

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Y MUSEO

PROGRAMAS

AÑO 2013

Cátedra de FISIOLÓGIA VEGETAL

Profesor DR. GUANET JUAN JOSÉ

Se recomienda la aceptación del presente programa y se sugiere que la próxima presentación se realice incluyendo el cambio de formato recientemente aprobado por la Facultad.

Andez C. M. 11/10

María Adela Casas

M. L. POCHETT 11/10

14 de junio de 2013

Comisión de Enseñanza: Visto el programa de la asignatura

sea Fisiología Vegetal, atendiendo el Constructivo para la presentación de Programas, esta Comisión sugiere se adjunte:

• Corolito, Cronograma de actividades
Bibliografía por unidades temáticas así como especificar la carga horaria de los actividades prácticas

Diana Durán

Francisco Molla

N. P. Sarriente

Valero, Ana S.



Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Asignatura: Fisiología Vegetal

Régimen Anual – Tradicional

Carga horaria: teóricos 2 horas semanales, trabajos prácticos 3 horas semanales

Titular Juan José Guiamet

Profesor adjunto: Carlos G. Bártoli

Jefe de TP: Laura V. Fernández

**Ayudantes de primera: Dana E. Martínez, Eduardo A. Tambussi,
Mariana Antonietta**

Ayudante diplomado ad-honorem: M. Luján Maydup

Mail: invpapa@agro.unlp.edu.ar



Programa de Fisiología Vegetal (2013)

Facultad de Ciencias Naturales y Museo - Universidad Nacional de La Plata

Diagnóstico de la situación de la asignatura

Fisiología Vegetal es una materia obligatoria para las orientaciones Botánica y Ecología de la Licenciatura en Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo. La materia se cursa en 4to. año, en un régimen anual, y son requisitos para cursar tener aprobadas Química General e Introducción a la Botánica, y haber cursado Física General, Química Orgánica y Morfología Vegetal.

La Fisiología Vegetal explica el funcionamiento de las plantas sobre bases mecánicas, y por su naturaleza requiere conocimientos aportados por varias disciplinas relacionadas (v.g., Física Biológica, Química Biológica, Biología Molecular y Celular, Genética, etc). La Fisiología Vegetal puede abordar el estudio del funcionamiento de las plantas en distintos niveles de organización: molecular, celular, orgánico, y poblacional, y el curso intenta brindar a los alumnos un panorama que abarque esta diversidad. La Fisiología Vegetal no ha estado ajena a la revolución que ha experimentado la Biología en las últimas tres décadas con el extraordinario desarrollo de la Biología Molecular, y el curso enfrenta la tarea de incorporar estos nuevos conocimientos al cuerpo más tradicional de conocimientos de la disciplina. Un desafío de la Fisiología Vegetal es explicar fenómenos que ocurren a nivel individual recurriendo a los conocimientos sobre procesos que ocurren a niveles de organización más sencillos (v.g., cambios en la expresión génica, actividad enzimática, etc), pero también es necesario integrar el conocimiento molecular y bioquímico en el complejo funcionamiento de las plantas como individuos.

Propuesta metodológica

Objetivos de la enseñanza de la Fisiología Vegetal en el contexto de la Licenciatura en Biología

La acumulación extraordinaria de conocimientos y la irrupción incesante de nuevos conceptos, enfoques y tecnologías torna difícil e inútil enseñar esta disciplina



con un enfoque enciclopedista. Por ejemplo, sería virtualmente imposible enseñar en detalle la cantidad de vías metabólicas y sus interconexiones, la variedad de vías de señalización y moléculas implicadas en las mismas, las respuestas a los múltiples factores ambientales interactuando entre sí, etc. Esta imposibilidad obliga a jerarquizar los conocimientos e incorporar juiciosamente los nuevos descubrimientos en el cuerpo de temas a enseñar.

El principal objetivo general en la enseñanza de la Fisiología Vegetal consiste en brindar al alumno un panorama integrado del funcionamiento de las plantas, al mismo tiempo que estimular el desarrollo de habilidades para el estudio de procesos y sus mecanismos, y el desarrollo de una actitud analítica y reflexiva.

Por lo expuesto, los objetivos específicos del curso son:

1. Proporcionar un conocimiento general del funcionamiento de las plantas, con especial énfasis en los procesos que determinan la productividad primaria y la adaptación de las plantas al ambiente.
2. Introducir a los alumnos en el conocimiento de las bases moleculares de la fisiología y el desarrollo de las plantas.
3. Promover la integración de los conocimientos a distintos niveles de organización (molecular, celular, orgánico, poblacional).
4. Estimular y capacitar a los alumnos para, a) la observación crítica de fenómenos naturales *in situ*, y b) la formulación de hipótesis contrastables sobre los fenómenos observados.
5. Estimular el desarrollo de habilidades para el diseño y ejecución de experimentos, u observaciones planificadas que permitan contrastar hipótesis.
6. Desarrollar en los alumnos la capacidad para el análisis de casos utilizando la información brindada en el curso.
7. Promover la capacidad para el análisis crítico de la información bibliográfica.

Modalidad de la asignatura Fisiología Vegetal

El cumplimiento de los objetivos descriptos precedentemente requiere la integración de las actividades tradicionalmente denominadas "teóricas" y "prácticas". En este

sentido, hay algunas particularidades del curso planificadas para alcanzar los objetivos planteados precedentemente:

- ✓ A los efectos de estimular el interés de los alumnos en la materia, y brindar un espacio para el ejercicio de la indagación sobre fenómenos observados en el campo, el curso comienza con una clase introductoria a desarrollar en la Reserva El Destino (Fundación Pearson, cerca de Magdalena, a 60 km de La Plata, de fácil acceso a través del transporte público de pasajeros). Dos ambientes interesantes en la reserva son los talares sobre albardones de conchilla, y los bajos entre albardones, moderadamente salinos y dominados en gran medida por *Distichlis spicata* ("pelo de chancho"). Se efectúan observaciones sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas en estos distintos ambientes. En esta actividad se guía a los alumnos en la formulación de interrogantes que se responderán más adelante en el transcurso de la materia. Por ejemplo, como elemento motivador de la participación de los alumnos, se orienta a los alumnos en la formulación de preguntas sobre el impacto de la herbivoría en el crecimiento de comunidades de gramíneas (por ejemplo, ¿hay una relación estrecha entre la disminución del índice de área foliar por herbivoría y la reducción de la productividad primaria?), sobre los efectos deletéreos de la salinidad edáfica, etc. Los interrogantes planteados por los alumnos en esta primera actividad son retomados más tarde en la medida en que sean pertinentes en el contexto de los temas tratados en teóricos o prácticos. Por otro lado, en forma complementaria y con periodicidad bianual integrando dos promociones de alumnos se realiza un viaje a las Yungas de Jujuy para evaluar modificaciones fisiológicas en las plantas desencadenadas por los gradientes altitudinal e hídrico.
- ✓ Algunos contenidos teóricos son cubiertos en los trabajos prácticos. Por otra parte, varios trabajos prácticos involucran el uso de modelos de simulación para explorar el efecto de distintos factores ambientales, y sus interacciones, sobre el balance de agua y carbono. Estos modelos (por ejemplo, "Plantmod"), que se viene utilizando desde hace 10-12 años, permiten a los alumnos experimentar con las variables ambientales, formular hipótesis a partir de los resultados obtenidos, y planear "experimentos" para contrastar esas hipótesis (en la medida en que los modelos lo permiten). Por ejemplo, se indica a los alumnos simular la

respuesta de la fotosíntesis a la irradiancia, y explorar cuál es el factor que limita la fotosíntesis a irradiancias saturantes en una especie C_3 a través de nuevas simulaciones con el modelo planeadas por ellos mismos.

- ✓ Un desafío para el curso es integrar conocimientos relativos a distintos niveles de organización (molecular, celular, tisular y orgánico). Sin pretender reemplazar la carencia de un curso de Química Biológica que es imprescindible en los planes de estudios de Botánica y Ecología, ciertos contenidos seleccionados de biología molecular de plantas y bioquímica, son tratados llevando a cabo varios trabajos prácticos con el objeto de introducir a los alumnos en algunos de los métodos y enfoques más comunes en bioquímica vegetal.
- ✓ Finalmente, en temas centrales para la comprensión del desempeño de las plantas en condiciones naturales (v.g., balance hídrico, balance de carbono, etc), al finalizar el bloque de clases teóricas referidas a un tema se dedica una clase adicional a discutir un caso reportado en la literatura científica (preferentemente en español). Aquí se intenta no solamente integrar conocimientos discutidos en las clases precedentes sino, también, iniciar a los alumnos en la comprensión y análisis crítico de la información científica.

Carga horaria de la materia: La asignatura es anual. Involucra estimativamente 144 horas incluyendo las actividades tanto de trabajos prácticos, como de teóricos y sus evaluaciones.

Cronograma:

Clases Teóricas

- Relaciones hídricas. 6 h
- Conceptos básicos de metabolismo. 2h
- Balance de carbono: Respiración y Fotosíntesis. 2h- 6h
- Nutrición mineral y asimilación de nutrientes. 4h
- Transporte de solutos orgánicos. 2h
- Crecimiento. Bases fisiológicas. Análisis del crecimiento. 2h



- **Desarrollo. 4h**
- **Hormonas vegetales, otros reguladores, y moléculas mensajeras. 4h**
- **La percepción del ambiente. 4h**
- **Fisiología de las plantas bajo estrés abiótico. 2h**
- **Fisiología de las plantas sometidas a estrés biótico. 2h**
- **Bases fisiológicas de la productividad primaria. 2h**

Clases prácticas

- **Clase inaugural.** Visita a la Reserva El Destino. **4h**
- **Relaciones hídricas**
Potencial agua en tejidos vegetales. **3h**
Factores que afectan la transpiración. **3h**
Factores que afectan el balance hídrico de comunidades vegetales. **3h**
- **Conceptos básicos de metabolismo**
Enzimas. **6h**
- **Balance de carbono: Fotosíntesis y respiración**
Determinación de la actividad fotoquímica de cloroplastos aislados. **3h**
Factores ambientales y fisiológicos que regulan la fotosíntesis. **9h**
- **Nutrición mineral y asimilación de nutrientes.**
Deficiencias minerales. **5h**
Absorción de nitratos y actividad de nitrato reductasa. **1h**
- **Crecimiento. Bases fisiológicas. Análisis del crecimiento**
El análisis del crecimiento. **6h**
- **Desarrollo**
Control de la floración por el fotoperíodo.
Otros procesos del desarrollo: germinación y dormición. 6h
- **Hormonas y reguladores vegetales.**
Síntesis de hormonas y respuesta de los tejidos. **3h**
Respuestas de las plantas a las hormonas vegetales. **9h**
- **La percepción del ambiente**
Fotomorfogénesis. **6h**
Tigmomorfogénesis. Tropismos: fototropismo, hidrotropismo y tigmotropismo.
1h
- **Fisiología de las plantas bajo estrés abiótico**

Porcentaje de asistencia requerido (conforme a reglamento): 80 %

Formas y tipo de evaluación

De manera coherente con los objetivos del curso, la evaluación de los alumnos evita indagar exclusivamente sobre la acumulación de información y excluye preguntas o exámenes cuyo único objetivo sea la repetición memorística de información. Por el contrario, se evalúa la adquisición de habilidades para el análisis de casos, para relacionar los distintos procesos del funcionamiento de las plantas, formular hipótesis, analizar el valor de las evidencias aportadas para sustentar una afirmación, y resolver problemas con los conocimientos adquiridos.

Para aprobar la materia, los alumnos deben aprobar tres exámenes parciales sobre tópicos dictados en los trabajos prácticos, y asistir al porcentaje de trabajos prácticos estipulados en la normativa vigente. Además, deben rendir un examen final integrando todos los contenidos de la asignatura.

Contenidos de la materia

Los contenidos de la materia se dividen en dos bloques: en el primer cuatrimestre se cubren temas relacionados con los intercambios de materia y energía entre la planta y el medio (v.g., balance hídrico, balance de carbono, nutrición mineral), mientras que el segundo cuatrimestre se enfoca en el crecimiento y desarrollo, las respuestas al ambiente y a factores de estrés, y la integración de los conceptos precedentes para comprender las bases de la productividad primaria. Los contenidos generales del curso se enumeran a continuación.



PROGRAMA DE FISIOLÓGÍA VEGETAL
CONTENIDOS TEÓRICOS

Las viñetas identifican los temas de cada clase teórica; subrayados se indican algunos temas "teóricos" que se dictan durante las clases "prácticas" correspondientes.

Relaciones hídricas.

- ❖ Importancia del agua en la fisiología de las plantas. Concepto de potencial agua y sus componentes. Diagrama de Höfler y módulo de elasticidad de la pared. Difusión del agua a través de las membranas biológicas: acuaporinas.
- ❖ Transpiración: la difusión de agua en fase gaseosa. Factores ambientales que afectan la transpiración. Funcionamiento del aparato estomático. Control de la apertura y cierre de los estomas.
- ❖ Movimiento del agua en la planta. Teoría tenso-coheso transpiratoria. Absorción de agua y vías de entrada por la raíz. Resistencias al flujo de agua. Cavitación: mecanismo. Tolerancia a la cavitación y márgenes de seguridad en especies xerófitas. Presión radical y gutación.
- ❖ Discusión de un trabajo científico para integración de la unidad.

Bibliografía

- ❖ Goldstein G., Sarmiento G. y Meinzer F. "Patrones diarios y estacionales en las relaciones hídricas de árboles siempreverdes de la sabana tropical", (1986) *Oecol. Plant.* 7: 107-119.
- ❖ Hopkins WG (1995) *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley & Sons Inc.
- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Conceptos básicos de metabolismo

❖ Rutas metabólicas. Enzimas: mecanismo de acción, cinética de Michaelis-Menten. Regulación de la actividad enzimática: modificaciones covalentes (fosforilación reversible y estado redox). Inhibidores, enzimas alostéricas. Retroalimentación positiva y retroinhibición. Regulación de los niveles de enzima: control transcripcional y traduccional. Estabilidad y vida media. Un caso de estudio: regulación de los niveles y actividad de proteínas fotosintéticas.

Bibliografía

- ❖ Buchanan B, Gruissem W, Jones RL (2000) *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, USA.
- ❖ Dey PM, Harborne JB (1997) *Plant Biochemistry*. Academic Press, London, UK.
- ❖ Stryer, L (1995) *Bioquímica*. Editorial Reverté, Barcelona, España.

Balance de carbono: Fotosíntesis y respiración

- ❖ Etapa fotoquímica de la fotosíntesis. Pigmentos y principios de la absorción de luz. Fotosíntesis oxigénica: cadena de transporte de electrones y reducción de NADP⁺. Gradiente transtilacoidal de protones y síntesis de ATP. Fotosíntesis anoxigénica con un único fotosistema en bacterias púrpuras y verdes.
- ❖ Etapa bioquímica de la fotosíntesis: el ciclo C₃. La actividad dual de Rubisco como carboxilasa y oxigenasa. Fotorrespiración. Organismos fotosintéticos que concentran el CO₂: ciclo C₄. Estructura Kranz y compartimentalización a nivel celular. Especies intermedias C₃-C₄, carboxisomas de cianobacterias y pirenoides de *Chlorofyceae*. Fijación nocturna de CO₂: el metabolismo ácido de las *Crasulaceae*.
- ❖ Respiración mitocondrial. Glicólisis, ciclo de Krebs y transporte mitocondrial de electrones. Fosforilación oxidativa, paralelismo con la fotofosforilación. Fermentaciones. La oxidasa alternativa. Balance energético. El ciclo de Krebs como dador de esqueletos carbonados. Respiración de mantenimiento y de crecimiento.
- ❖ Influencia de los factores ambientales sobre el balance de carbono. Respuesta de la fotosíntesis a la irradiancia y concentración de CO₂. Temperatura y disponibilidad de agua. Influencia sobre el balance fotosíntesis/respiración. Puntos

de compensación a la luz y al CO₂. Adaptaciones a cambios en el clima lumínico: hojas de sol y de sombra. Distribución latitudinal de especies C₃ y C₄. ¿El cambio climático global afectará la distribución de especies C₃ y C₄?

❖ Teoría endosimbiótica del origen de los cloroplastos y mitocondrias. Aspectos moleculares y celulares de la biogénesis de los cloroplastos y mitocondrias. Versatilidad morfológica y funcional de los plástidos. Semi-autonomía genética de cloroplastos y mitocondrias. Importación de proteínas codificadas por el núcleo.

Bibliografía

- ❖ Leegood RC, Sharkey TD, von Caemmerer S (2000) *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*. Kluwer Academic Publishers, Holanda.
- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Nutrición mineral y asimilación de nutrientes

❖ La composición mineral de las plantas. Elementos esenciales. Absorción de nutrientes: transporte activo y pasivo, la ecuación de Nernst. Potencial de membrana. Canales y transportadores. Flujo de iones en la raíz. Factores que afectan el ritmo de absorción de iones. Las micorrizas y la absorción de nutrientes. Absorción e inmovilización de minerales contaminantes: fitorremediación.

❖ La asimilación de los nutrientes minerales. Absorción y reducción del nitrógeno. La incorporación del NH₄⁺ en esqueletos carbonados. Fijación biológica del nitrógeno atmosférico. Simbiosis *Rhizobium*-leguminosas, *Frankia*-no leguminosas, y cianobacterias-*Azolla*. Redistribución de nutrientes: minerales móviles e inmóviles. La disponibilidad de nutrientes como limitante del crecimiento.

Bibliografía

- ❖ Fageria NK, Baligar VC, Charles AJ (1997) *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. Marcel Dekker Inc.



- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Transporte de solutos orgánicos

- ❖ Sitios de producción, reserva y consumo de fotoasimilados. Concepto de fuente y destino. Particularidades anatómicas y funcionales del floema. Carga, descarga, y transporte en el floema. Patrones de distribución de fotoasimilados: regulación.

Bibliografía

- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Crecimiento. Bases fisiológicas. Análisis del crecimiento

- ❖ Definición: ¿qué parámetros permiten estimar el crecimiento? Sitios de crecimiento: meristemas. Aumento del volumen celular: mecanismo. El análisis del crecimiento: tasa de crecimiento relativo y coeficiente de asimilación neta. Su significado. Relaciones alométricas.

Bibliografía

- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Desarrollo

- ❖ Concepto. Diferencias con animales multicelulares. Morfogénesis: aspectos moleculares. Un caso de estudio: la organogénesis floral. Genes catastrales y genes homeóticos. El modelo ABC de organogénesis floral.
- ❖ La regulación temporal de la floración. Fotoperiodismo y vernalización. Transmisión del estímulo fotoperiódico. Significado ecológico del fotoperiodismo y vernalización.
- ❖ Fisiología de la reproducción. Incompatibilidades esporofítica y gametofítica. Polinización. Fructificación.
- ❖ Otros procesos del desarrollo: germinación y dormición. Importancia ecológica.

Bibliografía

- ❖ Howell SH (1998) *Molecular Genetics of Plant Development*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México. Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.
- ❖ Westhoff P, Jeske H, Jürgens G, Kloppstech K, Link G (1998) *Molecular Plant Development: from gene to plant*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Hormonas vegetales, otros reguladores, y moléculas mensajeras.

- ❖ Definición de hormona, similitudes y diferencias con las hormonas animales. Importancia de las hormonas coordinando la actividad de distintos órganos. Los grandes grupos de hormonas vegetales: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico y etileno. Otros: ácido jasmónico, brasinoesteroides, sistemina. Fisiología de las hormonas: síntesis, degradación, conjugación y transporte. Las auxinas como caso de estudio.
- ❖ Mecanismo de acción hormonal: receptores, segundos mensajeros, amplificación de la señal hormonal. Cascadas de señalización involucradas en la acción hormonal. El papel de reguladores negativos. Dos casos de estudio: las cascadas de señales desencadenadas por el etileno y las giberelinas. Algunas aplicaciones

prácticas de las hormonas vegetales, herbicidas hormonales.

Bibliografía

- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.
- ❖ Westhoff P, Jeske H, Jürgens G, Klopstech K, Link G (1998) *Molecular Plant Development: from gene to plant*. Oxford University Press, Oxford, UK.

La percepción del ambiente

❖ La percepción del ambiente lumínico. Criptocromos, fitocromos y fototropinas. Tipos de respuestas de los fitocromos (LFR, VLFR, HIR). Fotomorfogénesis: ruptura de la dormición en semillas fotoblásticas, síndrome de desetiología, percepción de vecinos. Significado ecológico. La medición del tiempo: las bases moleculares de la medición del fotoperíodo. El movimiento en las plantas: tropismos y nastismos. Tigmomorfogénesis. Tropismos: fototropismo, hidrotropismo y tigmotropismo.

Bibliografía

- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Fisiología de las plantas bajo estrés abiótico

❖ Qué significa estrés? Adaptación y aclimatación. Tolerancia y evasión. Estrés biótico y abiótico. Deficiencias hídricas. Respuestas morfológicas: la relación vástago/raíz. Impacto sobre el intercambio gaseoso. Ajuste osmótico.

Adaptaciones que minimizan la pérdida de agua. Estrés salino. El "secuestro" de sales en la vacuola como mecanismo de tolerancia.

❖ Estrés por bajas temperaturas y acumulación de osmolitos. Inundación y metabolismo energético. La formación de aerénquimas: el rol del etileno. Estrés por contaminantes: fitoquelatinas y tolerancia a metales ¿Es el estrés oxidativo un factor común a todos los tipos de estrés abiótico?

Bibliografía

- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Fisiología de las plantas sometidas a estrés biótico.

❖ Interacciones planta-patógeno. Necrotrofia y biotrofia. Barreras a la penetración de patógenos. Respuesta hipersensible. Estallido ("burst") oxidativo. Proteínas relacionadas con la defensa. Rol del ácido jasmónico y el etileno. Respuestas sistémicas de defensa frente a patógenos. Respuestas sistémicas al ataque de herbívoros.

Bibliografía

- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Bases fisiológicas de la productividad primaria

❖ Concepto de productividad primaria. La extrapolación del nivel individual al poblacional, limitaciones. La intercepción de luz como limitante de la productividad



primaria. Intercepción de luz y estructura del dosel: el coeficiente K. Especies de crecimiento rápido y lento: características morfológicas y fisiológicas. La distribución de biomasa entre distintos órganos como factor determinante de la productividad. Distribución entre compuestos del metabolismo primario y secundario.

❖ Las bases fisiológicas de la productividad de los ecosistemas agrícolas. El mejoramiento genético: ¿cambios en la productividad primaria o en el patrón de distribución de fotoasimilados? ¿Hay un compromiso entre rendimiento potencial y tolerancia al estrés? El desafío de alimentar a diez mil millones de personas.

Bibliografía

- ❖ Lambers H, Stuart Chapin III F, Pons T L. (1998) *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- ❖ Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
- ❖ Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.

Contenidos de trabajos prácticos

Las viñetas identifican cada trabajo práctico. Subrayados: contenidos teóricos a desarrollar por completo en el trabajo práctico.

Clase inaugural

❖ **Visita a la Reserva El Destino.** Se efectúan observaciones sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas en el talar y en los bajos moderadamente salinos, y se registran las condiciones ambientales (v.g., densidad de flujo cuántico, características del suelo como humedad y salinidad) en cada uno de estos ambientes. En esta actividad se estimula a los alumnos a formular y registrar interrogantes que se responderán más adelante en el transcurso de la materia.

Objetivos: fomentar la habilidad para efectuar observaciones *in situ*. Contribuir a la formulación de preguntas claramente definidas y abordables a través de experimentos u observaciones. Iniciar una relación entre las observaciones de campo y el trabajo de laboratorio.

Relaciones hídricas.

❖ **Potencial agua en tejidos vegetales.** Determinación del potencial agua por el método de equilibrio en soluciones de osmolaridad conocida. Resolución de problemas sobre potencial agua y curvas de Höfler.

Objetivos: entrenar a los alumnos en el trabajo de laboratorio. Reforzar el concepto de potencial agua y sus componentes a través de la resolución de problemas.

❖ **Factores que afectan la transpiración.** Determinación de la transpiración por el método lisimétrico. Estimación de los efectos de la luz / oscuridad, velocidad del viento y temperatura sobre la intensidad transpiratoria.

Objetivos: capacitar a los alumnos en: -1 la experimentación con plantas vivas; -2 la presentación y análisis de resultados.

❖ **Factores que afectan el balance hídrico de comunidades vegetales.** Simulación del efecto de factores ambientales sobre la transpiración de comunidades vegetales utilizando el software PlantMod 2.1 (Greenhat, Australia). Se examinará *in silico* el impacto de la humedad relativa de la atmósfera, irradiancia, velocidad del viento y conductancia estomática. Los alumnos son

estimulados a formular hipótesis sobre los resultados que obtengan, y, en la medida en que lo permita el programa, contrastar esas hipótesis a través de la simulación de las variables que sean pertinentes.

Objetivos: explorar las interacciones entre diversos factores ambientales en el control de la transpiración de comunidades vegetales. Estimular a los alumnos a formular hipótesis sobre los resultados obtenidos, y contrastar estas hipótesis efectuando simulaciones con el mismo software (“experimentos secos”).

Conceptos básicos de metabolismo

❖ **Enzimas.** Aislamiento y purificación parcial de mitocondrias de inflorescencias de coliflor. Determinación espectrofotométrica de la actividad de la succinato deshidrogenasa.

Objetivos: introducir a los alumnos en el aislamiento de organelas, preparación de extractos enzimáticos, espectrofotometría, y determinación de actividad enzimática.

Balance de carbono: Fotosíntesis y respiración

❖ **Determinación de la actividad fotoquímica de cloroplastos aislados.**

Aislamiento de cloroplastos. Determinación espectrofotométrica de la actividad de transporte de electrones dependiente de la luz. Relación entre la irradiancia y la actividad. Inhibidores. Demostración de la medición de la fotosíntesis a través del intercambio de O_2 .

Objetivos: reforzar y complementar el entrenamiento previo de los alumnos en el uso de metodologías bioquímicas.

❖ **Factores ambientales y fisiológicos que regulan la fotosíntesis.**

Determinación de la influencia de la irradiancia, las concentraciones de O_2 y CO_2 y la conductancia estomática sobre la actividad fotosintética de hojas C_3 utilizando el programa “Photo” (J. Cheeseman, Dept. Plant Biology, Univ. of Illinois, USA). Los alumnos son estimulados a formular hipótesis que expliquen los resultados obtenidos, y contrastar esas hipótesis a través de la simulación de las variables que sean pertinentes.

Objetivos: explorar las interacciones entre factores ambientales en la regulación de la fotosíntesis. Estimular a los alumnos a formular hipótesis y contrastar estas hipótesis efectuando simulaciones con el mismo software.

Nutrición mineral y asimilación de nutrientes

❖**Deficiencias minerales.** Determinación de los síntomas característicos de las deficiencias de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y Fe. Elementos móviles e inmóviles. Redistribución de minerales (v.g., N). Absorción e inmovilización de minerales contaminantes: fitoremediación (exposición teórica).

Objetivos: estimular la capacidad para la observación. Determinación sistemática de los efectos de la deficiencia de cada nutriente por separado. Introducción al cultivo hidropónico.

❖**Absorción de nitratos y actividad de nitrato reductasa.** Determinación del crecimiento y actividad *in vivo* de nitrato reductasa foliar en plantas creciendo con distintas disponibilidades de nitratos en el medio. La disponibilidad de nutrientes como limitante del crecimiento (exposición teórica).

Objetivos: adquirir entrenamiento en la formulación de soluciones nutritivas y la aplicación de métodos bioquímicos. Enfatizar el carácter cuantitativo de la respuesta a cambios en los niveles de nutrientes. Ilustrar el control de la expresión y actividad de una enzima por la concentración de su sustrato.

Crecimiento. Bases fisiológicas. Análisis del crecimiento

❖**El análisis del crecimiento:** El análisis del crecimiento: tasa de crecimiento relativo y coeficiente de asimilación neta. Su significado. Relaciones alométricas (exposición teórica). Análisis de un caso: el crecimiento de plántulas de poroto sometidas a sequía.

Objetivos: introducir a los alumnos en el uso del análisis cuantitativo del crecimiento para identificar procesos determinantes de la acumulación de biomasa en condiciones naturales.

Desarrollo

❖**Control de la floración por el fotoperíodo.** Determinación de la respuesta fotoperiódica diferencial de seis ecotipos de *Arabidopsis* provenientes de distintas

latitudes (*Cvi* 17°LN, *Can-0* 28°LN, *Col-0* 38°LN, *LM-2* 48°LN, *Ler* 51°LN y *Es-0* 60°LN) .

Objetivos: ejemplificar la función del fotoperiodismo como factor de adaptación al ambiente.

❖ **Otros procesos del desarrollo: germinación y dormición.**

Control de la germinación por la luz. Importancia ecológica. Factores que afectan la germinación de especies silvestres.

Objetivos: identificar factores que controlan el reclutamiento de plántulas en condiciones naturales.

Hormonas y reguladores vegetales.

❖ **Síntesis de hormonas y respuesta de los tejidos.** Control del alargamiento de los entrenudos en mutantes deficientes en giberelinas, y mutantes insensibles a las giberelinas. Respuesta al agregado exógeno de giberelina.

Objetivo: ilustrar la importancia del control de los niveles de hormonas y la sensibilidad de los tejidos en la acción hormonal.

❖ **Respuestas de las plantas a las hormonas vegetales.** Promoción del enraizamiento de estacas con aplicaciones de auxinas. Inhibición de la senescencia foliar por las citocininas. Promoción del crecimiento de especies enanas con aplicaciones de giberelinas. Control de la maduración de frutos, la senescencia de flores climatéricas y la triple respuesta por el etileno. Aplicaciones prácticas de las hormonas vegetales, herbicidas hormonales (exposición teórica).

Objetivo: introducir a los alumnos en la variedad de procesos en los que intervienen las hormonas vegetales, y en las múltiples aplicaciones de las hormonas y reguladores en agricultura, horticultura, etc.

La percepción del ambiente

❖ **Fotomorfogénesis.** Respuestas de plantas de poroto a la variación en la relación rojo:rojo lejano simulada en invernáculo con filtros (incluyendo controles con filtros neutros).

Objetivo: establecer la importancia de la irradiancia y composición espectral de la luz como determinantes del desarrollo de las plantas.



Figmomorfogénesis. Tropismos: fototropismo, hidrotropismo y tigmotropismo (exposición teórica).

Fisiología de las plantas bajo estrés abiótico

❖ **Respuestas a deficiencias hídricas.** Análisis de la acumulación de biomasa, consumo de agua y eficiencia en el uso del agua en plantas sometidas experimentalmente a sequía. Contenido relativo de agua. Ajuste de la relación raíz / vástago.

Objetivos: identificar y cuantificar respuestas típicas a la sequía. Discutir la importancia del cierre estomático y el aumento en la eficiencia del uso de agua para maximizar las probabilidades de supervivencia, y las penalidades de esta estrategia en términos de crecimiento.

Planta docente

Profesor Titular dedicación simple:	Dr Juan José Guiamet
Profesor Adjunto dedicación simple:	Dr Carlos Guillermo Bartoli
Jefe de Trabajos Prácticos dedicación simple:	Lic Laura Fernández
Ayudantes Diplomados dedicación simple:	Dr Eduardo Tambussi Dra Dana Martínez Dra Mariana Antonietta
Ayudante Diplomado ad-honorem:	Dra Maria Luján Maydup

Bibliografía sugerida

1. Alberts B, Bray D, Lewis J, Raff M, Roberts K, Watson JD (1994) *Molecular Biology of the Cell* (3rd. edition). Garland Publishing Inc., New York, USA.
2. *Annual Review of Plant Physiology* y *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*. Annual Reviews, Palo Alto, CA, USA.
3. Azcon Bieto J y Talón M (2000) *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana de España SAU, Madrid, España.

4. Buchanan B, Gruissem W, Jones RL (2000) *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, USA.
5. Chrispeels MJ, Sadava DE (1994) *Plants, Genes and Agriculture*. Jones & Bartlett Publishers International, London, Inglaterra.
6. Córdoba CV, Legaz Gonzalez ME (2000) *Fisiología Vegetal Ambiental*. Editorial Síntesis SA, Madrid, España.
7. *Current Opinion in Plant Biology*, Elsevier. Accesible a través de www.biblioteca.mincyt.gob.ar.
8. Dey PM, Harborne JB (1997) *Plant Biochemistry*. Academic Press, London, UK.
9. Fageria NK, Baligar VC, Charles AJ (1997) *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. Marcel Dekker Inc.
10. Goldstein G., Sarmiento G. y Meinzer F. "Patrones diarios y estacionales en las relaciones hídricas de árboles siempreverdes de la sabana tropical", (1986) *Oecol. Plant.* 7: 107-119.
11. Hopkins WG (1995) *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley & Sons Inc.
12. Howell SH (1998) *Molecular Genetics of Plant Development*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
13. Lambers H, Stuart Chapin III F, Pons T L. (1998) *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York.
14. Leegood RC, Sharkey TD, von Caemmerer S (2000) *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*. Kluwer Academic Publishers, Holanda.
15. Mohr H, Schopfer P (1995) *Plant Physiology* (traducido por G y W Lawlor). Springer Verlag, Heidelberg, Alemania.
16. Salisbury FD, Ross C (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.
17. Stryer, L (1995) *Bioquímica*. Editorial Reverté, Barcelona, España.
18. Taiz L, Zeiger E (2002) *Plant Physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.
19. Taiz L, Zeiger E (2006) *Fisiología Vegetal* (1ra. edición). Universitat Jaume I Publicacions. Castelló de la Plata, España.
20. *Trends in Plant Science*, Elsevier. Accesible a través de www.biblioteca.mincyt.gob.ar.

21. Westhoff P, Jeske H, Jürgens G, Kloppstech K, Link G (1998) *Molecular Plant Development: from gene to plant*. Oxford University Press, Oxford, UK.


J. GUIMET



La Plata 9 de junio de 2014

Comisión de enseñanza

Vistos las modificaciones realizadas y que cumple con los requisitos reglamentarios esta comisión recomienda su aprobación



S. G. LANAS




P. D. Sarriente



Valeo, Ana S.


Redondo
Ayanda


Aguar Juárez Belis.


DISEÑO
DRIAN



Expte 1000-013134/13

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
y MUSEO

Calle 122 y 60 – 1900 – La

Plata – Argentina

El Consejo Directivo, en sesión ordinaria del 13 de Junio de 2014, por el voto positivo de quince de sus quince miembros presentes, y atento la presentación del Dr. **Guimet Juan José**, aprobó el Programa de contenidos de la asignatura **Fisiología Vegetal**.

Pase a sus efectos a la Secretaría Administrativa.

Dra. PAULA ELENA POSADA
Secretaria de Asuntos Académicos
Fac. Cs. Naturales y Museo