

GUIA DOCENTE DE LA ASIGNATURA
DESCRIPTION OF INDIVIDUAL COURSE UNIT

1.- Nombre de la asignatura/módulo/unidad y código Course title and code	FISIOLOGÍA VEGETAL
2.- Nivel (Grado/Postgrado) Level of course (Undergraduate/Postgraduate)	Grado
3.- Plan de estudios en que se integra Programme in which is integrated	Licenciatura en Biología
4.- Tipo (Troncal/Obligatoria/Optativa) Type of course (Compulsory/Elective)	Troncal
5.- Año en que se programa year of study	3º
6.- Calendario (Semestre) Calendar (Semester)	anual
7.- Créditos teóricos y prácticos Credits (theory and practics)	12-créditos LRU (9-teórico, 3-prácticos)
8.- Créditos expresados como volumen total de trabajo del estudiante (ECTS) Number of credits expressed as student workload (ECTS)	12-ECTS (300- horas de trabajo del estudiante)
9.- Prerrequisitos y recomendaciones (E, esencial; R, recomendado; H, ayuda) Prerequisites and advises (E, essential; R, recommended; H, helpful)	
10. Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias) Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)	<p>Conocimiento de los procesos básicos de la Fisiología de las plantas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Intercambios de energía entre las plantas y su ambiente: Fotosíntesis, fotorrespiración, asimilación del nitrato y del sulfato, respiración y mitocondrias vegetales y factores que afectan a la fotosíntesis y respiración. 2. Intercambios de materia entre las plantas y su ambiente: Relaciones hídricas y nutrición mineral. Absorción, distribución y funciones fisiológicas de los nutrientes en las plantas. 3. Regulación del crecimiento de las plantas: Hormonas vegetales. <p>Aprender a utilizar las técnicas experimentales básicas para el estudio de la Fisiología Vegetal.</p>
11.- Programa Course contents	<p>Índice de temas de teoría</p> <p>Tema 1.- Introducción a la Fisiología Vegetal. Definición de Fisiología Vegetal. Características funcionales de los sistemas vivos en general y de los vegetales en particular. Los límites de la Fisiología Vegetal con respecto a otras disciplinas. Estado actual de la Fisiología Vegetal.</p> <p>Tema 2.- Fotosíntesis: generalidades. Definición de fotosíntesis. Originalidad e importancia del proceso fotosintético. Descubrimiento del proceso fotosintético y de la ecuación general de la fotosíntesis. Ecuación general de la fotosíntesis. Consideraciones energéticas. Estudio esquemático de las etapas de la fotosíntesis.</p> <p>Tema 3.- Luz y pigmentos fotosintéticos. Espectro de acción de las estructuras fotosintéticas y espectro de acción de la fotosíntesis. Estructura y distribución de los pigmentos fotosintéticos. Biosíntesis de clorofilas. Biosíntesis de carotenoides. Organización de los pigmentos fotosintéticos en los tilacoides. Las bases estructurales de la fotosíntesis.</p> <p>Tema 4.- El aparato fotosintético. Tipos de aparato fotosintético. Tipos de plastos presentes en las plantas superiores. Estructura del cloroplasto. Ultraestructura del cloroplasto. Doble unidad de membrana externa. Estructura tilacoidal. Estroma. Origen y evolución de los cloroplastos.</p> <p>Tema 5.- Etapas fotoquímicas I: generación del poder reductor. Introducción. Reacciones fotoquímicas iniciales. Transferencia de energía en las plantas superiores. Estudio de los dos fotosistemas del cloroplasto. Complejo citocromo b₆/f. Transporte de electrones entre los dos fotosistemas. Complejo recolector de luz de clorofila a/b (LHC).</p> <p>Tema 6.- Etapas fotoquímicas II: fotofosforilación. Introducción. Tipos de fotofosforilación. Mecanismo de la fotofosforilación: Teoría quimiosmótica de Mitchell. Estudio del complejo CF₀-CF₁ ATP sintetasa. Lugares de conservación de la energía en la fotofosforilación.</p> <p>Tema 7.- Asimilación fotosintética del CO₂: el ciclo C₃. Ciclo de Calvin. Introducción. Características anatómicas de las plantas C₃. Ciclo de Calvin</p>

o ciclo C₃. Estructura y función de la rubisco. Regulación. Las vías de salida del ciclo de Calvin. Transferencia de energía y poder reductor entre cloroplasto y citoplasma.

Tema 8.- **Fotorrespiración.** Descubrimiento de la fotorrespiración. Métodos de medida. Acción de los factores externos e internos. Mecanismo de la fotorrespiración y su regulación. Importancia de la fotorrespiración en la productividad vegetal.

Tema 9.- **Asimilación fotosintética del CO₂ en plantas C₄.** Introducción. Características anatómicas de las plantas C₄. Ciclo C₄. Carboxilación fotosintética primaria. Carboxilación fotosintética secundaria. Regulación. Ventajas del metabolismo C₄. Especies intermedias C₃/C₄.

Tema 10.- **Asimilación fotosintética del CO₂ en plantas CAM.** Introducción. Plantas CAM y succulencia. Características anatómicas de las plantas CAM. Mecanismo del ciclo CAM: Carboxilación nocturna. Carboxilación diurna. Regulación. Adaptaciones de las plantas CAM.

Tema 11.- **Factores que afectan a la fotosíntesis.** Introducción. Concepto de factor limitante. Influencia de los factores externos e internos sobre la fotosíntesis. Tasa de fotosíntesis y productividad vegetal. Métodos de medida de la fotosíntesis.

Tema 12.- **Asimilación del nitrógeno y del azufre.** El ciclo del nitrógeno y las plantas. Fijación biológica del nitrógeno. Reducción asimiladora de los nitratos. Acumulación del amonio en las plantas. Control de la asimilación del nitrógeno por la planta. Reducción asimiladora del sulfato. Ciclo del azufre y las plantas. Absorción y transporte del sulfato por las plantas. Activación del sulfato. Reducción asimiladora del sulfato. Regulación de la reducción asimiladora del sulfato.

Tema 13.- **Respiración en los vegetales.** Procesos anaeróbicos de oxidación: Glucólisis y fermentación. Mitocondrias vegetales. Formación del acetil-CoA y ciclo de Krebs. Cadena de transporte de electrones. Sistemas NADH-deshidrogenasas. Fosforilación oxidativa. Rendimiento energético. Respiración resistente al cianuro. Ciclo de las pentosas fosfato. Factores que afectan a la respiración. Métodos de medida de la respiración.

Tema 14.- **El agua en las plantas.** Importancia del agua para las plantas. Contenido de agua en las plantas. Efecto de la disponibilidad de agua sobre la estructura vegetal. Adaptación. Estructura y propiedades del agua. Potencial hídrico. Componentes del potencial hídrico. Tipos de movimientos del agua. Flujo de masas. Difusión. Osmosis.

Tema 15.- **Relaciones hídricas en células y tejidos vegetales.** Estructuras celulares y su papel en la ósmosis. Componentes del potencial hídrico en las células vegetales. Sistema osmótico en la célula. Medida del potencial hídrico y sus componentes.

Tema 16.- **Transpiración y estomas.** Concepto de transpiración. Transpiración estomática. Funcionamiento de los estomas. Movimientos de los estomas. Anatomía y citología de los estomas. Factores que afectan al movimiento de los estomas. Mecanismos de control fisiológico de la apertura estomática. Apertura y cierre de estomas en luz y oscuridad. Métodos de medida de la transpiración. Factores que influyen sobre la velocidad de la transpiración. Importancia de la transpiración. Pérdida de agua en estado líquido por las plantas.

Tema 17.- **Transporte del agua a través de la planta.** El agua en el suelo y su disponibilidad para las plantas. Transporte del agua desde el suelo a través de la raíz. Concepto de apoplasto y simplasto. Paso del agua a través de la raíz. Fuerza impulsora del agua a través de la raíz. Transporte del agua desde la raíz hasta las hojas. Estructura del xilema. Mecanismos de ascenso de la solución del xilema. La cavitación, causas y mecanismos de defensa.

Tema 18.- **Transporte por el floema.** El floema como sistema conductor de solutos. Estructura del floema. Sustancias transportadas por el floema. Características del transporte por el floema. Carga y descarga de los tubos cribosos. Mecanismos de transporte por el floema. Efecto de los factores ambientales sobre el transporte por el floema. Partición de asimilados en la planta.

Tema 19.- **Nutrición mineral.** Generalidades. Métodos de detección de los elementos minerales en las plantas. Métodos analíticos y sintéticos. Relaciones cuantitativas entre el suministro de nutrientes y el crecimiento de la planta. Clasificación de los elementos minerales encontrados en los vegetales. Macronutrientes aniónicos y catiónicos: Nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre. Abundancia en el suelo. Formas disponibles para las plantas. Síntomas de deficiencias. Funciones fisiológicas. El potasio y su relación con la economía hídrica de la planta. El calcio y la calmodulina. Micronutrientes aniónicos y catiónicos: Cloro, boro, hierro, manganeso, zinc, cobre, níquel y molibdeno. Abundancia en el suelo. Formas disponibles para las plantas. Síntomas de deficiencias. Funciones fisiológicas.

Tema 20.- **Transporte de nutrientes a través de las membranas.** Transporte pasivo. Difusión y ósmosis. Equilibrio Donnan. Intercambio iónico. Flujo en masa. Transporte activo. Fuerzas que actúan sobre los iones: Ecuación de Nerst. Naturaleza del potencial de membrana. Energética. Mecanismos de absorción activa de nutrientes. Transportadores. Bombas. Canales iónicos. Cinética. Regulación de la absorción iónica.

Tema 21.- **Absorción de nutrientes y su distribución por la planta.** La raíz como órgano de absorción. Movimiento radial de los iones en la raíz. Transporte a la parte aérea. Composición de la solución del xilema. Deposición. Transporte secundario. Reutilización metabólica. Regulación de la absorción. Absorción foliar de nutrientes. El coste energético de la nutrición mineral.

Tema 22.- **El crecimiento y diferenciación vegetal.** Introducción. Concepto de crecimiento. Localización. Meristemos. Mecanismos de regulación del crecimiento vegetal. Concepto de diferenciación. Mecanismos de la diferenciación en plantas. Totipotencia.

Tema 23.- **Hormonas vegetales.** Definición de hormona vegetal. Clasificación de las hormonas vegetales. Concepto de sensibilidad diferencial a las fitohormonas. Receptores de las hormonas. Efectos de las hormonas vegetales sobre la actividad genética. Lugares de actividad hormonal.

Tema 24.- **Auxinas.** Descubrimiento. Localización, extracción, purificación y valoración. Tipos de auxinas. Relación estructura-actividad. Rutas

biosintéticas del AIA. Regulación de los niveles de auxinas: biosíntesis y degradación. Transporte. Efectos fisiológicos. Mecanismo de acción. Las auxinas y la expresión génica. Las auxinas y la pared celular.

Tema 25.- **Giberelinas**. Descubrimiento. Naturaleza química. Localización, extracción y valoración. Relación estructura-actividad fisiológica. Biosíntesis de giberelinas. Rutas biosintéticas. Regulación de la biosíntesis. Localización de la biosíntesis. Transporte. Efectos fisiológicos. Control genético en la elongación del tallo. Fotoperiodo y elongación del tallo. Desarrollo del fruto. Mecanismo de acción de las giberelinas. División y elongación celular. Expresión génica.

Tema 26.- **Citoquininas**. Descubrimiento. Tipos. Localización, extracción y valoración. Distribución y transporte. Biosíntesis. Lugares de síntesis. Rutas biosintéticas. Papel de los derivados glucosídicos. Actividad fisiológica. Diferenciación: control del crecimiento de brotes y raíces. Senescencia de las hojas. Floración. Mecanismo de acción. Receptores de citoquininas.

Tema 27.- **Acido abscísico**. Descubrimiento y estructura. Localización, extracción y valoración. Transporte. Biosíntesis. Regulación de la biosíntesis. Inactivación del ABA. Acciones fisiológicas. Relaciones hídricas. Latencia y desarrollo de la semilla. Tolerancia al estrés. Sequía. Efectos sobre el crecimiento. Congelación y tolerancia a la salinidad. Heridas y lesiones mecánicas. Mecanismo de acción.

Tema 28.- **Etileno**. Descubrimiento del etileno como fitohormona. Valoración y cuantificación. Biosíntesis. Papel de las fitohormonas en la biosíntesis del etileno. Factores externos que afectan a la biosíntesis. Acciones fisiológicas del etileno. Modo de acción. Etileno como efector y modulador de otras fitohormonas.

Tema 29.- **Otras hormonas vegetales**. Poliaminas. Brasinoesteroides. Oligosacarinas. Acido salicílico. Sistemina. Oxido nítrico. Otros compuestos con actividad reguladora.

Tema 30.- **Fisiología de las plantas en condiciones adversas**. Introducción. Respuestas de las plantas a condiciones adversas: adaptación, aclimatación, resistencia o tolerancia. Etapas de la respuesta. Estrés biótico: patógenos. Estrés abiótico: sequía, salinidad, temperaturas extremas, exceso de intensidad luminosa, contaminantes ambientales, metales pesados. Respuestas generales frente al estrés.

Programa de prácticas

1.- Morfología.

- 1.1.- Estudio de la estructura foliar de plantas C3, C4 y CAM.
- 1.2.- Corte transversal del tallo de mono y dicotiledóneas.

2.- Fotosíntesis.

- 2.1.- Efecto de la temperatura y de la intensidad luminosa sobre la velocidad de la fotosíntesis.
- 2.2.- Efecto de la concentración de CO₂ y de la intensidad luminosa sobre la velocidad de la fotosíntesis.
- 2.3.- Separación de pigmentos fotosintéticos mediante disolventes químicos y medida del espectro de absorción de los pigmentos del cloroplasto.
- 2.4.- Aislamiento de cloroplastos y determinación de la reacción de Hill.

3.- Respiración.

- 3.1.- Efecto de la temperatura sobre la velocidad de la respiración aerobia.

4.- El agua en las plantas.

- 4.1.- Determinación del potencial osmótico del contenido celular por el método plasmolítico.
- 4.2.- Medida del potencial hídrico de un tejido según el método de Chardakov.

5.- Nutrición mineral.

- 5.1.- Determinación de cloruros en extractos celulares vegetales.
- 5.2.- Determinación de nitratos en extractos celulares vegetales.

6.- Fitohormonas.

- 6.1.- Efecto de las auxinas sobre el crecimiento del coleóptilo de maíz.
- 6.2.- Efecto de las giberelinas sobre el hipocotilo de lechuga.
- 6.3.- Efecto de las citoquininas sobre la expansión del cotiledón de rabanito.

12. Bibliografía recomendada

Recommended reading

Teórica:

- AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. (2000): Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.
- AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. 2ª ed (2008): Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.
- BARCELO COLL, J.; NICOLAS RODRIGO, G.; SABATER GARCIA, B. y SANCHEZ TAMES, R. (2001): Fisiología Vegetal Ed. Pirámide, Madrid.
- BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W. y JONES, R.L. (2000): Biochemistry & Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists. Drake Int. Services, Oxford.
- DENIS, T. y TURPIN, D. (1993): Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Longman Singapore Pub., Singapore.
- DICKINSON, W.C. (2000): Integrative Plant Anatomy. Academic Press.
- GIL MARTINEZ, F. (1995): Elementos de Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

- GUARDIOLA BARCENA, J.L. y GARCIA LUIS, A. (1990): Fisiología Vegetal. I. Nutrición y transporte. Ed. Síntesis, Madrid.
- HOPKINS W.G. (2002): Introduction of Plant Physiology. John Wiley and Son.
- KOZLOWSKI, Th.T. 1996. «Physiology of woody plants». 2nd ed., Academic Press. London.
- KRAMER, P.J. y BOYER, J.S. (eds.) (1995): Water Relations of plants and soils. Academic Press, New York.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. (2001) Principles of Plant Nutrition. Kluwer Ac. Pub.
- ORTOLA, A.G. (2000): Apuntes básicos de Fisiología Vegetal. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F. and EICHHORN, S.E. (1999): Biology of Plants (sixth ed.). W.H. Freeman and Company Worth Pub. New York.
- SALISBURY, F.B. y ROSS, C.W. (2000). Fisiología de las plantas. Paraninfo, Madrid.
- TAI, L. y ZEIGER, E. 4ª ed. (2006): Plant Physiology. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- THOMAS, B.; MURPHY, D.J. y MURRAY, B.G. (2003): Encyclopedia of Applied Plant Sciences. Academic Press.
- VICENTE, C. y LEGAZ, M. (2000): Fisiología Vegetal Ambiental. Pirámide, Madrid

Práctica:

- ARDITI, J. y DUNN, A. (1969): Experimental Plant Physiology. Holt, Rinehart and Winstom, New York.
- CUMMINGS, G.; GRIES, G.A.; POSTLETHWAIT, S.N. y STEARNS, F.W. (1956): Workbook in Fundamentals of Plant Science. Burgess, Minnesota.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; LIGERO LIGERO, F.; ROMERO MONREAL, L. y SANCHEZ CALLE, I. (1979): Prácticas de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Granada.
- KALRA, Y.P. (1988): Handbook of reference. Methods for plant analysis. Springer.
- MOORE, R.H. (1960): Laboratory Guide for Elemental Plant Physiology. Burgess, Minnesota.
- ROBERTS, J. y WHITEHOUSE, D.G. (1976): Practical Plant Physiology. Longman, London.
- ROVALO MERINO, M.J. y ROJAS GARCIDUEÑAS, M. (1982): Fisiología Vegetal. Prácticas de Laboratorio. Limusa, México.
- SANCHEZ DIAZ, M.; APARICIO TEJO, P. y PEÑA CALVO, J.I. (1980): Prácticas de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Navarra, Pamplona.
- TRIGIANO R.N., GRAY D.J. 2000. Plant Tissue Concepts and Laboratory Exercises. CRC Press, Boca Raton, Florida.

La asignatura de Fisiología Vegetal se distribuye en clases teóricas, prácticas de laboratorio, seminarios, sin olvidar las seis horas de tutoría semanales asignadas a la asignatura, que permiten al alumno resolver sus dudas particulares, y otras actividades, entre las que destacan: trabajos de campo, resolución de problemas, visitas a centros experimentales, modelos de simulación por ordenador, búsqueda de información en internet, realización de trabajos bibliográficos, etc.

Teoría (9 créditos)	90 horas	90 horas presenciales	120 horas estudio	210 horas
Prácticas laboratorio (3 créditos)	30 horas	30 horas presenciales	20 horas estudio	50 horas
Seminarios	10 horas			10 horas
Tutorías personalizadas	4 horas			4 horas
Búsquedas en la red	16 horas			16 horas
Exámenes	10 horas			10 horas
TOTAL = 12 ECTS				300 horas

Se realizan cuatro exámenes de la parte teórica, dos de ellos parciales eliminatorios de materia, y dos finales, uno en la convocatoria de junio y otro en la de septiembre. A lo largo de cada cuatrimestre se harán varias pruebas cortas de los contenidos de teoría en el horario normal de las clases teóricas, para seguir la evolución de los conocimientos del alumno. Además, se hacen dos exámenes de la parte práctica, uno de las prácticas 1 a 4 y otro de las prácticas 5 a 8, y en caso de no superarlos, se repetirán en el examen final. La asistencia a prácticas y aprobar los exámenes de prácticas son condiciones obligatorias e imprescindibles para poder aprobar la asignatura. La calificación de prácticas supondrá hasta el 10% de la nota final de la asignatura. La no asistencia a alguna de las prácticas supondrá una disminución proporcional de la nota final de prácticas.

Isabel Aguí Martín (iagui@ugr.es)
 Carmen Lluch Plá (clluch@ugr.es)
 Antonio Ocaña Cabrera (aocana@ugr.es)
 Dolores Garrido Garrido (dgarrido@ugr.es)

13. Métodos docentes

Teaching methods

14. Actividades y horas de trabajo estimadas

Activities and estimated workload (hours)

15. Tipo de evaluación y criterios de calificación

Assessment methods

16. Nombre del profesor(es) y dirección de contacto para tutorías

Name of lecturer(s) and address for tutoring