ONTOGENIA DE LA SEMILLA DE *YUCCA PERICULOSA* (AGAVACEAE)

EDUARDO GARCÍA-VILLANUEVA Y E. MARK ENGLEMAN

Especialidad de Postgrado en Fruticultura y Botánica, Colegio de Postgraduados
56230 Montecillo, Estado de México, México. e.mail: egarciav@colpos.colpos.mx

Resumen. Las semillas de algunas especies de *Yucca* han sido estudiadas por Arnott y Horner. Ellos se refieren principalmente al estado maduro y afirman que el tejido de reserva extraembrionario es un perispermo. En el presente trabajo se muestran evidencias ontogénicas de que se trata de un endospermo con desarrollo de tipo nuclear. La forma de la semilla se aproxima a un prisma triangular de poco menos de 1 cm de longitud, es de color negro y el surco de la rafe se observa fácilmente. La cubierta seminal deriva únicamente del tegumento externo. La pared periclinal externa de la exotesta aparece heterogéneamente engrosada. La mesotesta y endotesta proliferan desigualmente hacia el interior de la semilla formando un ruminado en el endospermo. Hacia la madurez, desaparecen los derivados del tegumento interno ocasionando la fusión de la cutícula intertegumentaria con la tegmen-nucelar; éstas aportan información ontogénica valiosa, debido a su persistencia aún cuando el tejido que las originó hubiere desaparecido. El embrión acelera su desarrollo a las 10 semanas después de antesis, es cilíndrico, plegado en forma de 'S' y sus dos tercios calazales corresponden al cotiledón.

Palabras clave: Izote, *Yucca*, Agavaceae, ontogenia, semilla, perispermo, endospermo y testa.

Abstract. Seeds of several *Yucca* species have been studied by Arnott and Horner. They mainly studied the mature condition and stated that the extra-embryonic food reserve tissue is a perisperm. This paper provides ontogenic evidence that this tissue is an endosperm with nuclear development type. The seed shape is nearly a triangular prism less than 1 cm long, black color and the raphe groove is conspicuous. The seed coat is derived exclusively from the outer integument. The exotesta external periclinal cell wall appears with irregular thickness. Both mesotesta and endotesta grow irregularly inward the seed conferring to the endosperm a ruminant appearance. Toward seed maturity, the inner integument tissues disappear, thus fusion between intertegumentary and tegmen-nucellar cuticles occurs; valuable ontogenic information is showed by the cuticles, due to its persistence in spite of its generative tissue disappearance. The embryo development increases until 10 weeks after anthesis, it is cylindric, folds like "S" and two thirds of its chalazal length correspond to the cotyledon.

Key words: Izote, *Yucca*, Agavaceae, ontogeny, seed, perisperm, endosperm, testa.

Yucca periculosa Baker pertenece a la familia Agavaceae dentro del orden Liliales de la clase Liliopsida (Cronquist, 1981). El 62% de las especies del género se encuentra en México (Orta, 1980) con 29 especies que habitan principalmente en las zonas áridas y semiáridas (Matuda y Piña, 1980). Arnott (1962), Horner (1963), Arnott y Horner (1964) y Horner y Arnott (1964ab; 1965 y 1966) realizaron estudios anatómicos de la semilla, de la germinación, la plántula y el tejido de reserva extraembrionario en especies del género *Yucca* que habitan en el sur de los Estados

Unidos. Aunque éstos son los más completos que se han hecho, no se incluyen muchas de las especies mexicanas y se hace poca referencia a la ontogenia.

Para Webber (1953) *Yucca periculosa* Baker, presenta semillas de forma ovalada, aplanada y gruesas; testa de superficie rugosa; sin ala marginal y con abundante "endospermo" córneo. Maksimov y Volokitin (1990) han señalado la importancia del fruto y de la semilla en la identificación de diez especies de *Yucca*, pero sólo considerando características morfológicas del estado maduro.

Figura 1. Esquema de la morfología externa e interna de la semilla madura. 7 x. **A** Vista externa principal de una de las dos caras planas, se aprecian las arrugas de la testa. Los tres planos principales de corte son: 1] mediano, 2] transmediano y 3] transversal. **B** Vista de la rafe. **C** Vista calazal mostrando la extensión interna de la calaza. **D** Corte mediano. **E** Corte transmediano. **F** Corte transversal. (CA = caliptra, CO: cotiledón, CZ = calaza o región calazal, CH = células corchosas de la calaza, ED = endospermo, Em = embrión, LC = laguna calazal, MH = región hilo-micropilar, RA = rafe, RM = reborde marginal, RT = retículo de arrugas en la testa, RU = pliegue ruminaldo, T = testa, TV = tejido vascular).

Cubierta seminal. Netolitzky (1926) encontró que las semillas de las Liliaceae (incluyendo *Yucca*) derivan de óvulos anátropos, bitégmicos, con exotesta bien desarrollada y con un tegmen de dos estratos. En algunas especies de monocotiledóneas se han observado taninos en el endotegmen (Di Fulvio y Cave, 1964 y Swamy y Krishnamurthy, 1970).

Por otra parte, Arnott (1962) concluyó que la cubierta seminal de *Yucca* presenta exotesta y mesotesta. La primera consta de un estrato de células epidérmicas, hexagonales, pigmentadas de negro y con pared periclinal externa muy engrosada. La segunda consta de 15 a 20 estratos de células parenquimáticas, alargadas, aplanadas y con protoplasto desintegrado.

En *Yucca*, el hilo separa la semilla de la placenta (no hay funículo); aparece como una cicatriz blanquecina donde se interrumpe la exotesta, puede ser elíptico u ovalado y con un orificio central asociado al tejido vascular entrante. La rafe contiene el haz vascular asociado a un espacio intercelular denominado laguna (Arnott, 1962).

La cálaza madura tiene seis estratos de células corchosas, aplastadas, con paredes delgadas y contenido denso; estas células ocupan un área grande entre el tejido de reserva y la laguna del haz vascular (Arnott, 1962).

Cutículas. Las cutículas se asocian con superficies epidérmicas de tal manera que, en semillas bitégmicas hay cuatro posibles ubicaciones: la externa, la intertegumentaria, la tegmen-nucelar y la del embrión. Netolitzky (1926) y Koul *et al.* (1976) observaron la presencia de la cutícula externa y la ausencia de la intertegumentaria, en algunas liliáceas.

Pliegues ruminados y tejido de reserva extraembrionario. Cuando la cubierta seminal se pliega hacia el interior de la semilla se forma un endospermo ruminado. En *Yucca*, cada pliegue se forma a partir de crecimientos heterogéneos del parénquima de la testa (Arnott, 1962). El endospermo ruminado puede provocar una superficie externa rugosa de la semilla y se ha observado en 32 familias de angiospermas (Bhojwani y Bhatnagar, 1978).

La nucela es consumida comúnmente por el saco embrionario o por el endospermo en desarrollo. Cuando la nucela almacena sustancias de reserva y perdura en la semilla, se le denomina perispermo (Bhojwani y Bhatnagar, 1978). Arnott (1962) y Horner y Arnott (1964ab; 1965; 1966) consideraron que en la semilla madura de *Yucca* el tejido extraembrionario de reserva está constituido por una nucela persistente; no obstante, mencionaron que en estados inmaduros, están presentes tanto el endospermo

como el perispermo. Este tejido de reserva es blanquecino, coriáceo, aceitoso y ocupa la mayor parte del volumen interno de la semilla; sus paredes celulares son engrosadas y las constituyen polisacáridos no celulósicos (Arnott, 1962; Horner, 1963). Sin embargo, Netolitzky en 1926 ya había hallado un endospermo abundante junto a restos de nucela hacia la cálaza en las semillas maduras de las liliáceas sin hacer referencias ontogénicas.

Con base en lo anterior, la presencia de perispermo en las liliáceas (donde se incluyó a las agaváceas actuales) parece no estar bien fundamentada sobre todo en *Yucca*. Y la tendencia general es considerar al endospermo como el tejido de reserva extraembrionario de las semillas de las monocotiledóneas (Netolitzky, 1926; Koul *et al.*, 1976 y Cronquist, 1981).

El tipo de desarrollo nuclear del endospermo, que aparece en muchas monocotiledóneas, presenta un estado inicial de núcleos libres. Posteriormente ocurre la citocinesis y finalmente la formación, y a veces el engrosamiento, de su pared celular primaria (Brink y Cooper, 1947).

El presente trabajo describe el origen y desarrollo de las diferentes partes de la semilla de *Yucca periculosa* y discute la importancia de algunas de ellas, aclarando las discrepancias ontogénicas de su tejido de reserva extraembrionario.

Materiales y métodos

El lugar donde se localiza esta especie pertenece al municipio de Guadalupe Victoria, estado de Puebla, a una altitud de 2350 m (García de Miranda y Falcón de Gyves, 1980). La vegetación del lugar corresponde a un izotal en transición con un bosque de escuamifolios (Ramos y González, 1972).

Se recolectaron flores en antesis (semana cero) de *Yucca periculosa* Baker a principios de junio y frutos con 5.0, 9.5, 10.8, 11.5 y 15.0 (mediados de septiembre) semanas de desarrollo. Después se recolectaron semillas maduras en octubre 10 (18.5 semanas). Las fechas de recolecta se seleccionaron con base en los cambios morfológicos externos del fruto como tamaño, color y dureza principalmente. El material provino de las infrutescencias de cinco individuos de la misma población.

Los óvulos, rudimentos seminales y semillas maduras fueron fijados en Craf III, incluidos en parafina (Berlyn y Miksche, 1976) y cortados a 13 µm en los planos mediano, transmediano (Corner, 1976) y transversal (figura 1D, E y F). Se usaron las siguientes tinciones: safranina-verde fijo (para estudiar la anatomía general), ácido peryódico-reactivo de Schiff (APS, para detectar polisacáridos; Jensen, 1962) y rojo O de aceite

Figuras 2 a 5. Óvulo en antesis y estructura de la testa. 2] Sección transmediana del óvulo en antesis (vista parcial). 290 x. 3] Sección mediana de semilla con 9.5 semanas de desarrollo que muestra la exotesta. Se aprecian regiones tenues alternadas con otras densas en la pared engrosada. 1600 x. 4) Esquema de la estructura celular de la exotesta en la semilla madura; A] vista anticlinal externa y B] vista periclinal mediana. 2100 x. 5] Sección transversal de testa de semilla madura en la antirrafe. 330 x. (C = región de la cutícula engrosada, CZ = cálaza o región calazal, ED = endospermo, Ge = epidermis externa del tegumento interno, Gi = epidermis interna del tegumento interno, Lm = región de la lámina media, LU = lumen celular, M = micrópilo, N = nucela, Ne = epidermis nucelar, Pa = pared anticlinal, Pp = pared periclinal engrosada, SE = saco embrionario, Td = epidermis interna del tegumento externo, Tm = parénquima interepidérmico del tegumento externo, Tx = epidermis externa del tegumento externo).

(para teñir cutículas y súber). También se hicieron cortes a 15 μm de la semilla madura remojada durante 15 minutos en etanol 70% para observar el pigmento de la cubierta seminal y teñir los lípidos de reserva (con rojo O de aceite).

Resultados

Generalidades. La semilla madura de *Y. periculosa* deriva de un óvulo anátropo, bitégmico y crasinucelar. Es de color negro mate y presenta simetría bilateral debido a la rafe que aparece en uno de sus costados. Su forma general es aproximada a un prisma triangular más largo (7.6 ± 0.64 mm) que ancho (6.7 ± 0.59 mm) y con un grosor de 3.0 ± 0.50 mm (promedio de 100 observaciones). Las semillas son globulares cuando no están flanqueadas por otras, esto ocurre en los extremos del fruto o cuando hay aborto del rudimento seminal adyacente. Presentan arrugas reticulares superficiales que se relacionan con los pliegues ruminados y unos rebordes marginales pequeños circundan ambas caras planas (figura 1A, B y C).

Cubierta seminal y pliegues ruminados. La cubierta de la semilla madura deriva del tegumento externo (el interno desaparece), la rafe y la cálaza. Nunca se observó una cutícula externa.

El tegumento externo del óvulo en antesis presenta: epidermis externa que consta de un estrato celular, parénquima interepidérmico de más de cuatro estratos y epidermis interna de uno; de tal manera que sus derivados en la semilla son: exotesta, mesotesta y endotesta, respectivamente (figura 2).

La exotesta, en antesis, presenta células cuadrangulares, con núcleos prominentes y paredes delgadas. 9.5 semanas más tarde, su pared periclinal externa engrosa, mientras que la periclinal interna y el tercio más interno de las anticlinales quedan delgadas. En esta etapa hay taninos condensados en las vacuolas. El lumen se prolonga en forma de cono en el centro de la pared engrosada que tiñe heterogéneamente con verde fijo (figura 3). En la semilla madura, la pared periclinal externa de la exotesta permanece engrosada, externamente es convexa (con una pequeña depresión en el área de la lámina media), ocupa dos tercios del volumen celular y es negra (figura 4). No hay pigmentos en sus regiones periférica y central (figura 4), éstos provienen probablemente del contenido vacuolar. Por lo tanto, el aspecto superficial de la semilla es opaco y los surcos reticulados asociados al endospermo ruminado, le confieren su aspecto rugoso (Arnott 1962; figura 1D, E y F).

La mesotesta en el rudimento seminal muy próximo a la antesis tiene cinco estratos, luego prolifera

hasta diez aproximadamente (figura 2). La mesotesta madura constituye la mayor parte del grosor de la cubierta seminal y de los pliegues ruminados (figuras 5 y 6); las células que la constituyen permanecen parenquimáticas, la mayoría son alargadas en el sentido cálaza-micrópilo (figuras 5 y 6).

La endotesta es unistratificada en el óvulo (figura 2). La formación de los pliegues ruminados se inicia cinco semanas después de antesis, mediante la proliferación localizada de mesotesta y endotesta. Luego (11.5 semanas después de antesis), la endotesta presenta divisiones celulares periclinales, anticlinales y oblicuas para formar los estratos periféricos de los pliegues ruminados (figuras 7 y 8). Al principio, la nucela ocupa los espacios entre las invaginaciones, posteriormente, el pliegue ruminado está en contacto sólo con el endospermo que en la madurez, aplasta al estrato más interno del pliegue. Las células proliferadas de la endotesta y de la mesotesta tienen características similares en la madurez, de tal manera que se confunden en los pliegues. En la semilla madura, los pliegues ruminados son un conjunto de placas rectangulares, simples o ramificadas que se proyectan en todos sentidos hacia el interior (figura 6).

Tegmen y cutículas. El tegumento interno del óvulo consta de dos estratos: epidermis externa e interna (figura 2). Estas conformarán exotegmen y endotegmen respectivamente; sus paredes celulares permanecen delgadas. El exotegmen presenta células isodiamétricas y entre éste y la endotesta se localiza una cutícula intertegumentaria. El endotegmen, a las 9.5 semanas de desarrollo, presenta taninos condensados en la vacuola de cada célula, éstos aparecen rojizos con la tinción de safranina y verde fijo. El tegmen del pliegue ruminado está aplastado y desaparece en la madurez (figuras 6 y 8).

Entre el endotegmen y la nucela aparece la cutícula tegmen-nucelar. En la madurez, al desaparecer el tegmen, las cutículas intertegumentaria y tegmen-nucelar se fusionan. La cutícula engrosada resultante delimita toda la superficie ruminada del endospermo; la tinción con rojo O de aceite permitió reconocerla (figura 5). Los taninos condensados del endotegmen permanecen dentro de esta cutícula doble (figura 9).

Micrópilo. En el micrópilo del óvulo, el tegumento externo sobrepasa al interno y es de la misma longitud que el saco embrionario en corte mediano (figura 2). Hacia la madurez de la semilla, la posición del micrópilo solamente se infiere a partir de la orientación de la radícula y del adelgazamiento de la testa (figura 1D y E).

Figuras 6 a 9. Detalles de la testa y del endospermo en rudimentos seminales con diferente grado de desarrollo. 6] Corte transversal de semilla madura, vista de la rafe. 77 x. 7] Corte mediano de una semilla con 11.5 semanas de desarrollo, vista parcial de la testa en un pliegue que comienza. 190 x. 8] Corte transmediano de una semilla con 9.5 semanas de desarrollo. Obsérvese al endospermo sustituyendo a la nucela entre dos pliegues ruminados 97 x. 9] Plano mediano de una semilla con 11.5 semanas de desarrollo en el límite de la cálaza. 270 x. [C = región de la cutícula engrosada, Ci = cutícula intertegumentaria, Ctn = cutícula tegmen-nucelar, Cz = cálaza, CH = células corchosas de la cálaza, ED = endospermo, G = restos de tegmen, Gd = endotegmen (con taninos), Gx = exotegmen, L = laguna del haz vascular, N = restos de nucela, Ne = epidermis nucelar, RU = pliegue ruminado, Td = endotesta, Tm = mesotesta].

Hilo. En la semilla madura, el hilo es la zona de abscisión que aparece en su parte más aguda (región micropilar) como una cicatriz blanca. En el hilo la exotesta se interrumpe y el tejido vascular del fruto entra a la rafe.

Rafe. La estructura joven y madura de la rafe es similar a la descrita para el resto de la cubierta seminal. La única diferencia es la presencia de tejido vascular que recorre la rafe hasta más allá de la cálaza (figuras 1A y D).

Cálaza. A las 9.5 semanas de desarrollo de la semilla, la cálaza presenta los siguientes componentes de afuera hacia adentro: exotesta, mesotesta pluriestratificada, tejido vascular, células corchosas (súber) con taninos en su interior (alrededor de seis estratos: sus paredes tiñen con APS y con rojo O de aceite) y células parenquimáticas como las de la nucela (tres estratos, figura 9). En la semilla madura, la cálaza se identifica por la discontinuidad de las dos cutículas en el plano mediano y la aparición de una laguna entre las células de corcho y el tejido vascular. Probablemente se trata de un espacio intercelular de tipo esquizógeno ya que no se encontraron restos celulares asociados. Las células corchosas de la cálaza quedan en contacto con el endospermo (figuras 1D y E). En los límites de la cálaza, las dos cutículas rodean a los restos del tegmen. La cálaza se encuentra en el lado ancho de la semilla opuesto a la región hilo-micropilar (figura 1A). Los rebordes circundantes formados de exotesta y mesotesta, se observan en las secciones transmediana y transversal (figuras 1B, C, E y F).

Nucela. Una nucela pluristratificada protege al saco embrionario (figura 2). Después de la antesis, las células de la epidermis nucelar se alargan en sentido anticlinal (sentido de los pliegues, hacia adentro de la semilla). Luego (9.5 semanas más tarde), con divisiones anticlinales, la nucela recubre los pliegues ruminados en desarrollo; la epidermis nucelar presenta taninos como el endotegmen (figura 8).

A medida que la semilla se desarrolla, las células internas de la nucela se multiplican para ocupar los espacios entre los pliegues ruminados. La proliferación de la nucela mantiene la forma de la semilla conforme ésta crece, ya que el crecimiento del endospermo es más tardío. La nucela se mantiene con paredes delgadas, sin sustancias de reserva y finalmente, ante el crecimiento del endospermo, desaparece con citólisis (figura 8).

Endospermo. La etapa cenocítica del endospermo se presenta todavía en semillas de cinco semanas de

desarrollo. En este momento, el saco embrionario ocupa una pequeña porción central de la nucela. Posteriormente, a las 18 semanas (cuando la semilla casi ha alcanzado su tamaño final), el endospermo sufre citocinesis en todos los planos desde el micrópilo hasta la cálaza, y comienza a substituir a la nucela entre los pliegues. Presenta paredes delgadas y protoplasma denso (figuras 8 y 9). En la madurez, el endospermo presenta paredes engrosadas de polisacáridos no celulósicos, que se tiñen de rosa intenso con APS, y cuenta con punteaduras simples y rebordadas. Cada célula tiene gotas de aceite y cuerpos protéicos (figuras 10 y 11).

Embrión. El desarrollo del embrión es tardío. Cinco semanas después de la antesis se encuentra como proembrión de aproximadamente 26 células y sin suspensor. Crece intensamente al mismo tiempo que el endospermo alrededor de las 10.8 semanas después de antesis. Hacia el micrópilo aparece la caliptra y el meristemo radicular. La plúmula se localiza hacia el tercio micropilar de la semilla y hacia los dos tercios calazales se encuentra el cotiledón (figuras 1E y 11).

El embrión maduro es aproximadamente cilíndrico, con 7.4 ± 0.61 mm de longitud y un ancho, a nivel de la plúmula, de 1.2 ± 0.51 mm. Ocupa la porción media de la semilla, plegándose un poco en forma de 'S' (figuras 1E y 11).

Discusión

Las características morfológicas de la semilla madura cobran mayor importancia sobre todo cuando se cuantifican; de esta manera se pueden comparar objetivamente las semillas de diferentes especies para establecer los parámetros que ayuden a identificarlas. Los rasgos morfológicos de *Y. periculosa* concuerdan con lo mencionado por Webber (1953), aunque sólo de manera general ya que este autor no incluyó mediciones.

Seguramente Netolitzky (1926) se refirió al engrosamiento heterogéneo de la pared celular periclinal externa de la exotesta (figuras 3 y 4) cuando dice que está bien desarrollada en las liliáceas donde incluyó a *Yucca*. Arnott (1962) señaló la ausencia de endotesta en las semillas de las especies de *Yucca* que estudió. Sin embargo, en *Y. periculosa* se encontró que la endotesta forma la mayor parte de los pliegues ruminados. Su persistencia fue señalada por Netolitzky (1926). Debido a que las características celulares de la mesotesta y de la endotesta son similares, sólo se pueden distinguir por la genealogía de sus células.

La ausencia de tegmen en la semilla de *Y. periculosa* concuerda con lo señalado por Arnott (1962) para

Figuras 10 y 11. Semilla madura. **10]** Corte mediano mostrando el contenido del endospermo. 740 x. **11]** Corte transmediano, zona micropilar. 47 x. (CL = cuerpo lipoideo (gota de saceite), CP = cuerpo protéico, Em = embrión, LM = región de la lámina media, LU = lumen celular, M = micrópilo, Pe = pared primaria engrosada de polisacáridos no celulósicos del endospermo, Pu = punteaduras, RM = reborde marginal, RU = pliegue ruminado, Tm = mesotesta, Tx = exotesta).

otras especies del género. El endotegmen en estados inmaduros presenta taninos igual que otras monocotiledóneas (Netolitzky, 1926; Di Fulvio y Cave, 1964 y Swamy y Krishnamurthy, 1970). El estudio de la cálaza es muy importante sobre todo en la semilla madura (Netolitzky, 1926) ya que en esta región se observaron restos de nucela, tegmen y las dos cutículas que no se detectan en el resto de la semilla. Nunca se observó una cutícula externa, en contraste con lo encontrado por Netolitzky (1926) y Koul *et al.* (1976) en otras liliáceas donde incluyeron a *Yucca*.

La persistencia de las cutículas internas en *Y. periculosa*, aún después del colapso del tejido que les dio origen, constituye un buen indicio para la reconstrucción ontogénica. Las cutículas señalan el límite más preciso entre los derivados del óvulo en la semilla (Netolitzky, 1926; Koul *et al.*, 1976). La ausencia de alguna de las cutículas (Koul *et al.*, 1976), intertegumentaria o tegmen-nucelar, que se ha encontrado en otras liliáceas (según Netolitzky donde incluye a *Yucca*) se puede deber a la fusión de ambas como consecuencia de la desaparición del tegmen observada en *Y.*

periculosa. Es muy probable que las células corchosas de la cálaza estén en todas las especies del género (Arnott, 1962). Además Netolitzky (1926) señaló su presencia en varios miembros de Liliaceae. Su función es darle a la semilla la protección que le falta en esta región, debida a la ausencia de cutículas.

La nucela es sustituida por el endospermo hacia el final del desarrollo de la semilla y nunca almacenó sustancias de reserva; por eso no se le llamó perispermo. El tejido de reserva extraembrionario en la especie estudiada es un endospermo con tipo de desarrollo nuclear (Brink y Cooper, 1947). Esto contrasta con lo señalado por Arnott (1962) y Horner y Arnott (1964a, b) en cuanto a un supuesto perispermo existente en las (aproximadamente veinte) especies que estudiaron del género *Yucca*. Por otra parte, Netolitzky (1926) ya había señalado que las liliáceas poseen endospermo, concordando con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Mayores detalles sobre la formación del endospermo y la desaparición de la nucela pueden ser consultados en García-Villanueva (1986). Las reservas en forma de gotas de aceite,

cristales protéicos y el polisacárido no celulósico de la pared engrosada del endospermo, constituyen el alimento disponible para el desarrollo del embrión durante la germinación.

Es complicado interpretar la ontogenia del tejido de reserva extraembrionario de *Y. periculosa* por tres razones: 1] una nucela muy desarrollada (de varios estratos celulares) persiste durante mucho tiempo durante la ontogenia de la semilla, 2] hay un desarrollo tardío del endospermo y del embrión en relación con el tamaño de la semilla y 3] la nucela es sustituida por el endospermo entre los pliegues ruminaados hacia el final del desarrollo.

La forma en la que aparecen los pliegues ruminaados en *Y. periculosa*, ha sido descrita por Bhojwani y Bhatnagar (1978). Es probable que sea una característica común en algunos géneros de Liliaceae (Netolitzky, 1926).

Agradecimientos

Al Dr. Lauro López Mata por su ayuda en la recolección del material. Al pasante de Ing. Agr. Maximino Hernández Martínez por la hospitalidad y solidaridad recibidas por el primer autor durante el tiempo que duró la investigación. Al Sr. Miguel Vega Zuñiga por su asistencia en la microtecnia. Al Sr. Masahiro Tanikawa Ishiware por su ayuda en la parte fotográfica y a la Srita. Ma. Antonieta Gallegos Alvarado por su labor en la captura del escrito.

Literatura citada

Arnott H.J. 1962. The seed, germination and seedling of *Yucca*. University of California Publications in Botany 35:1-164.

Arnott H.J. y Horner H.T. 1964. The ultrastructure of *Yucca* seed germination. II. Embryo. *American Journal of Botany* 51:667.

Berlyn G.P. y Miksche J.P. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Iowa State Univ. Press, Ames.

Bhojwani S.S. y Bhatnagar S.P. 1978. *The embryology of angiosperms*. 3a. Ed. Vikas Publishing House, New Delhi, India.

Brink R.A. y Cooper D.C. 1947. The endosperm in seed development. *Botanical Review* 13:423-541.

Corner E.J.H. 1976. *The seeds of dycotyledons*. 2 Vol. Cambridge University Press, London.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press. New York.

Di Fulvio T.E. y Cave M. S. 1964. Embryology of *Blandfordia nobilis* Smith (Liliaceae), with special reference to its

taxonomic position. *Phytomorphology* 14:487-499.

García de Miranda E. y Falcón de Gyves Z. 1980. *Atlas, nuevo atlas porrúa de la República Mexicana*. 5a. Ed. Porrúa. México.

García-Villanueva E. 1986. Anatomía de la semilla madura de *Yucca periculosa* Baker (Agavaceae) y ontogenia de su tejido de reserva. Tesis, Biólogo. UNAM. México.

Horner H.T. 1963. Anatomy of reserve food tissue in some Agavaceous seeds. *American Journal of Botany* 50:662.

Horner H.T. y Arnott H.J. 1964a. The ultrastructure of *Yucca* seed germination: I. Perisperm. *American Journal of Botany* 51:667.

Horner H.T. y Arnott H.J. 1964b. A histochemical study of *Yucca* seed germination: Perisperm and embryo. *American Journal of Botany* 51:667.

Horner H.T. y Arnott H.J. 1965. A histochemical and ultrastructural study of *Yucca* seed proteins. *American Journal of Botany* 52:1027-1038.

Horner H.T. y Arnott H.J. 1966. A histochemical and ultrastructural study of pre and post-germinated *Yucca* seeds. *Botanical Gazette* 127:48-64.

Jensen W.A. 1962. *Botanical histochemistry. Principles and practice*. Freeman, San Francisco.

Koul A.K., Wafai B.A. y Wakhlu A.K. 1976. Studies on the genus *Gragea*. III. Sporogenesis, early embryogeny and endosperm development in hexaploid *Gragea stipitata*. *Phytomorphology* 26:255-263.

Maksimov A.P. y Volokitin Y.S. 1990. Politomic key for the determination of *Yucca* spp. introduced to the Crimean oblast (Ukrainian SSR, USSR) based on fruits (en ruso). *Rastit Resur*, 26:382-387. [Resumen No. 115366, Biol. Abstr. 1: 125. 1990]

Matuda E. y Piña L.I. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Serie Fernando de Alba, Colección Miscelánea Estado de México, Toluca.

Netolitzky F. 1926. Anatomie der Angiospermen-samen. *Handbuch der Pflanzenanatomie*. Borntraeger, Berlin.

Orta, A. 1980. Las *Yucca*: recurso natural del desierto. En: Centro de Investigaciones en Química Aplicada, Comisión Nacional de Zonas

Aridas. *Yucca*. Serie el desierto, Vol. 3. Saltillo, Coahuila, México. 135-143.

Ramos A.C. y González M.F. 1972. La vegetación de la zona árida veracruzana. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*. Universidad Nacional Autónoma de México. 43:77-100.

Swamy B. G. L. y K.V. Krishnamurthy. 1970. On the so-called endothelium in the monocotyledons. *Phytomorphology* 20:262-269.

Webber J.M. 1953. *Yuccas of the Southwest*. U. S. Department of Agriculture Monograph, num. 17, Washington, D. C.