

# **SEMILLAS DE HORTALIZAS**

**MANUAL DE PRODUCCIÓN**

**PATRICIA PEÑALOZA A.**



**EDICIONES UNIVERSITARIAS DE VALPARAÍSO  
DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO**

**Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las Leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.**

**© Patricia Peñaloza A., 2001  
Inscripción N° 118.901**

**ISBN 956-17-0316-5**

**Tirada de 350 ejemplares**

**Derechos Reservados**

**Ediciones Universitarias de Valparaíso  
de la Universidad Católica de Valparaíso  
Calle 12 de Febrero 187, Valparaíso  
Fono (32) 273087 - Fax (32) 273429  
E.mail: [euvsa@ucv.cl](mailto:euvsa@ucv.cl)  
Web: [www.ucv.cl/web/euv](http://www.ucv.cl/web/euv)**

**Edición revisada por: Jorge Barros C.  
Diseño Gráfico: Guido Olivares S.  
Diagramación: Mauricio Guerra P.  
Corrección de Pruebas: Osvaldo Oliva P.**

**Impreso en Salesianos Impresores S.A.  
Bulnes 19, Santiago de Chile**

**HECHO EN CHILE**

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>Aspectos Generales</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>Producción de Semillas de Pimiento</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>Producción de Semillas de Tomate</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>Producción de Semillas de Melón</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>Producción de Semillas de Sandía</b>	<b>95</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>Producción de Semillas de Pepino de Ensalada</b>	<b>103</b>
<b>CAPÍTULO VII</b>	<b>Producción de Semillas de Repollo, Coliflor y Brócoli</b>	<b>109</b>
<b>CAPÍTULO VIII</b>	<b>Producción de Semillas de Cebolla</b>	<b>121</b>
<b>CAPÍTULO IX</b>	<b>Producción de Semillas de Lechuga</b>	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO X</b>	<b>Producción de Semillas de Zanahoria</b>	<b>139</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>147</b>



## **Capítulo I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **FISIOLOGÍA DE LA FLORACIÓN**

##### **Descripción del proceso**

**Las plantas requieren cumplir ciertas fases en su desarrollo antes de florecer. La descripción siguiente es general en las especies, presentando variaciones individuales entre ellas:**

- Fase juvenil**

**Durante esta fase la planta crece vegetativamente y es insensible a los estímulos que promueven la floración. Este estado se puede definir más bien como el período fisiológico en el cual una planta no se puede inducir a florecer. En las especies leñosas es una etapa del desarrollo del vegetal muy importante, pues se forma básicamente la estructura de la planta y su duración está altamente correlacionada con la longevidad de la especie en particular.**

**En las especies herbáceas, es difícil determinar el período de juvenilidad, pero en bianuales se manifiesta de manera más clara ya que usualmente es cuando se forma una fase de roseta que coincide con una alta acumulación de reservas. El fin del período juvenil es específico y lo determina el genotipo, además puede ser afectado por características medioambientales. En algunas especies el fin de este estado se ha correlacionado con ciertos aspectos del crecimiento como pudiera ser el número de hojas o altura de la planta.**

- **Fase inductiva**

Es la fase en que la planta es sensible a los estímulos endógenos (hormonas) y exógenos (fotoperíodo, termoperíodo) que promueven la floración.

- **Fase de iniciación y diferenciación**

En esta fase se produce el cambio fisiológico y morfológico que conduce a la floración.

El proceso de floración está gobernado genéticamente, con la acción de enzimas y hormonas. El estudio de los genes y su rol sobre el momento de floración se ha estudiado con mutantes que ayudan a explicar las diferencias, los cuales afectarían los genes que controlan los factores endógenos y exógenos de la transición de la floración .

#### **Factores de inducción**

- **Inducción por efecto de la longitud del día**

El efecto del largo del día sobre la floración fue determinado hace varias décadas. Se utiliza un sistema de clasificación para las plantas, del siguiente modo:

- **Plantas de día largo:** Son aquellas que florecen a fines de primavera o verano y que requieren pasar por un período en el que las horas de luz superan las horas de oscuridad a la cual son expuestas.
- **Plantas de día corto:** Son aquellas que florecen en otoño e invierno y que requieren ser expuestas a condiciones de luz cuyas horas sean inferiores a las de oscuridad.
- **Plantas indeterminadas o de día neutro:** Son plantas que florecen en una amplitud de días variables, no requiriendo un fotoperíodo específico.
- **Plantas intermedias:** Corresponde a aquellas plantas que requieren como estímulo una similitud entre las horas de luz y las horas de oscuridad a la que son expuestas.

Los requerimientos pueden ser de tipo absolutos (cualitativos) o facultativos (cuantitativos) según la dependencia de cada vegetal a los requisitos inductivos.

La sensibilidad de las plantas a la calidad de la luz dependerá del ritmo circadiano. La importancia de la calidad de la luz en la floración es determinada por el mecanismo de percepción de luz, así la relación R (rojo):RL (rojo lejano) determina el estatus del fitocromo en la planta y su actividad.

- **Inducción por efecto de las temperaturas**

La floración puede ser promovida por la acción de temperaturas relativamente bajas, en este caso se usa el término vernalización. El requerimiento puede ser facultativo o absoluto, aun en un mismo género se puede encontrar que algunas especies son absolutas y otras facultativas.

La vernalización tiene un rango óptimo de temperatura para actuar en la mayoría de las plantas, requiriendo entre 6 y 10° C. Algunos plantean que la variación podría situarse entre -5 a 15° C, con un óptimo que variaría entre 1 a 7° C.

La duración del tratamiento de frío parece guardar relación con el estado en el cual las plantas son expuestas, requiriéndose en general mayor tiempo en la medida que las plantas son de mayor edad.

La vernalización puede ser revertida y no llegar a expresar la floración si las condiciones de frío son interrumpidas, ocurriendo una devernalización.

El estado fenológico en que las plantas son sensibles a la vernalización depende de la especie y la variedad en particular; se conocen casos en que las plantas son sensibles desde semilla. En algunas *Lactucas* el estado de roseta es fácilmente vernalizado; aunque la magnitud de la respuesta generalmente disminuye al aumentar la edad. En *Brassica oleracea* var *botrytis* la edad a la cual el vegetal es vernalizado afecta más bien al momento en el cual se expresa la floración y no al rendimiento o calidad de la etapa de reproducción.

**El efecto de la vernalización en las plantas se podría atribuir a que las bajas temperaturas inducirían la iniciación del ápice al provocar la inhibición del crecimiento de las hojas jóvenes; con lo cual reprimen las estructuras que demandan fotoasimilados favoreciendo su traslocación hacia el ápice. Se ha determinado un aumento de carbohidratos y del nitrógeno en el ápice meristemático durante el estado de iniciación floral.**

**El estímulo de la vernalización desencadena directa o indirectamente el cambio en la yema que vira de vegetativo a floral. Este estímulo se multiplica por sí mismo durante la división celular, como un gen o grupo de genes desreprimidos por el efecto del frío. Este es transmitido en la planta por la vernalina, que es una sustancia hipotética que ha sido posible de sustituir por giberelina en algunas especies.**

**Se plantea que la giberelina actúa como una hormona intermedia entre la percepción de la vernalización y la respuesta de las plantas. Se cuenta con contundentes antecedentes que permiten establecer que el efecto del frío en la promoción de la vernalización se podría reemplazar o complementar con el uso de hormonas.**

## **FLORACIÓN**

### **Morfología floral**

**El ritmo de desarrollo de una flor presenta ciertas características que se encuentran en estrecha relación con los procesos que tienen lugar durante la formación de las células sexuales como es la mitosis y meiosis.**

**Las flores se componen de diferentes estructuras, presentando una alta variación entre las especies, tanto en lo que se refiere a forma, como a la presencia de las partes. En la naturaleza se puede observar una gran diferencia, lo que se traduce posteriormente en su funcionalidad.**

**Las partes que componen las flores son cáliz o sépalos, corola o pétalos, gineceo y androceo.**

**Las flores pueden encontrarse solas o agrupadas en inflorescencias.**

**Todas las partes de la flor poseen un sistema vascular que lo conecta**

con la planta. Los elementos vasculares de las flores son comparables a los de las hojas. Los sépalos, pétalos y carpelos poseen sistema vascular ramificado, lo cual es poco frecuente en los estambres.

- **Cáliz**

Corresponde a la estructura formada por los sépalos, son hojas modificadas cuya función es proteger la flor. Normalmente no poseen estructuras secretoras. Los sépalos son la estructura más flexible en cuanto a su presencia pudiendo incluso estar ausente. Son generalmente verdes.

- **Corola**

Corresponde al conjunto de pétalos, cuya función es atraer a los insectos, por lo cual están dotados de colores, texturas o fragancias, por ello presentan una mayor variedad de formas que el cáliz. Tienen una corta longevidad y escasas fuentes de reservas energéticas, el sistema vascular es sencillo y se compone de diferentes haces ramificados.

El color se debe a la presencia de cromoplastos o pigmentos en el jugo celular, siendo modificado normalmente por ácidos u otros compuestos; en pétalos jóvenes es posible la presencia de almidón. Los aceites volátiles que producen la fragancia se encuentran usualmente en las células epidérmicas.

La corola abscisiona después del período de fecundación y suele ser más rápido con condiciones de viento.

Tanto cáliz como corola corresponden a las partes estériles de la flor, que en conjunto se denominan perianto.

- **Gineceo**

Se compone de diferentes partes y se usa para denominar colectivamente a las estructuras que participan en la macroesporogénesis o formación de gameto femenino. La unidad básica del gineceo es el carpelo, además se distingue el pistilo del ovario. El pistilo presenta en la parte superior el estigma, encargado de recibir los granos de polen, le sigue una estructura tubular el estilo, por el cual internamente desciende el tubo polínico.

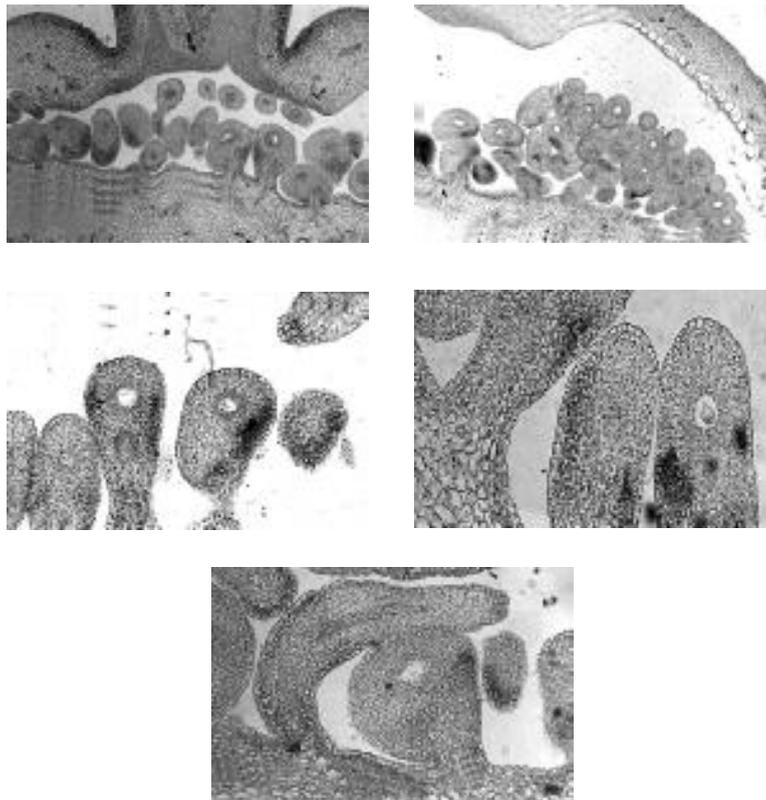
**En la parte basal los carpelos encierran el ovario, que contiene los óvulos que se implantan sobre la placenta. La parte central del óvulo es la nucela y se le suele considerar como el macrosporangio.**

**Dentro de esta nucela las megásporas funcionales germinan y dan origen al gametófito femenino que corresponde al saco embrionario.**

**En muchas dicotiledóneas se ha encontrado un sistema estilar cerrado. Este contiene dos partes mayores, el estigma y el tejido de trans-**

**Detalle de carpelos y lóculos de pimentón.**

**Fuente: Ly, 1991.**



misión; en *Verbenaceas* es húmedo y papilado, el estigma tiene papilas especializadas para la recepción del polen, las cuales difieren de las células de los tejidos de transmisión en la forma y contenido citoplasmático.

- **Estigma:** El estigma se conecta con el interior del ovario mediante un tejido similar al glandular estigmático, lo que se interpreta como un medio que facilita la progresión del tubo polínico, se le denomina tejido conductor o tejido estigmatoide.

Las secreciones del estigma y el tejido transmisor tienen muchas funciones, algunas de las cuales son la atracción de insectos que visitan las flores, adhesión del polen, reconocimiento entre estigma y polen, crecimiento del tubo polínico y penetración del tubo polínico en los óvulos.

La presencia de nectarios es frecuente en la base del ovario. El néctar comúnmente contiene azúcares, proteínas, aminoácidos, lípidos, ácidos orgánicos antioxidantes y una variedad de otras sustancias que incluyen alcaloides y fenoles.

Las sustancias más fácilmente removidas desde la superficie estigmática son compuestos lipídicos y fenólicos (antocianinas, flavonoides, ácido cinámico), los carbohidratos presentes están unidos a compuestos fenólicos o pueden estar ausentes. Los lípidos del fluido estigmático posiblemente corresponden a componentes cerosos de la epidermis, cuya función puede ser reducir las pérdidas de agua y proveer de un medio apropiado para la germinación del polen.

Los fenoles pueden tener una significativa importancia y se han determinado como posibles funciones: proteger al estigma de los insectos y enfermedades, interactuar con sustancias de crecimiento para controlar la germinación del polen y tener un rol en la especificidad para reconocerlo.

Es difícil determinar el período de receptividad de las flores, en algunas especies se observan cambios morfológicos en el estigma, que pueden corresponder a engrosamientos, mayor turgencia de las papilas de la superficie y secreciones de la misma.

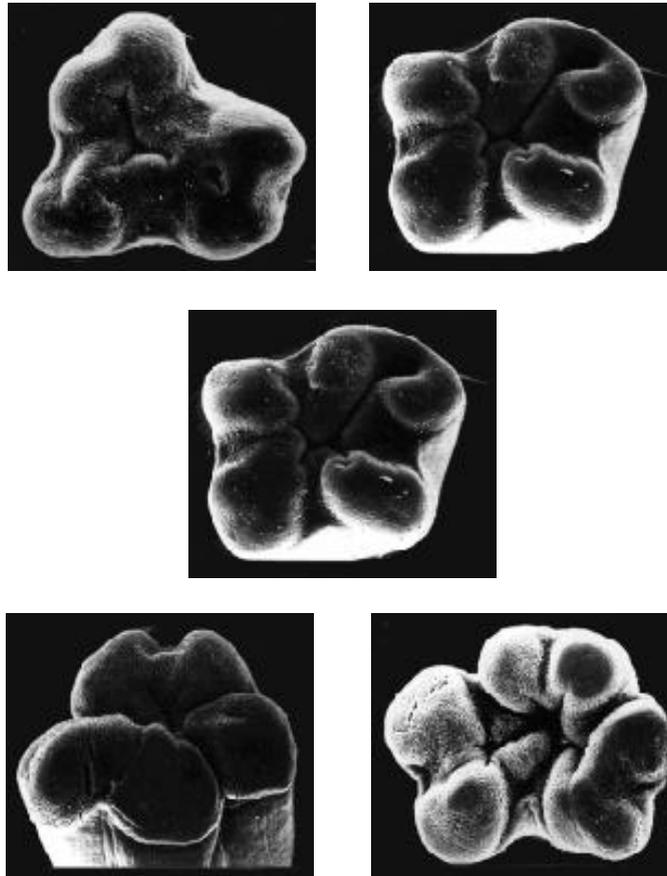
- **Estilo:** En la mayoría de las angiospermas los estilos son macizos, es decir, no tienen canales. El tejido es estigmatoide y los haces vasculares constituyen las partes más especializadas del estilo. El tejido funda-

mental es parenquimático y la epidermis externa no muestra características especiales, lleva una cutícula y puede tener estomas.

- Ovulos: Se desarrollan a partir de la placenta del ovario y es el lugar de formación de las macrósporas y del desarrollo del saco embrionario. Se diferencia en nucela (cuerpo central de tejido con células vegetativas y esporógenas); uno o dos tegumentos (que envuelven la

Variación de la superficie estigmática en diferentes estados florales para *Capsicum annum* L.

Fuente: Ly, 1991.



nucela) y originan el micrópilo en el sitio en el cual no se unen, además, del funículo (filamento por el cual se une a la placenta).

El primordio ovular se origina a partir de la placenta. No existe completo acuerdo con la naturaleza morfológica del óvulo. La zona del óvulo donde se reúnen todas sus partes se denomina chalaza.

Los óvulos tienen un sistema vascular conectado con el de la placenta.

Ciertas partes del óvulo se desorganizan durante el desarrollo del saco embrionario, y los materiales resultantes son presumiblemente utilizados por el gametofito femenino en desarrollo. El tejido vegetativo de la nucela queda parcial o enteramente reabsorbido.

El desarrollo del óvulo es complejo e implica un modelo de acción genético que regularía la formación. Dichos modelos provienen del estudio con mutantes específicos.

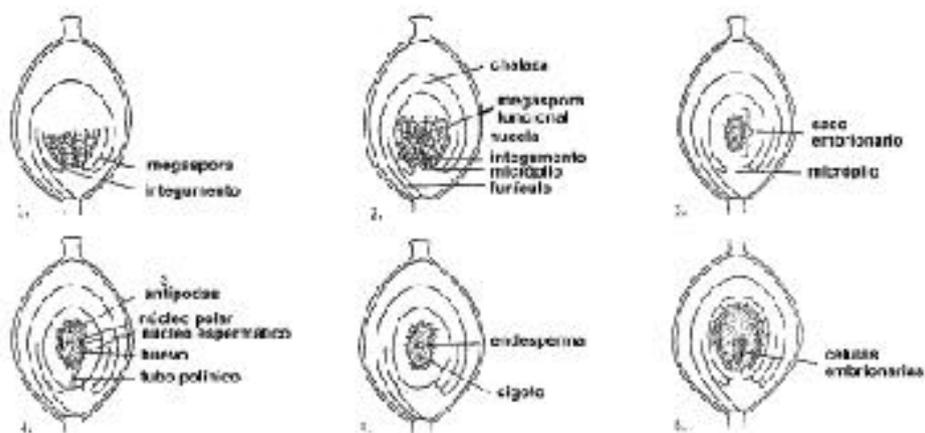
El sitio de iniciación del óvulo en la placenta se asocia con varias posibles localizaciones según sea la especie. Los integumentos crecen apretadamente alrededor de la nucela. En la mayoría de las angiospermas el crecimiento del funículo, la chalaza, la nucela o los integumentos o una combinación de estas estructuras es asimétrico, resultando en una curvatura de los óvulos al igual que el micrópilo que está adyacente al funículo.

En concomitancia con el proceso anterior una célula subdermal dentro de la diferenciación nucelar forma una célula arqueospórica alargada. Una célula madre de la megáspora puede diferenciarse directamente desde esta célula o desde el producto mitótico de ella. Cuatro megásporas resultan de la meiosis de la célula madre (megáspora) y dependiendo de la especie, desde una hasta cuatro forman el saco embrionario (megagametófito). Lo más común es que el saco embrionario derive desde una megáspora simple. Posteriormente la división celular frecuentemente produce ocho núcleos separados en siete células, pero hay muchas especies con diferente constitución celular. El primer cambio morfológico que ocurre inicialmente en el primordio del óvulo es la emergencia de los integumentos.

La pared del ovario no está muy diferenciada antes y durante la antesis, se forma por parénquima y tejido vascular y lleva una epidermis cuticularizada en la superficie externa, las paredes del ovario sufren los mayores cambios durante el desarrollo del fruto.

### Desarrollo de los óvulos.

Fuente: Smith, 1988.



#### • Androceo

Se denomina así colectivamente a las partes florales que forman las micrósporas. Se compone de estambre (microesporofilo) y en la parte superior el saco polínico (microesporangio). Ellos están contenidos en la antera que se compone de un filamento y las tecas. La antera contiene el gametófito masculino que corresponde al grano de polen. Las anteras varían tanto en forma como en número de lóculos. Las anteras tienen un período de vida propio de cada especie, tras lo cual senescen y caen.

- Estambres: Lo más frecuente es que se componga de un solo haz vascular, que atraviesa el filamento y puede terminar en la base de la antera o prolongarse hacia el interior del tejido situado entre los lóbulos. El estambre no está conectado mediante elementos vasculares con el tejido esporógeno, pero el parénquima fundamental de la antera desarrolla crecimientos secundarios, las células situadas en la proximidad del tejido esporógeno tienen sus membranas delgadas.

El tejido del filamento es un parénquima vacuolado, que a menudo contiene pigmentos. El tejido de la antera y conectivo también es

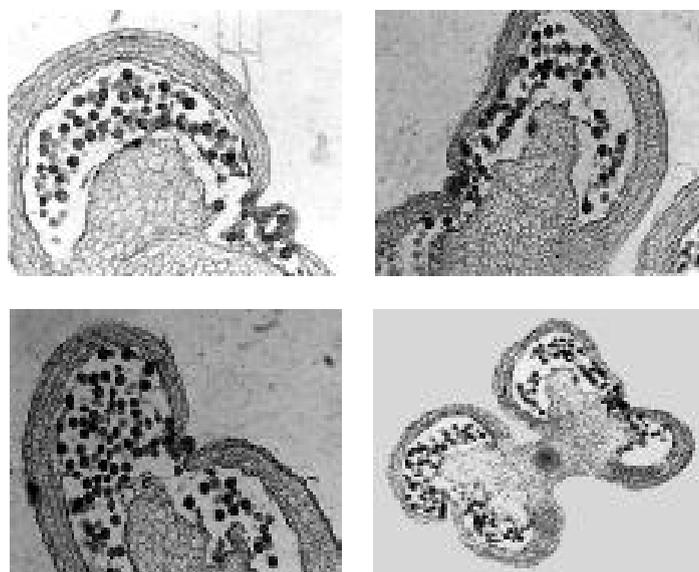
parenquimático, y es muy especializado en la proximidad de las células esporógenas, este tejido especializado forma las capas parietales de los microsporangios.

La antera tiene un número variable de capas en su membrana y se establece a través de una serie de divisiones paralelas a la periferia del lóculo. Las células parietales como las células madres del polen se originan a partir de las mismas células arquespóricas iniciales, sin embargo, las capas que se presentan en el interior de los sacos polínicos se originan a partir del tejido fundamental que esta en contacto con las células arquespóricas. La capa más externa de la membrana es el endotecio que se ubica debajo de la epidermis.

En las anteras que dehiscen el endotecio desarrolla engrosamientos secundarios a medida que el estambre se aproxima a la madurez. La capa parietal más interna es el tapete, sus células se caracterizan por presentar protoplastos y núcleos, los cuales se dividen de diferente manera según sea la especie.

Detalle de anteras.

Fuente: Ly, 1991.



**El tapete interviene en la nutrición de las células madres del polen y de las micrósporas jóvenes, la exina es sintetizada en el tapete. Las capas parietales intermedias frecuentemente se aplastan y destruyen, de tal forma que después de la maduración del polen y la desintegración del tapete el lóculo de la antera queda bordeado exteriormente sólo por la epidermis y el endotecio.**

**En la mayoría de las plantas la diseminación del polen se realiza por dehiscencia, cuya apertura o estomio tiene un tejido similar al de los sacos polínicos, que se descompone y permite la salida del polen.**

#### **POLEN**

##### **• Desarrollo del Polen**

**El desarrollo del tejido esporógeno en la antera implica ciertos fenómenos característicos en la formación de la membrana. Las células madres del polen, sufren la meiosis y quedan incluidas en una membrana gruesa y gelatinosa llamada callosa (membrana de la célula madre del polen o membrana especial). La meiosis origina cuatro núcleos (núcleos de las micrósporas), éstos pueden formar inmediatamente membranas, la primera que rodea cada núcleo corresponde a callosa, más tarde cada microspora forma su propia membrana el esporodermo.**

**El esporodermo se compone de dos o tres capas: la exina que se diferencia en una ectexina (sexina) y endoxina (nexina) y la intina; algunos sitúan entre ambas a la medina. La exina se forma principalmente por sustancias de origen lipídico. La intina varía en grosor y está formada especialmente por poliurónidos o por una mezcla de éstos con polisacáridos, pero en su parte interna contiene también celulosa. La mayoría de los granos de polen están colporados, lugar donde la exina es más delgada.**

**Es posible encontrar aspectos diferenciadores del polen en variados grupos vegetales.**

##### **• Constitución del polen**

##### **La cubierta del polen**

**Es la base para el contacto e inicio de señales para la adhesión y**

posterior germinación del polen. Consiste en dos capas, la interior de celulosa y pectina y la exterior de exina altamente tallada. En el último estado de desarrollo del polen la capa tapetal del polen se desintegra y el contenido celular es depositado sobre la superficie del grano de polen formando una capa de composición muy heterogénea que incluye ceras, lípidos, moléculas aromáticas pequeñas y proteínas.

Al parecer los lípidos de la cubierta del polen participan en el reconocimiento célula a célula necesario para la hidratación del polen en el estigma. Además, se ha detectado proteínas y pequeñas moléculas aromáticas como carotenoides, ácidos fenólicos y muchas fitohormonas, de éstos solo se ha demostrado un rol específico en la germinación del polen de una clase de flavonoides. Dichos compuestos son de origen esporofítico, sintetizados en el tapete, liberados en el lóculo y modificados por el desarrollo del gametofito.

**El metabolismo del polen es un proceso genéticamente gobernado.**

Muchos de los atributos citológicos del polen se basan en las diferencias de los dos grupos presentes en las angiospermas. Los polenes binucleados se caracterizan por germinar fácilmente en medios de cultivo, también responden a ciertas técnicas de almacenaje y se asocian con los mecanismos de incompatibilidad que guían la inhibición del tubo polínico en el estilo. Los trinucleados no logran elongar el tubo polínico *in vitro*, su viabilidad en almacenaje es muy breve y comúnmente inhiben su propia germinación.

**• Aspectos agronómicos del polen**

En la producción de semillas es importante estimar la capacidad del polen para cumplir su función como gameto, lo más relevante es definir cuáles son las variables que indican esta calidad, entre ellas:

- Viabilidad; es la capacidad que presenta el polen para vivir o continuar desarrollándose.
- Fertilidad; es la medida de la habilidad individual para producir descendencia viable.
- Esterilidad es la medida de la proporción de gametos anormales.

La calidad del polen puede verse afectada por el uso de algunos tratamientos químicos, determinándose que algunos fungicidas inhiben la

germinación de polen y reducen el crecimiento del tubo polínico, tanto *in vivo* como *in vitro*.

En algunas especies se ha determinado la cantidad de polen presente, como método para estimar el potencial productivo, lo que no se asocia con sus capacidades.

Es interesante discutir que en lo que a semillas respecta, se intenta determinar la posibilidad de evaluar su germinación y viabilidad *in vitro*; existe mucha información al respecto, todos los autores han llegado a concluir que los componentes del medio artificial dependen de la especie en cuestión y no sólo por su efecto directo sino que por las condiciones osmóticas equivalentes. Como ejemplo, se demostró la especificidad de diferentes azúcares en combinación con algunos elementos minerales, además, la concentración de los componentes afecta el potencial osmótico de la solución teniendo efectos incluso negativos.

La eficiencia de los test que se utilizan a la fecha y su correlación con el polen vivo no se ha establecido, pero en experiencias particulares se determinó que con 2% de germinación *in vitro* el polen fue eficiente en la polinización.

En lo que a medios de germinación respecta se ha determinado que existe un efecto de la población, requiriéndose un número mínimo de granos de polen para que ocurra la germinación, produciéndose lo que muchos autores denominan agrupación y estimulación mutua. Esto se asocia con un posible factor de crecimiento que requeriría difundirse en el medio y ser soluble en agua. Aún así, una alta o baja concentración de polen no demuestra fehacientemente la capacidad que este tiene *in vivo*.

En ningún medio es posible replicar la dinámica interacción entre el polen y el pistilo, pero muchas veces los medios de germinación suplen en gran parte algunos compuestos requeridos (carbohidratos, calcio y boro entre otros) logrando efectos sobre el desarrollo del polen. Aun cuando el resultado en un medio *in vitro* sea bueno, el tubo polínico no alcanza más que el 30-40% del largo real, y es frecuente la observación de estructuras anormales.

Se ha estudiado los componentes y combinaciones más apropiados para diferentes especies, a modo de ejemplo, para *Brassica oleracea*

se sugiere sucrosa o rafinosa con boro y calcio. Por otra parte, se determinó que al evaluar 50 especies diferentes de *Solanum* el medio de germinación usado permitió rangos estrechos de variación entre los componentes.

Se ha determinado que el boro en los medios usados mejora la germinación y el crecimiento del tubo polínico, además se ha estudiado la importancia de otros iones como calcio, potasio, magnesio y sodio.

Otra forma de evaluar el polen es determinando su viabilidad, lo que se puede realizar con el uso de sales de tetrazolium, este test se basa en que los granos de polen viable son capaces de reducir el nitrotetrazolium azul a formazan coloreado, en la presencia de succinato, por una oxidación metabólica normal que indicaría la capacidad de éste.

Se cuenta con referencias respecto las posibilidades de almacenar polen para facilitar su uso, en general los sistemas deben ser a baja temperatura. En experiencias con refrigeración simple la longevidad es muy baja, mientras que con ultra baja temperatura se puede alcanzar varios meses, aun cuando el polen reduce su calidad pero no la pierde totalmente.

• Mecanismo de deshidratación e hidratación del polen

La deshidratación del polen que ocurre justo antes de la antesis, induce a un estado de quiescencia metabólica, que le confiere tolerancia a cualquier estrés medioambiental presente durante la dispersión. Cuando el polen es liberado desde la antera, es parcialmente deshidratado, con un contenido de agua de 6 a 60%, según sea la especie. A pesar de la desecación el polen puede permanecer viable si los cambios estructurales durante la deshidratación resultan ser reversibles al momento de la hidratación. De este modo, las condiciones bajo las cuales la pérdida de agua ocurre afecta significativamente su posterior funcionalidad. En la deshidratación el agua llega a un nivel crítico en que los fosfolípidos cambian su estructura desde lamelares o líquidos cristalinos a estados de geles, la temperatura a la cual sucede también depende del contenido hídrico, cualquier daño en este caso se puede asociar con los que ocurren en los diferentes tipos de membranas.

La hidratación del polen es controlada de una manera característica con diferentes fases. Cualquier exposición de un grano de polen seco a un medio de agua no controlado, podría provocar un daño en la imbibición, por el efecto sobre la restauración de los lípidos de la membrana; algunos estudios han demostrado la regulación de este proceso a través de diferentes fases de hidratación, con una activa participación del estigma. De este modo, el contenido de agua del polen es el mayor determinante de su posterior calidad, pues afectará la integridad y estabilidad de las membranas.

Se determinó en *Brassicas* dos diferentes fases de hidratación: en la primera existirían señales recíprocas de intercambio entre el polen y el estigma; en la segunda ocurriría la invaginación de la intina en la zona del colpo y la formación de un pie en el cual la cubierta del polen se contacta con las papilas del estigma. Se evaluó el efecto de la humedad relativa en *Aglaonema*, determinándose que el polen vivo logró mejor resultado con condiciones de alta humedad; hay que destacar que la sensibilidad del polen a la falta de humedad es mayor que si se le compara con el órgano femenino.

#### EXPRESIÓN SEXUAL

Analizando individualmente la expresión de las flores se puede encontrar tres tipos, según la funcionalidad y presencia de estructuras sexuales:

- **Hermafroditas:** Corresponde a flores que contienen tanto androceo como gineceo y ambos funcionales.
- **Pistiladas (Ginoicas):** Corresponde a flores que sólo presentan gineceo, por lo cual son consideradas como flores exclusivamente femeninas.
- **Estaminadas (Androicas):** Corresponde a flores que sólo presentan androceo, por lo cual son consideradas como flores exclusivamente masculinas.

Al agrupar las flores en las plantas o como grupos de plantas se pueden clasificar de una manera más compleja:

- **Hermafroditas:** Corresponde a plantas que tienen exclusivamente flores hermafroditas.

- **Monoicas:** Corresponde a plantas que presentan flores pistiladas y estaminadas.
- **Dioicas:** Corresponde a plantas que presentan flores de un solo sexo sean estas femeninas o masculinas.
- **Ginoicas:** Es el tipo de planta que siendo dioica tiene sólo flores pistiladas.
- **Androicas:** Es el tipo de planta que siendo dioica tiene sólo flores estaminadas.
- **Ginomonocicas:** Es el tipo de planta que presenta conjuntamente flores hermafroditas y ginoicas.
- **Andromonocicas:** Es el tipo de planta que presenta conjuntamente flores hermafroditas y androicas.
- **Trimonocicas:** Es el tipo de planta que presenta conjuntamente flores hermafroditas, ginoicas y androicas.

#### **POLINIZACIÓN**

En los estigmas papilados y los tejidos de transmisión de los estilos hay células secretoras que producen el medio para guiar los tubos polínicos en la ruta desde el estigma hacia el óvulo. Los tubos polínicos pasan a través de los espacios intercelulares de las papilas estigmáticas.

Se ha observado que los tubos polínicos crecen muy lentos después que entran al lóculo del ovario, previo a alcanzar el óvulo. El tiempo requerido por los tubos polínicos para alcanzar los óvulos suele ser mayor en la última etapa, siendo más lento que lo que demora en descender entre el estigma y la base del estilo, aun cuando las distancias son diametralmente opuestas. Una posible explicación es un hecho confirmado en varias especies (cerezo, palto, almendro) que corresponde a que el saco embrionario es aún inmaduro cuando los tubos polínicos alcanzan la base del estilo y su posterior desarrollo depende de la presencia de tubos polínicos en el ovario.

La polinización presenta una dinámica propia de acuerdo a la llegada del polen al estigma, teniendo diferencias que se relacionan con la especie; en angiospermas la llegada del tubo polínico desde el estilo al óvulo puede durar desde horas hasta días.

**En Brassicas, se ha determinado un complejo mecanismo que favorece la polinización cuando existe compatibilidad, después de la polinización la papila mantiene su forma por la primera hora, posteriormente, la papila colapsa, se aplana y la cutícula muestra una disminución en su volumen. Esta pérdida de agua quizás favorezca la germinación y crecimiento del tubo a través de la pared de la papila, se observan verdaderas marcas en los granos de polen, aparentemente causadas por el contacto entre la pared del polen y la cutícula de la papila; la primera interacción en una combinación compatible aparece como una adhesión de los granos a las papilas, lo que debiera estar gobernado por diversas enzimas. Este reconocimiento correspondería a una reacción físico-química.**

**La polinización promueve muchos cambios en el tejido del pistilo, tales como incrementos en la tasa respiratoria, en los niveles de auxina, en los contenidos enzimáticos y cambios citológicos en el ovario y en el estilo de algunas especies. Es posible que en respuesta a la polinización, el ovario emita señales a larga distancia que estimulen el crecimiento del tubo polínico en el estilo.**

**En el trayecto que recorre el tubo polínico pueden ocurrir anomalías en cualquier parte, pero las más comunes son en la porción más baja del estilo.**

**Muchos sugieren que la competencia del polen puede ser un importante componente de la selección natural gametofítica y que los patrones de depositación de polen regulan el número de semillas por fruto. Los estigmas de estas especies generalmente reciben más polen que el requerido, encontrando en algunos casos un efecto benéfico de la alta competencia de tubos polínicos con la calidad de la semilla y su capacidad para producir plántulas.**

**Parte del resultado de la polinización está influenciada por diversas condiciones:**

**- Humedad relativa: Para un mejor rendimiento de semillas se requiere mantener alta humedad en el polen y en el pistilo durante y después de la polinización; siendo el polen la estructura más sensible al secado. A pesar de esto, las técnicas de polinización artificial suelen secar el polen a fin de facilitar su manipulación.**

**- Temperatura: En general las temperaturas extremas, superiores o inferiores a las propias de la especie, suelen afectar la polinización al**

**influir de manera detrimental sobre el polen y en segundo término sobre la superficie estigmática u otra estructura del gineceo.**

**Cuando la cruz presenta compatibilidad los granos de polen se adhieren a la cubierta estigmática cerosa, posteriormente el polen se posiciona y las papilas de la superficie presentes en algunas especies colapsan permitiendo el ingreso del tubo polínico, a diferencia de la incompatibilidad en que la misma cubierta cerosa sería una barrera .**

**Se determinó cambios en los constituyentes de la secreción estilar después de la polinización, el contenido de proteínas decreció en la parte superior del estilo tras 24 horas de polinización .**

**Los cambios en el movimiento de la secreción estilar desde el tejido del estilo hacia el canal estilar son diferentes entre una polinización cruzada o autopolinización.**

#### **Crecimiento del tubo polínico**

**El polen al germinar presenta una característica zonificación en la cual la región apical posee una parte basal con elementos granulares tras ella. Este componente interno exhibe vigorosas fuentes de traslocación de corrientes citoplasmáticas. En la zona basal el movimiento es irregular y turbulento. Una característica del tubo polínico es la marcada acumulación de vesículas secretoras, siempre agregadas en el extremo en forma de un cono invertido. Las vesículas contienen componentes para la expansión de la pared. En el transporte participan actinas microfilamentosas esenciales para la elongación celular, los microfilamentos pueden jugar un rol en la organización de la zona basal del tubo, se encuentran además el complejo actina-proteínas, microtúbulos y calcio en el desarrollo tubular. Estos componentes y su participación hacen plantear que el crecimiento del tubo polínico no es uniforme, sino que ocurre en pulsos. Se detectan dos diferentes patrones, en algunas especies se suceden elongaciones con alternancia de quiebres de crecimiento rápidos y lentos, en otros, el crecimiento es con un patrón de período oscilatorio en el cual la razón de cambio en una onda es indefinida.**

#### **Regulación de la polinización**

**La polinización en sí tiene un efecto regulador sobre el desarrollo de**

eventos que preparan colectivamente a la flor para completar el ciclo de la reproducción. Este proceso incluye cambios en la pigmentación de las flores, en la senescencia y abscisión de los órganos florales, en el crecimiento y desarrollo del ovario, en ciertos casos la polinización sólo gatilla el desarrollo del gametófito previo a la fertilización. El inicio de esta regulación comienza con los primeros cambios sobre la superficie del estigma, pero como el proceso continúa en los órganos distales de la flor, hay señales de transmisión interórganos. Cabe destacar que la transición observada en los órganos antes y después de la polinización puede ocurrir en ausencia de ésta, pero en gran parte de las flores esta transición puede ser gobernada o acelerada por la polinización.

Se podría distinguir al menos los siguientes eventos en la regulación interórganos:

- **Senescencia del perianto:** En muy pocas plantas la senescencia del perianto es regulada estrictamente por la polinización, más bien, por lo general ésta ocurre de manera gradual como parte del desarrollo natural de la flor, que puede ser acelerado por la polinización. En las flores que muestran dependencia, se ha determinado que esta conlleva un rápido incremento en la producción de etileno asemejando la respuesta climactérica de algunos frutos, por lo cual se podría inhibir tal hormona (algunos ejemplos de este tipo de flores lo constituyen las petunias, claveles, cyclamen y orquídeas), también es posible establecer que los factores como la emasculación y aplicación de auxinas tienen similar efecto.
- **Cambios en la pigmentación de la flor:** Un gran número de especies sufren cambios en la pigmentación floral como respuesta a la polinización o al envejecimiento. La polinización induce diversos patrones de cambios en la pigmentación, como pérdida de color, incrementos o intensificación de pigmentos en sitios específicos. Aún es relativamente escaso el conocimiento de los eventos bioquímicos específicos que gobiernan dichos cambios, se ha propuesto que este complejo proceso guarda relación con los diferentes grupos de plantas.
- **Desarrollo del gametófito femenino:** Se ha estudiado en algunas orquídeas, por ejemplo, que el megagametófito tiene un desarrollo parcial previo a la polinización y que es requerido este evento para continuar el proceso, describiéndose en algunos casos presencia de

óvulos en estados premeióticos. Otras plantas como el maíz y cebada son dependientes de la polinización para el desarrollo del órgano femenino, en este último caso se propone que el calcio presente en las células sinérgidas es responsable de la polinización al crear un gradiente quimotrópico que atrae al tubo polínico, se discute también la participación de hormonas como las giberelinas.

- **Desarrollo del embrión:** Algunas especies que desarrollan embrión apomítico son dependientes de la polinización.
- **Desarrollo del ovario:** El desarrollo del ovario depende de la polinización y es promovido por la producción de auxinas proveniente de los óvulos y las semillas, por lo cual los cambios morfológicos y celulares serían dependientes de esta regulación .

Se puede establecer que las señales que participan en este complejo proceso tienen diferentes niveles de acción, se describen dos tipos:

- **Señales de polinización primarias:** Son aquellas que se inician con la llegada del polen a la superficie estigmática, con la penetración del tubo polínico al estigma o desde el polen que actúa llevando señales químicas, todas ellas conllevan el gatillamiento de la producción de etileno.
- **Señales de polinización secundarias:** Se asocian con los cambios que ocurren después de la polinización en los órganos, lo que implica la participación de señales que traducen y amplifican las señales primarias, la regulación interórganos sugiere que esta señal es móvil y transmisible.

Se propone un complejo modelo para explicar la regulación entre órganos de la flor como respuesta a las señales primarias y secundarias de la polinización; ellas destacan la participación del etileno y las auxinas .

#### **FECUNDACIÓN**

La fecundación corresponde al evento inmediatamente posterior a la polinización, que conlleva la penetración del tubo polínico al óvulo, para formar la célula huevo o cigoto.

En crucíferas se ha descrito la secuencia que se inicia con el crecimiento del tubo polínico intercelularmente a través del tejido del es-

tigma, estilo y ovario; una vez que éste alcanza el óvulo el tubo crece sobre la superficie del septo, penetra el funículo y pasa a través del micrópilo

La eficiencia de los tubos polínicos en alcanzar con éxito la fecundación es relativamente baja, no llegando todos los tubos a fecundar.

El crecimiento del tubo polínico es unidireccional hacia la base. Se ha propuesto que existen señales de naturaleza química, eléctricas y mecánicas que inducen la direccionalidad del desarrollo del tubo, no obstante, es imprecisa la posible evidencia de tropismos. También se ha propuesto que la matriz intercelular puede jugar un rol activo en la direccionalidad del desarrollo de los tubos hacia el ovario .

#### INCOMPATIBILIDAD

Los eventos de interacción específicos se producen célula a célula cuando ocurre la polinización y fecundación. El estigma es eficiente para discriminar polen de otras especies, las plantas tienen mecanismos fisiológicos que impiden la polinización interespecífica; uno de estos mecanismos se basa en la reacción de incompatibilidad entre el polen y el pistilo, de este modo muchas plantas logran discriminar entre el polen propio y el foráneo. La barrera genética a la autofertilización corresponde a la autoincompatibilidad, ella específicamente interrumpe la vía del desarrollo del polen propio en el pistilo. En muchas familias (como las crucíferas y solanáceas) la autoincompatibilidad es controlada sólo en un lóculo. La respuesta de autoincompatibilidad es regulada durante el desarrollo de la flor y es funcional frecuentemente 1 a 2 días previo a la antesis.

El rechazo del gameto masculino, por mecanismos de incompatibilidad ocurre tanto en el estigma como en las paredes del estilo. En especies que presentan mecanismos que reducen la autopolinización (por ejemplo almendro) se ha determinado una baja retención de granos en el estigma y una reducción en la germinación del polen, como también la muerte.

La autoincompatibilidad puede actuar en el estigma, estilo u ovario. A modo de ejemplo se puede citar que la autoincompatibilidad gametofítica de *Tectona grandis*, puede ocurrir con algunos tubos polínicos en el estilo, pero, la mayor parte es inhibida en el ovario. Por

otra parte, el cruzamiento interespecífico de diferentes *Capsicum* logró como resultado diversas manifestaciones de incompatibilidad entre especies de flor blanca y flor púrpura, con obstáculos tan variables como barreras en el ovario, estilo o estigma u otras restricciones (en el esquema siguiente se grafica dicho resultado).

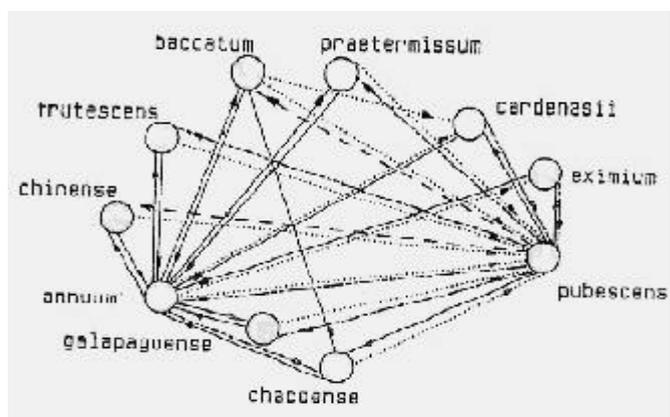
La incompatibilidad de las especies se puede clasificar de acuerdo al fenotipo al cual sea incompatible el polen, pudiendo ser gametofítica o esporofítica, presentan además diferencias en el tiempo que media en la señal que induce a la reacción.

En el sistema gametofítico la incompatibilidad del grano de polen es determinada por un gen haploide complementario que es transmitido a cada micróspora después de la meiosis, en general la germinación y el crecimiento del tubo polínico son normales, pero a cierta distancia del estilo es inhibido el crecimiento.

En el sistema esporofítico la inhibición ocurre sobre la superficie del

**Mecánica de compatibilidad entre diferentes especies de *Capsicum*.**

Fuente: Zijlstra et al, 1991.



- Las flechas indican la dirección de la polinización hacia el parental femenino.
- (—) Línea completa indica penetración del tubo polínico en la célula huevo.
- (-.-) Línea segmentada indica barreras en el ovario.
- (- - -) Línea separada indica barreras en el estilo.
- (...) Línea punteada indica barreras en el estigma.

estigma, se produce rápidamente la comunicación de señales que inhiben la germinación del polen. De este modo, el fenotipo del polen es determinado por la constitución genética del esporófito o de la planta diploide sobre la cual el polen nace.

La autoincompatibilidad esporofítica está presente en Crucíferas, y su estado crítico se produce durante las primeras horas tras la polinización. En este caso la superficie estigmática consiste en células papiladas, cubiertas con una cutícula que actuaría como barrera para prevenir la penetración del tubo polínico. La principal barrera de autoincompatibilidad es que el esporófito no se reconoce a sí mismo.

El análisis molecular de la interacción polen-pistilo se ha focalizado en genes que codifican glicoproteínas y que además, participarían en el reconocimiento de la autopolinización en al menos dos familias de plantas (solanáceas y brassicas). Se han determinado diferencias en los sitios de acción o síntesis de las glicoproteínas .

#### CAÍDA DE FLORES Y FRUTOS

El aborto de semillas puede ser clasificado como un proceso de senescencia en el cual hay una degeneración controlada endógenamente y que conduce a la muerte. En todas las plantas la posibilidad de senescer y la posterior muerte se incrementa con la edad. Algunas excepciones se observan en ciertas leguminosas de grano, en que cuando superan un estado crítico de desarrollo la edad no incrementa el riesgo de aborto.

En especies que presentan inflorescencias, el aborto de frutos ocurre más comúnmente en las flores desarrolladas al final de la floración, esto hace suponer que la polinización es mayor en flores desarrolladas tempranamente.

En legumbres el estado de desarrollo del grano y la vaina tiene una alta incidencia en el rendimiento final. El aborto de flores, de vainas y de semillas generalmente ocurre con la detención del desarrollo del embrión. Se ha determinado que en arveja, lupino y poroto soya existe un determinado peso seco crítico de la semilla después del cual no se produce el aborto, pudiendo correlacionarse este último con una determinada longitud de vaina, así la mayor pérdida de semillas ocurre con los menores tamaños.

## **EL FRUTO**

**Al igual que las flores los frutos poseen morfologías muy variadas, siendo incluso en algunos casos diferentes en su formación aun cuando provienen de flores relativamente similares. Estas y otras consideraciones hacen difícil su agrupación y clasificación.**

**Una forma de agrupar frutos es desde el punto de vista estructural de la pared, con relación a esto se dividen en secos o carnosos.**

### **Desarrollo del fruto**

**Los cambios que se producen en una flor que se fecunda no sólo involucran al ovario sino también pueden afectar a otras partes no carpelares de la flor como puede ser por ejemplo el cáliz o receptáculo en algunas especies.**

**Cuando un ovario se transforma en fruto la pared se convierte en el pericarpo, y posteriormente se puede diferenciar en tres partes: exocarpo (epicarpo), mesocarpo y endocarpo; a veces algunos de ellos pueden estar ausentes o fusionados.**

**El ovario previo a la fecundación consta de células parenquimáticas poco diferenciadas, tejido vascular y capas epidérmicas internas y externas. Durante la maduración del fruto el pericarpo incrementa el número de células y su tejido fundamental permanece sin cambios como parenquimático o se diferencia en parénquima y esclerénquima. Además, en la medida que el fruto se desarrolla los tejidos vasculares aumentan más o menos en cantidad mediante la diferenciación de haces vasculares adicionales dentro del parénquima fundamental.**

**La maduración del fruto conlleva cambios en la composición de los hidratos de carbono, a modo de ejemplo, se pueden citar algunos en que el almidón se acumula tempranamente, pero desaparece para dar paso al incremento de sacarosa, otros, se caracterizan por disminuir el contenido de ácido y aumentar los azúcares, mientras que algunos de alto contenido lipídico disminuyen los azúcares para aumentar las grasas.**

### **FORMACIÓN DE SEMILLAS**

**La formación de las semillas es particular por especie; en términos**

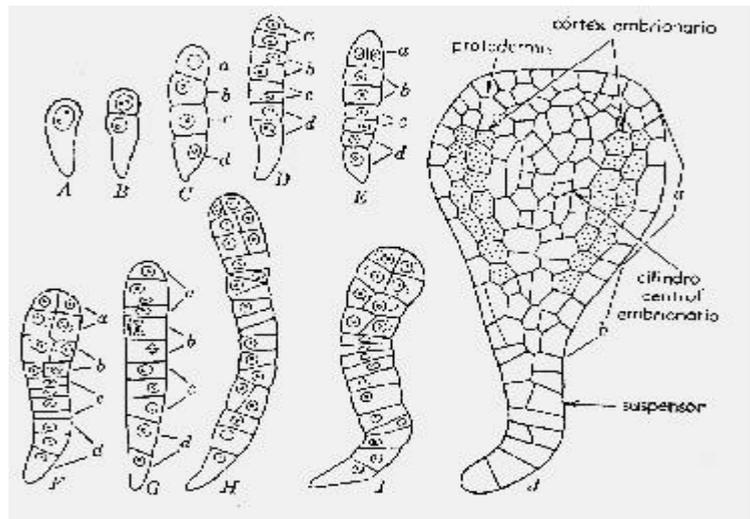
generales se puede decir que hay al menos tres partes distinguibles, ellas son el embrión, los tejidos de reserva y la cubierta seminal. Cada semilla se puede considerar como una planta en miniatura, provista de reservas y rodeada de una estructura protectora.

El embrión consta de un eje que corresponde a la unión de las estructuras de raíz e hipocotilo, llevan en un extremo el meristemo radical y en el otro el meristemo del primer brote y cotiledón, además se desarrolla la caliptra sobre el meristemo radicular.

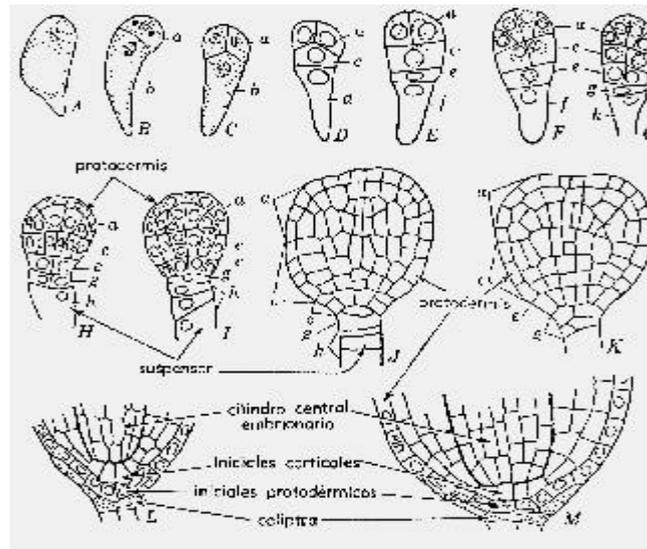
Cuando se inicia el embrión por divisiones del cigoto, lo más usual es una partición transversal, al dividirse nuevamente cada célula puede cambiar la orientación de las dos nuevas membranas. Generalmente la célula orientada hacia el micrópilo, la proximal, se divide transversalmente, mientras que la célula distal lo hace transversal, vertical u oblicuamente.

En cuanto a la nutrición de la semilla el desarrollo de las diferentes estructuras implica una activa transferencia de sustancias alimenti-

Representación esquemática de la formación del embrión  
Fuente: Esau, 1985.



**Representación esquemática de la formación de semillas**  
**Fuente: Esau, 1985.**



cias desde el tejido esporófito a las nuevas estructuras, ésta se realiza mediante transporte de alimentos a través de los tejidos vasculares de las estructuras reproductoras próximas y también mediante la activa digestión de tejidos.

**Constitución química**

Se ha propuesto diferentes modelos de desarrollo de las semillas, en lo referente a traslocación de asimilados. La sacarosa es el principal azúcar traslocado desde los sitios donde se realiza la fotosíntesis hasta el lugar en que se desarrolla la semilla, una vez hidrolizada la sacarosa a glucosa y fructosa constituyen las reservas de almidón. En algunos cereales se ha determinado que la máxima actividad amilolítica ocurre en la capa de aleurona y en el endosperma amiláceo, a los 5 y 20 días posteriores a la antesis.

Los principales aminoácidos traslocados desde la planta madre a la

semilla son la aspargina y glutamina, de ahí que los otros aminoácidos presentes en la semilla se sintetizan antes de la formación de las proteínas. De este modo, la riqueza proteica de una semilla puede depender de las fuentes de aspargina y glutamina.

Las proteínas de reserva de las semillas son almacenadas en los cuerpos proteicos, formados por una matriz rodeada por una membrana simple, que contiene además cristales y globoides, estos últimos son estructuras almacenadoras de fitina.

Las aminopeptidasas participan en la movilización temprana de proteínas almacenadas en el endosperma. En dicotiledóneas la degradación de proteínas de reserva tiene relación con la acumulación de aminoácidos libres en los cotiledones, destacando la liberación de triptofano.

Los lípidos y los ácidos grasos constituyen también compuestos de reserva en las semillas, en su formación los lípidos son generados a partir de sacarosa. Primero se forman los ácidos grasos saturados, entre ellos el palmítico, esteárico, que actúa de precursor de oleico, erúxico, linoleico y linolénico. Luego los ácidos grasos son esterificados con glicerilfosfato, generando fosfolípidos, glicolípidos y triglicéridos.

#### **CALIDAD DE LAS SEMILLAS**

La calidad de las semillas es un concepto que involucra muchas variables que dependen en gran medida de las metodologías de producción, cosecha y almacenaje.

La complejidad de esto involucra al menos aspectos relacionados con los atributos genéticos, sanitarios, fisiológicos y físicos, que muchos autores lo asocian con el concepto de vigor de semillas.

Algunos de los muchos factores que podrían tener efectos sobre la calidad de las semillas se destacan a continuación:

- El uso de insecticidas en el período de almacenaje de semillas provoca una disminución de la germinación, lo que sucede en varias especies y es dependiente de la variedad o cultivar, en un caso se evaluó poroto y arveja con los productos carbofurán y disulfotón. En general el efecto se incrementó con la dosis. La toxicidad también aumentó con el tiempo de almacenaje de las semillas tratadas,

efecto que tiende a perderse con períodos prolongados de guarda. En la medida que se usa las dosis recomendadas para el tratamiento de semillas es preferible asumir una reducción en la germinación que dejar las semillas desprotegidas y expuestas a insectos.

- Condiciones ecológicas, en estudios comparativos de diferentes zonas se determinó la importancia del lugar de producción de semillas sobre la germinación, tanto por su calidad endógena como por la presencia de inóculo de algunas enfermedades.
- El nivel tecnológico, afectó directamente la calidad de la semilla tanto por la producción como por la cosecha y las faenas que ésta implica.
- El tamaño de la semilla y su calidad fisiológica tiene una alta dependencia en algunas especies, afectando más bien al vigor que a la germinación; esto se fundamenta principalmente en que semillas de mayor tamaño poseen una gran cantidad de reservas y logran producir plántulas de mayor área foliar, peso seco y altura, lo que también acarrea menores pérdidas de emergencia. Para el caso de maíz se ha determinado también el efecto de la forma.
- La ubicación de la semilla dentro de la planta o de la inflorescencia pudiera tener un efecto directo, como en lechuga, que por el tipo de inflorescencia tiende a concentrar el mayor porcentaje del rendimiento en el primer período de floración, observándose los mejores resultados en germinación y vigor. Se ha determinado además, algunos efectos indirectos, como en maíz, en que las semillas de la base de la mazorca tienden a ser más bien redondas y están más propensas a daño mecánico.
- Diversos estrés medio ambientales durante el desarrollo reproductivo afectan la calidad de la semilla, como la temperatura, disponibilidad de agua, salinidad, enfermedades e insectos.

#### **DETERIORO DE SEMILLAS Y ALMACENAJE**

Es por todos conocido que se ha dicho más de una vez que en ruinas del antiguo Egipto u otras culturas, se ha encontrado semillas de algunas especies que conservan su capacidad de sobrevivir, de este modo, se han elaborado listados de antecedentes que citan períodos de longevidad en diferentes especies. Todas las formas de ayudar a preser-

var semillas tienen como principales factores determinantes reducir el contenido de humedad y la temperatura.

Una gran parte de las semillas pueden tener en mayor o menor grado posibilidad de almacenaje, se trata en este caso de las semillas ortodoxas, como es de suponer otro grupo de especies son sensibles a los procesos de almacenaje artificial y naturalmente tienden a producir nuevas plantas inmediatamente tras su dispersión, se trata en este caso de semillas recalcitrantes.

Los factores genéticos y fisiológicos importantes en la longevidad de semillas incluye: la especie, el lote de semillas, el cultivar y la calidad de origen de ésta. Estos factores son incluidos en algunas proposiciones para el cálculo de viabilidad de semillas.

El almacenaje prolongado por periodos superiores a los que tolera una especie en particular inciden sobre la calidad de dichas semillas, lo cual se expresa en las plántulas que origina, en el porcentaje de germinación, en pérdidas de peso y disminución en el contenido de peroxidasas.

Se puede enumerar los principales cambios que sufren en general las semillas ortodoxas cuando se almacenan :

- **Cambios fisiológicos**

Afectan tanto a la propia semilla como a la posterior producción de plantas a partir de simientes alteradas. Siempre el principal cambio en las semillas involucra pérdidas de viabilidad o potencial de germinación que con el tiempo son inevitables. Algunos de los cambios que se citan explícitamente son:

- **Inducción y/o pérdidas de dormancia durante el almacenaje.** Puesto que cualquier almacenaje significa reducir temperatura y humedad, muchas especies reaccionan a la baja de humedad con una reducción en la germinación y la posibilidad de entrar en dormancia primarias o secundarias, inducidas por las condiciones del medio.
- **Ruptura de dormancia durante el almacenaje.** Nuevamente asociado a las condiciones de humedad y temperatura propias del almacenaje, para algunas especies.
- **Cambios en los requerimientos de germinación.** Ciertas especies des-

**encadenan procesos de dormancia o inducen germinación en estrechos rangos de temperatura.**

- **Producción de plántulas anormales. El almacenaje prolongado induce diferentes defectos sobre las nuevas plántulas, disminuyendo el número de plantas útiles y su potencial uso.**
- **Efectos en el crecimiento de la planta y sobre el rendimiento potencial. La reducción en germinación y vigor ocasionada por el almacenaje afecta el desarrollo de las nuevas plantas, aun cuando se han informado variados efectos.**

- **Cambios bioquímicos**

**Al menos se puede citar cuatro tópicos relacionados con este tipo de efectos:**

- **Autooxidación de lípidos. Corresponde a la producción de radicales libres por la acción de la luz u otra forma de radiación sobre lípidos insaturados. La combinación de los radicales libres con oxígeno genera hidroperóxidos los cuales pueden participar en la inactivación de enzimas, desnaturalización de proteínas y ruptura de ácidos nucleicos.**
- **Pérdidas de integridad en las membranas. Cambios en la estructura de algunos lípidos constituyentes de los sistemas membranosos.**
- **Pérdidas y reducción de actividad enzimática. Se asocian con la alteración de la capacidad del embrión para movilizar enzimas que degradan las reservas, es frecuente encontrar literatura que asocie las pérdidas de germinación y vigor con una menor actividad enzimática.**
- **Pérdida de mecanismos de reparación. Los efectos directos de reducir la humedad y temperatura, traen en algunos casos como consecuencia una baja actividad en los complejos enzimáticos encargados de la reparación de estructuras de la semilla.**

- **Cambios genéticos**

**Muchos cambios ocasionados por el almacenaje se producen a nivel del genoma de la especie, algunos de ellos se citan como:**

- **Aberraciones cromosómicas.** Es frecuente encontrar plántulas anormales provenientes de semillas almacenadas, por la alteración de los procesos involucrados en la mitosis celular.
- **Mutaciones puntuales.** De igual forma que las aberraciones cromosómicas afectan individualmente plantas pero en características relativamente puntuales.
- **Cambios en la población.**