

Guía docente de la asignatura

**Genética del Polen**Fecha última actualización: 28/07/2021  
Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 28/07/2021**Máster**

Máster Universitario en Genética y Evolución

**MÓDULO**

Módulo Docente. Especialidad Agroalimentaria

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Segundo

**Créditos**

4

**Tipo**

Optativa

**Tipo de enseñanza**

Presencial

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Haber cursado el Módulo docente genérico.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)**

La formación de los estambres. Métodos de identificación y caracterización de los genes implicados en el desarrollo y función de los estambres. Genes que controlan el desarrollo de la antera y el polen. Bases genéticas de la autoincompatibilidad polen-estigma. Genes implicados en la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico. Origen genético del polimorfismo molecular en el polen. Familias multigénicas en polen. Caracterización de isoformas y variantes. Ventajas del polimorfismo. Coevolución molecular (enzimas, sustratos, ligandos, etc.). El caso de los alérgenos. Interacciones entre genes nucleares y mitocondriales que afectan al desarrollo del gametofito masculino. Esterilidad citoplásmica masculina. Aplicaciones agronómicas y biotecnológicas del análisis genético del polen. Métodos de transformación genética en polen. Inducción de haploides a partir de granos de polen. Perspectivas evolutivas de la genética del polen. Desarrollo evolutivo del proceso sexual en plantas. La diversidad de la estructura del polen y su papel en la polinización. Flujo genético a través del polen.

**COMPETENCIAS**

### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Adquirir una comprensión sistemática de los distintos campos de estudio de la Genética y de la Biología evolutiva y un dominio en las habilidades y métodos de investigación propios de estas disciplinas científicas y de sus aplicaciones.
- CG02 - Aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios o multidisciplinares, los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas relacionados con el área de estudio de las distintas ramas de la Genética y de la Biología evolutiva.
- CG03 - Desarrollar habilidades de análisis y síntesis de la información científica, incluyendo capacidades de comprensión, razonamiento y crítica científica, así como de expresión oral, debate y argumentación lógica.
- CG04 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, redactar planes, proyectos de investigación y artículos científicos.
- CG05 - Formular con cierta originalidad hipótesis razonables.
- CG06 - Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CG07 - Comunicar sus conclusiones -y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CG08 - Desarrollar habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG09 - Aplicar el método científico en la investigación.
- CG10 - Trabajar eficazmente en equipo.
- CG11 - Trabajar de forma organizada y planificada.
- CG12 - Demostrar motivación por la calidad.
- CG13 - Tener creatividad.
- CG14 - Incrementar la conciencia social y solidaria, así como el sentido ético de la ciencia y de sus aplicaciones.
- CG15 - Aplicar los conocimientos adquiridos al desarrollo futuro de actividades profesionales en el campo de la investigación.



### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE18 - Aplicar las técnicas de ADN recombinante en el diseño experimental.
- CE19 - Interpretar los resultados experimentales que impliquen la modificación genética de organismos de interés agroalimentario.
- CE20 - Aplicar los conocimientos de la Genética y la Genómica a la resolución de problemas en el campo agroalimentario y medioambiental.
- CE21 - Comprender y saber aplicar las técnicas que permiten la caracterización y el análisis de genomas de organismos de interés agroalimentario.
- CE22 - Aplicar a la Mejora Genética las principales herramientas genéticas clásicas y moleculares así como las herramientas genómicas disponibles.
- CE23 - Comprender y saber hacer un buen uso de los conocimientos sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de las posibles medidas a tomar en un proyecto de investigación de Mejora Genética en organismos de interés agroalimentario.
- CE24 - Comprender y saber aplicar los aspectos teóricos de la Genómica y la Mejora genética así como sus aplicaciones prácticas en problemas concretos.
- CE25 - Comprender y saber aplicar los conocimientos teóricos de la Biotecnología así como sus aplicaciones prácticas.
- CE26 - Comprender y saber hacer un buen uso de los conocimientos sobre las responsabilidades legales, éticas y el impacto sociológico y ambiental, que determinadas técnicas y aplicaciones de la Biotecnología pueden generar.
- CE27 - Aplicar los conocimientos adquiridos al desarrollo futuro de actividades profesionales en el sector agroalimentario.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas.
- CT02 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- CT03 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

1. Las bases genéticas que sustentan la formación y la funcionalidad del gametofito masculino en las Plantas Superiores.
2. El papel del polen en la evolución de las especies, y las modificaciones en su estructura y comportamiento celular, encaminadas a la regulación y la consecución de la polinización y la fertilización.
3. El potencial biotecnológico del grano de polen y los métodos que permiten dichos usos.

El alumno será capaz de:

4. Diseñar métodos multidisciplinares de análisis genético y de análisis de expresión génica en los tejidos de la antera, el polen aislado y el polen durante su germinación in vivo e in vitro.
5. Incrementar su capacidad de investigar y profundizar en temas concretos y



especializados, particularmente en aquellos más relevantes y actuales del área.  
6. Transferir estos conocimientos al ámbito agrícola

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- **Tema 1. Genética del desarrollo y la función del estambre.** El estambre: estructura y función. Etapas de la morfogénesis del estambre. Control génico y epigenético del desarrollo y la función del estambre. La antera: estructura y función. Etapas de la morfogénesis de la antera. Control génico y epigenético del desarrollo de la antera. El tapetum: estructura y función. Mutaciones que afectan al desarrollo del tapetum: efectos sobre la fertilidad masculina.
- **Tema 2. Genética del desarrollo y la función del polen.** Etapas del desarrollo del gametofito masculino: microsporogénesis y microgametogénesis. Genes que regulan el desarrollo del polen. La pared del polen: estructura y función. Control génico de la morfogénesis de la exina y las aperturas del polen. Interacción entre genes nucleares y mitocondriales que afectan al desarrollo del gametofito masculino. Esterilidad citoplasmática masculina.
- **Tema 3. Control génico de la polinización.** Mecanismos genéticos y fisiológicos de control de la dehiscencia de la antera. Concepto de unidad polínica. La fase progámica: definición y etapas. Regulación génica de la interacción polen-pistilo. Barreras a la autofecundación: ventajas de la fecundación cruzada. Tipos de autoincompatibilidad. Bases genéticas de la autoincompatibilidad en plantas. Genes implicados en la regulación de la germinación y el crecimiento del tubo polínico. Mecanismos que regulan la orientación del tubo polínico. Control genético de la fertilización en el saco embrionario. Apomixis: ¿mejor sin meiosis?
- **Tema 4. Genómica y transcriptómica del polen.** Métodos generales e históricos de análisis genético en el polen. Obtención de genomas y transcriptomas a partir del polen. Preprocesamiento, ensamblaje, mapeo y anotación. Enriquecimiento biológico. Incorporación en bases de datos. Aplicaciones específicas de la transcriptómica en el polen.
- **Tema 5. Polimorfismo genético en el polen.** Origen genético del polimorfismo molecular en el polen. Familias multigénicas en el polen. El caso de los alérgenos. Ventajas del polimorfismo genético. Co-evolución molecular. Métodos de estudio del polimorfismo genético en el polen.
- **Tema 6. Aplicaciones biotecnológicas.** Aplicaciones agronómicas y biotecnológicas del análisis genético del polen. Métodos de transformación genética del polen. Embriogénesis gamética: definición y tipos. Embriogénesis del polen. Ventajas del uso de haploides en la mejora vegetal. Genes que regulan la embriogénesis del polen. Técnicas para estudiar la embriogénesis del polen.
- **Tema 7. Polen y evolución.** Evolución de la reproducción sexual en las plantas: origen y mecanismos. Perspectivas evolutivas de la genética del polen. La diversidad de estructuras en el polen y su papel en la polinización. Co-evolución y polinización. Flujo genético a través del polen: OMGs y mecanismos de bio-contención genética. Reprogramación epigenética en el desarrollo del polen y en la transmisión gamética.

### PRÁCTICO

#### Seminarios/Talleres



- Elaboración y presentación de seminarios de ampliación sobre temas específicos del curso. Debate y comentarios.

### Prácticas de Laboratorio

- **Práctica 1.** Citogenética: observación citológica y determinación de los diferentes estadios de la microsporogénesis y microgametogénesis. Métodos de squash y observación tras tinción con colorantes (microscopía óptica) y fluoróforos (microscopía de fluorescencia/confocal).
- **Práctica 2.** Polimorfismo molecular en el polen. Análisis bioinformático de secuencias de alérgenos con elevado grado de polimorfismo. Predicción de modificaciones postraduccionales y estructuras moleculares. Análisis filogenético.
- **Práctica 3.** Transmisión de gametos durante la germinación del polen in vitro: observación de núcleos al microscopio de fluorescencia mediante tinción con fluorocromos.
- **Práctica 4.** Disección histológica de la inducción de androgénesis mediante el cultivo de polen y anteras.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Bhatt AM, Canales C, Dickinson HG (2001). Plant meiosis: the means to 1N. *Trends Plant Sci.* 6(3):114-21.
- Boavida LC, Becker JD, Feijo JA (2005). The making of gametes in higher plants. *Int J Dev Biol* 49: 595-614
- Breygina M, Klimenko E, Schekaleva, O. (2021). Pollen Germination and Pollen Tube Growth in Gymnosperms. *Plants* 2021, 10, 1301.
- Cameron C, Geitmann A (2018). Cell mechanics of pollen tube growth. *Curr. Opin. Genetics Dev.* 51: 11-17
- Caryl AP, Jones GH, Franklin F Ch H (2003). Dissecting plant meiosis using *Arabidopsis thaliana* mutants. *J Exper Bot (Plant Reproductive Biology Special Issue)* 54(380):25-38
- Chase Ch D (2006). Cytoplasmic male sterility: a window to the world of plant mitochondrial-nuclear interactions. *Trends Genet* 23(2):81-90
- Copenhaver GP, Keith KC, Preuss D (2000). Tetrad analysis in higher plants. A budding technology. *Plant Physiol* 124(1):7-16
- Cruz-Valderrama JE, Bernal-Gallardo JJ, Herrera-Ubaldo H, de Folter S. (2021). Building a Flower: The Influence of CellWall Composition on Flower Development and Reproduction. *Genes* 2021, 12, 978.
- Kawashima T, Berger F (2014) Epigenetic reprogramming in plant sexual reproduction. *Nature Rev Genetics* 15: 613-624.
- Kinoshita A, Richter, R (2020). Genetic and molecular basis of floral induction in *Arabidopsis thaliana* *J Exp Bot* 71 (9): 2490-2504.
- Ma H (2005). Molecular Genetic Analyses of Microsporogenesis and Microgametogenesis in Flowering Plants. *Annu Rev Plant Biol* 56:393-434
- Obermeyer G, Feijó J (Eds.) (2017). Pollen tip growth. From biophysical aspects to systems biology. Springer. 424 pp.
- Shivanna KR, Sawhney VK (Eds.) (2005). Pollen Biotechnology for Crop Production and Improvement. Cambridge University Press
- Yang WC, Sundaresan V (2000). Genetics of gametophyte biogenesis in *Arabidopsis*. *Curr Opin Plant Biol* 3(1):53-57
- Zhang D, Yang L (2014). Specification of tapetum and microsporocyte cells within the



anther. *Curr. Opin. Plant Biol.* 17: 49-55.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Airoidi CA (2010). Determination of sexual organ development. *Sexual Plant Reproduction* 23: 53-62
- Alotaibi SS, Sayed SM, Alosaimi M, Alharthi R, Banjar A, Abdulqader N, Alhamed R.(2020). Pollen Molecular Biology: applications in the forensic palynology and Future prospects: A review, *Saudi Journal of Biological Sciences* 27(5), 1185-1190.
- Chapman LA, Goring DR (2010). Pollen-pistil interactions regulating successful fertilization in the Brassicaceae. *Journal of Experimental Botany*. DOI: 10.1093/jxb/erq021
- Daniel H (2002). Molecular strategies for gene containment in transgenic crops. *Nature Biotech* 20:581-586
- Edlund AF, Swanson R, Preuss D (2004) Pollen and Stigma structure and function: the role of diversity in pollination. *Plant Cell* 16, S84-S97 Supplement 2004
- Furnessa CA, Rudalla PJ (2004). Pollen aperture evolution – a crucial factor for eudicot success? *Trends Plant Sci* 9(3):154-158
- Mizuta Y, Higashiyama T (2018). Chemical signaling for pollen tube guidance at a glance. *J. Cell Sci.* 131 (2): jcs208447.
- Hörandl E (2010). The evolution of self-fertility in apomictic plants. *Sex Plant Reprod* 23: 73-86
- Jimenez-Lopez JC, Kotchoni SO, Rodríguez-García MI, Alché JD. 2012. Structure and functional features of olive pollen pectin methylesterase using homology modeling and molecular docking methods. *Journal of Molecular Modeling* 18(12):4965-84.
- Jimenez-Lopez JC, Robles-Bolivar P, Lopez-Valverde FJ, Lima-Cabello E, Kotchoni SO, Alché JD. 2016. Ole e 13 is the unique food allergen in olive: Structure-functional, substrates docking, and molecular allergenicity comparative analysis. *Journal of Molecular Graphics and Modeling* 66:26-40.
- Jimenez-Lopez JC, Kotchoni SO, Hernandez-Soriano MC, Gachomo EW, Alché JD. 2013. Structural functionality, catalytic mechanism modeling and molecular allergenicity of phenylcoumaran benzylic ether reductase, an olive pollen (Ole e 12) allergen. *J Comput Aided Mol Des.* 27(10): 873-95
- Le Trionnaire G, Twell D (2010). Small RNAs in angiosperm gametophytes: from epigenetics to gamete development. *Genes Devel* 24:1081-1085
- Moon HS, Li Y, Stewart CN (2010). Keeping the genie in the bottle: transgene biocontainment by excision in pollen. *Trends in Biotechnology* 28 (1): 3-8
- Ravi M, Marimuthu MP, Siddiqi I (2008). Gamete formation without meiosis in *Arabidopsis*. *Nature* 451(7182):1121-1124
- Shi Y, Li Y, Guo Y, Borrego EJ, Wei Z, Ren H, Ma Z, Yan Y. A Rapid Pipeline for Pollen- and Anther-Specific Gene Discovery Based on Transcriptome Profiling Analysis of Maize Tissues. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021; 22(13):6877.
- Spielman M, Vinkenoog R, Scott RJ (2003). Genetic mechanisms of apomixes. *Phil Trans R Soc Lond B* 358:1095-1103
- Warwick SI, Beckie HJ, Hall LM (2009). Gene flow, invasiveness, and ecological impact of genetically modified crops. *Ann NY Acad Sci* 1168:72-99
- Wheeler MJ, Vatovec S, Franklin-Tong VE (2010). The pollen S-determinant in *Papaver*: comparisons with known plant receptors and protein ligand partners. *J Exper Bot* DOI: 10.1093/jxb/erp383.

## ENLACES RECOMENDADOS



**International Association of Sexual Plant Reproduction Research (IASPRR):** <https://www.iaspr.org>

**Pollen genetics lab Brown**

**University:** [http://www.brown.edu/Departments/Molecular\\_Biology/pgl/index.html](http://www.brown.edu/Departments/Molecular_Biology/pgl/index.html)

**Lab de T Higashiyama:** <https://www.bio.nagoya-u.ac.jp/english/laboratory/prs.html>

**Lab de David Twell:** <https://www2.le.ac.uk/departments/genetics/people/twell/lab>

**Lab de U. Grossnicklauss:** <https://www.botinst.uzh.ch/en/research/development/grossnik.html>

**Lab de T. Dresselhaus:** <https://www.uni-regensburg.de/biologie-vorklinische-medizin/cell-biology-and-plant-biochemistry/dresselhaus/index.html>

**Lab de D. Honys:** <http://www.ueb.cas.cz/en/content/laboratory-pollen-biology>

**Lab de S. McCormick:** <https://plantandmicrobiology.berkeley.edu/users/sheila-mccormick>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD04 Prácticas de laboratorio o clínicas
- MD05 Seminarios
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD08 Realización de trabajos en grupo

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Se propone un sistema de evaluación continua en el que se valorará:

1. Adquisición de las competencias, aptitudes y conocimientos propios de cada materia, mediante exámenes de su valoración (30%)
2. Las aportaciones del alumno (10%) en:
  - a. Las Sesiones de discusión en términos de ideas interesantes, dudas, y cualquier intervención que demuestre su interés por la materia y su estudio continuado a lo largo del curso.
  - b. La actitud del alumno en el laboratorio durante las prácticas de laboratorio, su interés por aprender las técnicas y su destreza con éstas.
  - c. La actitud del alumno en el aula durante las prácticas con ordenador, su interés por aprender los procedimientos y su destreza con éstos.



3. Realización de ejercicios propuestos tanto para su resolución en clase como para su realización en horas no presenciales. Igualmente, se valorará la capacidad del alumno para la elaboración de trabajos e informes. (30%).

4. Capacidad de análisis y de síntesis de cada alumno en las actividades de búsqueda bibliográfica (análisis de trabajos científicos, trabajos en equipo, seminarios), así como la claridad en la exposición de su trabajo. (30%)

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Según el art. 19 de la normativa de evaluación y calificación, los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. En esta convocatoria se realizará un examen de todos los contenidos teóricos y prácticos, no guardando por tanto la calificación de los parciales.. En esta evaluación extraordinaria el examen supondrá el 100% de la calificación final

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

De acuerdo con el artículo 8 de la citada normativa: “Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, lo solicitará al director del Departamento, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua”. La solicitud se puede presentar electrónicamente en el siguiente enlace: <https://sede.ugr.es/sede/catalogo-de-procedimientos/solicitud-evaluacion-unica-final.html>

La evaluación única final constará de un examen escrito de los contenidos del programa teórico de la asignatura, y un examen de los contenidos del programa de prácticas, que podrá incluir preguntas de desarrollo o de opción múltiple, problemas numéricos, así como la realización experimental de alguna práctica de laboratorio.

Para aprobar la asignatura es imprescindible aprobar el examen de contenidos teóricos obteniendo como mínimo una puntuación de 5 sobre 10. Así mismo es imprescindible aprobar el examen de prácticas obteniendo como mínimo una puntuación de 5 sobre 10.

La nota final de la asignatura se obtendrá de la nota de teoría, que supondrá hasta el 90% de la nota final, y de la nota de prácticas que supondrá hasta el 10% de la nota final.

