endostomo y exostomo no alineados. El saco embrionario presenta tres antípodas, dos sinérgidas, una ovocélula y una célula central binucleada. Después de la fecundación se forman ramas postcalazales que penetran el tegumento externo. El tegumento interno en antesis (dos a tres estratos) se engrosa al inicio del desarrollo (ocho a 10 estratos en semillas de 1 cm), pero luego se colapsa. El tegumento externo (tres a cuatro estratos en antesis) es multiplicativo; la mesotesta se divide (25 a 27 estratos) y luego se colapsa parcialmente. Los sacos de mucílago de la testa se originan de las células debajo de la exotesta. La pulpa del fruto se mantiene adherida a la exotesta, carácter asociado con la recalcitrancia de la semilla. El embrión presenta un crecimiento retardado, el estado globular (40 µm) está presente en semillas de 1 cm de largo. Los cotiledones jóvenes son foliosos y rectos (semillas de 1.5 cm), hacia la madurez se engrosan y pliegan sobre el eje embrionario. El endospermo se reduce a dos estratos en la madurez. Los cotiledones inician la acumulación de almidón y proteína en semillas de 1.5 cm (Etapa VI: frutos de 21.0 a 23.9 cm); los lípidos se acumulan cuando los cotiledones se pliegan, Etapa VII (frutos de 21.0 a 23.9 cm); y los taninos se acumulan en idioblastos hacia el final del desarrollo.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, Sterculiaceae, anatomía de semilla, histoquímica.

SUMMARY

The present research contributes knowledge of the embryo sac, seed anatomy and histochemistry of the Mexican cacao (*Theobroma cacao* L.) cv. 'Carmelo', and the relationship of these traits to seed recalcitrance. Flowers in anthesis and developing seeds were processed for anatomical (safranin and fast green) and histochemical evaluations of starch, lipids, proteins and tannins. It was found that the ovule is anatropous, crassinucellate and bitegmatic with nuclear endosperm, characteristics significantly associated with recalcitrance of 45 dicotyledon families. The incipient growth of the inner tegument forms an endostome and exostome out of alignment. The embryo sac is formed by three antipodal cells, two synergids, one egg cell and one binucleated central cell. The inner integument (two to three layers) becomes thicker at the beginning of development (eight to 10 layers in 1 cm seeds), but afterwards it collapses. The outer integument (three to four layers at anthesis) is multiplicative; the mesotest divides (25 to 27 layers), and then it partially collapses. Mucilage sacs of testa originate from hypodermal cells of the exotesta. The fruit flesh is maintained attached to the testa, a trait associated to recalcitrance. The embryo shows a late growth, and the globular stage (40 µm) is present in seeds of 1 cm. Young cotyledons are straight and foliar (1.5 cm seeds), but at maturity they are thick and folded over the embryo axis. The endosperm is reduced to two layers at maturity. Cotyledons start to accumulate starch and proteins in seeds of 1.5 cm (Stage VI: fruits of 21.0 to 23.9 cm); lipids start when cotyledons folds (Stage VII: fruits of 21.0 to 23.9 cm), and tannins accumulate in idioblasts at the end of seed development.

Index words: *Theobroma cacao*, Sterculiaceae, seed anatomy, histochemistry.