

FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROGRAMAS DE ASIGNATURAS

Año Lectivo: 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

DEPARTAMENTO DE Ciencias Naturales

CARRERA/S: Lic. En Ciencias Biológicas PLAN

DE ESTUDIOS: Plan 2014 (versión 3)

ASIGNATURA: Fisiología y Bioquímica de la Interacción Planta-Ambiente

CÓDIGO: 3122

MODALIDAD DE CURSADO: Presencial

DOCENTE RESPONSABLE: Dr. Fabricio Cassán, PAD semi-exclusiva

EQUIPO DOCENTE: Dra. Analía Llanes, PAD semi-exclusiva; Dra. Mariana Reginato, JTP semi-exclusiva; AYP SE Dra. Julia Iparraguirre, AYP SE; Dra. Verónica Mora.

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: Quinto año, primer cuatrimestre

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES: (para cursado, según plan de estudio vigente)

Asignaturas aprobadas para cursar: Biología Vegetal I (3110); Biología Vegetal II (3112)

Asignatura regular para cursar: Biología Celular y Molecular (3111)

Asignaturas aprobadas para rendir: Biología Vegetal I (3110); Biología Vegetal II (3112) y Biología Celular y Molecular (3111)

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa

CARGA HORARIA TOTAL: horas 112

Teóricas:	56 hs	Prácticas:	28 hs	Teóricas - Prácticas:	0 hs	Laboratorio:	28 hs
------------------	--------------	-------------------	--------------	----------------------------------	-------------	---------------------	--------------

CARGA HORARIA SEMANAL: horas 8

Teóricas:	4 hs	Prácticas:	2 hs	Teóricas - Prácticas:	0 hs	Laboratorio:	2 hs
------------------	-------------	-------------------	-------------	----------------------------------	-------------	---------------------	-------------

1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

El estudio de la fisiología y la bioquímica de la interacción planta-ambiente, brindará a los estudiantes una visión complementaria de los conocimientos y criterios adquiridos en las asignaturas relacionadas al Reino Vegetal que han cursado previamente. El avance increíble de la Bioquímica Vegetal y la Biología Molecular ha aportado un cúmulo de conocimientos que son, por un lado, imposibles de cubrir en el dictado de las asignaturas Biología Vegetal I y Biología Vegetal II, y por otro, fundamentales para que nuestros jóvenes profesionales en Biología profundicen e integren los mecanismos fisiológicos ya aprendidos y los contextualicen en el marco de la interacción de las plantas con su entorno, en cuyo diálogo entre estímulos y respuestas se ha

basado la selección natural para permitir la supervivencia de las especies más aptas. Comprender de qué manera una señal ambiental se traduce en una cascada de señales químicas o físico-químicas mediadas por hormonas y enzimas hasta el material genético provocando una respuesta consecuente, y descubrir la multiplicidad de opciones en estas respuestas al ambiente de acuerdo al estado/momento fisiológico, fenológico u ontogénico de la planta, a su necesidad vital de agua o nutrientes, etc., abre una perspectiva fascinante para un Biólogo interesado en interpretar a la Naturaleza bajo una óptica ambientalista, conservacionista, e inclusive productivista. En este sentido, debemos tener presente que el gran desafío de nuestro siglo es la Biotecnología, para la cual se requiere gran dominio del comportamiento de las plantas, desde lo molecular hasta lo ecológico. Con este criterio presente, y teniendo en cuenta los contenidos estudiados en las dos materias citadas arriba, se ha elaborado la propuesta de la asignatura “Fisiología y bioquímica de la interacción planta-ambiente”, que consideramos cercana y comprometida con la fundamentación de nuestro nuevo Plan de Estudios.

2. OBJETIVOS PROPUESTOS

1. Reconocer la importancia de las plantas como eslabones primarios en los ecosistemas naturales y en la cadena productiva.
2. Analizar la importancia de las plantas en la captura de carbono atmosférico a través de la fotosíntesis. Comprender la biofísica molecular y bioquímica de éste proceso y su importancia a nivel productivo y ambiental.
3. Determinar la influencia ambiente sobre la fisiología de la fotosíntesis y sus consecuencias en la población vegetal.
4. Comprender las bases fisiológicas e interpretar la flexibilidad de las respuestas frente a los estímulos lumínicos y de la gravedad.
5. Reconocer el papel de las hormonas vegetales en el ciclo de vida de las plantas, la traducción de su señal y la manera en que regulan la funcionalidad de éstas, a través de fenómenos de correlación.
6. Comprender las diferentes estrategias de las plantas para responder a condiciones de estrés biótico y abiótico.
7. Analizar el efecto de la interacción entre plantas y microorganismos promotores del crecimiento, tanto de vida libre como simbióticos y correlacionar su capacidad de estimular el crecimiento y desarrollo vegetal a través de la movilización de nutrientes y la producción de compuestos con actividad biológica.

3. EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS

3.1. Contenidos mínimos

Tipos de respuestas de las plantas al ambiente. Estrés biótico y abiótico. Respuestas de las plantas al ataque de patógenos. Estrés oxidativo. Tolerancia. Efectos elásticos y plásticos. Tipos de adaptaciones al estrés: anatómicas, bioquímicas, fisiológicas y moleculares. Fotosíntesis y el ambiente: plantas C3, C4 y CAM. Foto-inhibición. Foto-morfogénesis. Senescencia. Señales bioquímicas involucradas en las respuestas fisiológicas y ambientales: Fitohormonas y otros compuestos reguladores del crecimiento vegetal: función, regulación y señalización. Fenómenos de correlación. Movimiento de las plantas. Asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos. Asociaciones mutualistas con microorganismos promotores del crecimiento vegetal de vida libre. Aplicaciones biotecnológicas relacionadas con el aumento de la resistencia a factores abióticos y bióticos en planta.

3.2. Ejes temáticos o unidades

Tema 1. Unidad introductoria. ¿Qué es la Fisiología Vegetal? ¿Qué aportes se esperan desde esta disciplina para con las necesidades del siglo XXI? ¿Son las plantas las fábricas del futuro? Las plantas

y su funcionalidad en condiciones normales y de estrés (condiciones adversas). Plasticidad fenotípica. Ontogenia. Evolución. Ciclo biológico de una Angiosperma.

Tema 2. La organización de las plantas condicionada por el ambiente. Concepto de entorno. Tipos de respuestas de las plantas al ambiente: directas, de encendido-apagado, retardadas y moduladas, homeostasis, efectos condicionantes, efectos de arrastre. Determinismo genético y ambiente. Ecotipos. Evolución de las plantas: la teoría adaptativa. La importancia de la individualidad en las respuestas al ambiente.

Tema 3. Factores adversos. Concepto de estrés. Tolerancia. Efectos elásticos y plásticos. Efectos benéficos del estrés. Tipos de respuestas en función del tiempo: a corto, mediano y largo plazo. Concepto de fases de alarma, resistencia, agotamiento y regeneración. Conceptos de resistencia, tolerancia, susceptibilidad y evitación. Diferencias entre aclimatación, rusticación y adaptación. Diferentes tipos de estrés: biótico (ataque por patógenos) y abióticos: hídrico, salino, temperaturas extremas, anoxia, exceso de luz, radiación UV, metales pesados, polución (exceso de anhídrido carbónico, ozono). Fitorremediación.

Tema 4. Estrategias de la respuesta adaptativa. Tipos de adaptaciones: anatómicas, fisiológicas y ecológicas. Impacto del estrés sobre el transporte a través de membranas. Las membranas vegetales como sensores del ambiente. Proteínas transportadoras: canales, transportadores (carriers) y bombas, de membrana plasmática y de tonoplasto. Compartimentalización. Producción de compuestos osmocompatibles: prolina, glicina-betaína, azúcares, manitol, pinitol, polifenoles. Significado biológico. Mecanismos de acción comprobados y probables.

Tema 5. La luz y las plantas. Fotosíntesis. Significación biológica. Estructura y organización del aparato fotosintético. Sistemas de pigmentos fotosintéticos. Las reacciones lumínicas. Mecanismos de transporte de electrones y protones. Generación de ATP y poder reductor. Regulación del flujo fotosintético de electrones, defensa antioxidante. Adaptaciones del aparato fotosintético a las condiciones de estrés. Foto-inhibición. Regulación y reparación del aparato fotosintético. Genética, ensamblaje y evolución del sistema fotosintético. Generación de ATP y poder reductor. Caracterización de las enzimas principales. Plantas C3, C4 y CAM. Fotosíntesis en un ambiente cambiante. Temperatura de la hoja, efectos y adaptaciones. Respuesta fotosintética a la concentración de O₂C y a la temperatura ambiental y a la sequía. Control del cierre estomático. Concepto de Productividad. Productividad primaria de comunidades.

Tema 6. Elementos comunes a todos los tipos de estrés. Generación de especies activas del oxígeno (EAO). Estrés oxidativo. Relación entre estrés y senescencia. Parámetros de senescencia inducidos por estrés. Sistemas de defensa antioxidante empleados por las plantas, enzimáticos y no enzimáticos. Rol de los polifenoles.

Tema 7. La luz y las plantas. Fotomorfogénesis. Fitocromos. El fitocromo capacita a las plantas a adaptarse a los cambios de las condiciones de luz. Propiedades fotoquímicas y bioquímicas. Pfr: forma fisiológicamente activa. Composición y tipos de fitocromos identificados; codificación por familia de multigenes. Los genes PHY codifican los fitocromos Tipo I y Tipo II. Localización de los fitocromos en tejidos y células. Respuestas de las plantas enteras inducidas por fitocromo. Respuestas que varían en el tiempo lag y en el tiempo de escape. Tipos de respuestas: de muy baja fluencia (RMBF), de baja fluencia (RBF), y de alta irradiancia (RAI). Criptocromo: un sistema que induce procesos del desarrollo y protege del estrés lumínico. CRY1, un receptor de luz azul en plantas. Expresión génica regulada por luz azul. Fototropinas. phot1 y phot2 como sensores de luz azul. Su rol en el fototropismo, migración de cloroplastos, apertura estomática e inhibición del crecimiento del tallo.

Tema 8. Señales químicas involucradas en las respuestas fisiológicas. Fitohormonas. Grupos involucrados en la regulación normal del crecimiento. Su papel como intermediarios entre ambiente y morfogénesis. Correlaciones entre cambios de sensibilidad y etapas de desarrollo vegetativo. Acoplamiento del estímulo con la respuesta fisiológica. Cross talk –señalización. Regulación de la expresión génica.

Tema 9. Fenómenos de Correlación. Movimiento de las plantas. Tropismos: fototropismo, gravitropismo, heliotropismo. Nastismos: nictinastia, hidronastia, tigonastia. Formación de órganos de reserva (por ej. tubérculos).

Tema 10. Ácido abscísico (ABA). Ocurrencia natural. Biosíntesis y metabolismo. Síntesis de epoxy-carotenoides. Clivaje de xantofilas. Divergencia de roles en la familia multigénica de la CCDs (dioxigenasas clivadoras de carotenoides). Vía citosólica de C15. Catabolismo de ABA. Hidroxilación. Genes responsables de la misma. Conjugación. Significación biológica y ecológica de la regulación de la vía metabólica. Pasos claves, factores que influyen, niveles de regulación. Localización anatómica de las enzimas involucradas. Metabolismo del ABA en la embriogénesis y maduración de la semilla. Metabolismo del ABA en la respuesta ecofisiológica de dormición. Papel que cumple la ABA 8-hidroxilasa. Metabolismo de ABA en la adaptación de las plantas al estrés abiótico. Evolución del metabolismo de este regulador clave de la respuesta adaptativa.

Tema 11. ABA como mensajero químico a larga distancia en plantas. Su relación con otras vías de señalización en respuestas a estrés hídrico y salino. Control del cierre estomático. Interacciones ABA-etileno, ABA-Giberelinas. Regulación de la expresión génica. Inducción de proteínas relacionadas estrés hídrico y salino. Segundos mensajeros involucrados. Uso de mutantes. Métodos físico-químicos de análisis para su extracción, purificación, identificación y cuantificación.

Tema 12. Estrigolactonas: estructura y nomenclatura, biosíntesis, interdependencia ABA-estrigolactonas, papel de las estrigolactonas durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, relación con los carotenoides, distribución y transporte, regulación de su biosíntesis mediante otras hormonas y relación con el estrés abiótico.

Tema 13. Etileno. Propiedades del etileno. Biosíntesis y catabolismo en relación a su actividad fisiológica. Promoción de su síntesis por estrés. Efectos a nivel celular y tisular. Inhibición de su producción y/o acción. Interacciones auxinas-etileno y ABA-etileno. Rol del etileno como inductor de senescencia. Métodos de análisis y cuantificación.

Tema 14. Poliaminas. Aspectos generales del metabolismo de las poliaminas. Poliaminas en plantas, bacterias y hongos. Funciones biológicas. Rutas metabólicas implicadas en la biosíntesis de poliaminas. Formas conjugadas. Características generales de las enzimas involucradas y regulación de su actividad. Ornitina descarboxilasa. Espermidina y Espermina sintasa. S-adenosil-metionina descarboxilasa. Arginina descarboxilasa. Inhibidores de la biosíntesis. Biosíntesis de poliaminas endógenas en condiciones de estrés abiótico: salino e hídrico. Efecto de la aplicación exógena de Poliaminas en condiciones de estrés abiótico. Mecanismo de tolerancia al estrés salino e hídrico. Perspectivas en el campo de la Biotecnología.

Tema 15. Brasinoesteroides. Biosíntesis de compuestos esteroides polihidroxilados. Compuestos activos. Procesos fisiológicos afectados. Promoción del crecimiento y diferenciación tisular. Sus efectos en aliviar el estrés biótico y abiótico. Incorporación de iones. Inducción de antioxidantes. Metabolismo, conjugación.

Tema 16. Óxido Nítrico. Generalidades. Naturaleza química del óxido nítrico. Biosíntesis en plantas y bacterias. Catabolismo. Efectos fisiológicos: Molécula señal. Germinación. Crecimiento radical. Expansión foliar. Senescencia. Estrés biótico y abiótico. Mecanismos de acción. Biosíntesis en otros organismos. Perspectivas en el campo de la Biotecnología.

Tema 17. Influencias bióticas. Simbiosis. Mutualismo. Asociaciones simbióticas con microorganismos fijadores de nitrógeno y hongos micorrícicos. Fijación biológica del nitrógeno. Principales géneros microbianos. Asociación con microorganismos benéficos de vida libre. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Asociaciones micorríticas. Principales géneros microbianos. Mecanismos de promoción del crecimiento vegetal. Interacción con microorganismos patógenos. Mecanismos de patogenicidad. Principales géneros microbianos. Estrategias de la planta al ataque de patógenos.

Tema 18. Biotecnología vegetal, la industria y el medio ambiente. Producción in vitro de plantas haploides y protoplastos Producción biotecnológica de metabolitos secundarios. Las plantas como biofactorias. El genoma vegetal. Marcadores moleculares. Genómica y proteómica de la interacción planta-ambiente. Obtención de plantas transgénicas y su aplicación a la mejora vegetal y resistencia a factores abióticos y bióticos.

4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

CLASES TEÓRICAS:

Las clases teóricas se impartirán por un sistema combinado con el desarrollo de clases presenciales en día y horario definido y no-presenciales a través de un seguimiento extemporáneo permanente para contemplar el desarrollo de las tareas de aprendizaje de los estudiantes. Todas las clases contarán con material visual complementario, el mismo quedará como material de consulta permanente en el entorno virtual de la asignatura en EVELIA. Adicionalmente, se pondrán a disposición los archivos originales utilizados por los docentes para las presentaciones, así como todo el material de soporte específico en cada una de las temáticas presentadas.

CLASES PRÁCTICAS:

Las clases prácticas se impartirán con una modalidad similar a las clases teóricas. Se desarrollarán con una frecuencia de una reunión semanal de 2 horas y todas las clases contarán con material complementario, estando el mismo como material de consulta asincrónica permanente en el entorno virtual de la asignatura en EVELIA. Las clases prácticas se realizarán con la ayuda de material de discusión previamente seleccionado por los docentes de la asignatura (ej. publicaciones científicas, material audiovisual, material de prensa, guía de problemas, etc.). El material provisto se utilizará como base para el desarrollo de clases de discusión asociadas a la temática propuesta.

CLASES DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO:

Los trabajos prácticos de laboratorio se impartirán con una modalidad similar a las anteriores. Se desarrollarán con una frecuencia de una reunión semanal de 2 horas y de manera combinada con las clases prácticas. Todas las clases contarán con material de consulta permanente en el entorno virtual de la asignatura en EVELIA. Los trabajos prácticos de laboratorio se realizarán con la ayuda de material previamente seleccionado por los docentes para simular el proceso experimental (ej. video explicativo o presentación de diapositivas con audio grabado previamente). Este material, se utilizará como base para la realización y resolución de problemas experimentales específicos sobre la temática y para la discusión de los resultados obtenidos por los estudiantes. En todos los casos, los docentes realizarán las explicaciones y ampliaciones necesarias para facilitar el desarrollo experimental. Considerando el programa de la asignatura, se contempla el desarrollo de ocho (8) clases de trabajo práctico de laboratorio presencial, la selección de los mismos se ha realizado en función de importancia de contenidos y duración del desarrollo experimental.

OTRAS:

Clases de consulta: se impartirán de manera semanal a través de un sistema combinado de clases presenciales en día y horario a definir con los estudiantes y un sistema de consulta virtual permanente. Las clases de consulta tendrán una duración de 1 hora. Para el caso de las clases de consultas virtuales se considerará el uso del aula virtual para la asignatura en el entorno EVELIA, en la que se desarrollará un foro específico para consultas. Por otro lado, se considera la utilización del correo electrónico y otras aplicaciones creadas para teléfonos celulares, de manera complementaria.

5. PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS INNOVADORES INCLUSIVOS

Se desarrollará de un foro de exposición y discusión con modalidad virtual sincrónica y un referente nacional en una temática relacionada con la asignatura. El invitado y la temática serán

seleccionados de manera conjunta con los alumnos en base a su interés por temas del programa.

6. CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES E INSTANCIAS EVALUATIVAS

Las fechas de parciales serán consensuadas con los responsables de las demás asignaturas del cuatrimestre correspondiente, en acuerdo con la Res. C.S. 120/17.

6.1. Cronograma de clases y trabajos prácticos.

Fecha	Horas	Actividad: tipo y descripción*
19/03/2024	4	Clase teórica Temas 1: Unidad introductoria- Tema 2: La organización de las plantas condicionada por el ambiente.
22/03/2024	4	TP N° 1 Cultivo hidropónico de plantas
26/03/2024	4	Clase teórica Tema 3: Factores adversos. Concepto de estrés. Tema 4: Estrategias de la respuesta adaptativa.
05/04/2024	4	Continuación TP N° 1 Cultivo hidropónico de plantas
09/04/2024	4	Clase teórica Tema 5: La luz y las plantas. Fotosíntesis.
12/04/2024	4	Clase teórica Tema 6: Elementos comunes a todos los tipos de estrés. Generación de especies activas del oxígeno (EAO).
16/04/2024	4	Clase teórica Tema 7: La luz y las plantas. Fotomorfogénesis.
19/04/2024	4	TP N° 2 Inicio del ensayo de nodulación de leguminosas (Test de Burton)
23/04/2024	4	Clase teórica Temas 8: Fitohormonas, Tema 9: Fenómenos de correlación.
26/04/2024	4	Seminarios. Interacción planta ambiente. Factores estresantes/benéficos.
30/04/2024	4	<i>Primer parcial</i>
03/05/2024	4	<i>Recuperatorio del Primer parcial</i>
07/05/2024	4	Clase teórica Tema 10 y 11: Ácido abscísico (ABA).
10/05/2024	4	Continuación TP N° 2: Preparación del material recuperación bacteriana de nódulos
14/05/2024	4	Clase teórica Temas 12. Estrigolactonas.
17/05/2024	4	TP N° 2 Evaluación Test de Burton. Recuperación.
21/05/2024	4	Clase teórica Tema 13: Etileno.
24/05/2024	4	TP N° 1. Evaluación de parámetros de crecimiento, potencial agua, conductancia estomática, índice SPAD. Recolección del material vegetal para posterior análisis.
28/05/2024	4	Clase teórica Temas 14: Poliaminas.
31/05/2024	4	TP N° 3 Extracción, purificación y cuantificación de fitohormonas en tejidos vegetales por LC-MS-MS.
04/06/2024	4	Clase teórica Tema 15: Brasinoesteroides. Tema 16: Oxido nítrico. Dra. Verónica Mora
07/06/2024	4	TP N° 4 Cuantificación de indicadores de estrés/tolerancia (malondialdehído (MDA), prolina, etc. en tejidos vegetales sometidos a estrés abiótico.
11/06/2024	4	Clase teórica Temas 17: Influencias bióticas.
14/06/2024	4	Clase teórica Tema 18: Biotecnología.
18/06/2024	4	<i>Segundo Examen Parcial</i>
25/06/2024	4	<i>Recuperatorio del Segundo examen Parcial-Coloquio</i>

6.2. Cronograma de clases e instancias evaluativas.

Semana	Horas	Actividad: tipo y descripción*
7	3	Primer examen parcial
8	3	Recuperatorio Primer examen parcial
14	3	Segundo Examen Parcial
13	3	Recuperatorio Segundo Examen Parcial
14	-	Cierre de regularidades

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. Bibliografía obligatoria y de consulta

7.1.1. Bibliografía Obligatoria

1. Taiz L. and E. Zeiger. 2015. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. (5° edición)
2. Azcón-Bieto, J. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill/ Interamericana de España, SAU.

7.1.2. Bibliografía de Consulta

3. Astier, J., Gross, I., Durner, J. 2018. Nitric oxide production in plants: an update. *Journal of Experimental Botany*, 69(14), 3401-3411.
4. Bashan Y, de-Bashan LE (2010) How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. *Adv Agron* 108:77-136.
5. Beauregard PB. 2015. Not Just Sweet Talkers: How Roots Stimulate Their Colonization by Beneficial Bacteria. *Advances in Botanical Research* 75, pp. 1-20
6. Cassán F, Vanderleyden J, Spaepen S (2014) Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. *J Plant Growth Regul* 33:440-459.
7. Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., Mittler, R. 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90(5), 856-867.
8. Enebe, M. C., Babalola, O. O. 2018. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. *Applied microbiology and biotechnology*, 102(18), 7821-7835.
9. Llanes A, Andrade A, Alemanno S, Luna V. 2016. Drought and salt stress alter plant endogenous hormonal profiles. *American Journal of Plant Sciences* 7 (9), ID 68564, 1-15.
10. Llanes A, Andrade A., Masciarelli O., Alemanno S., Luna V. 2016. Drought and salinity alter endogenous hormonal profiles at seed germination phase. *Seed Science Research* 26, 1-13.
11. Llanes A, Reginato M, Devinar G, Luna V. 2018. What is known about phytohormones in halophytes? A review. *Biologia* 73, 727-742.
12. Meena, K. K., Sorty, A. M., Bitla, U. M., Choudhary, K., Gupta, P., Pareek, A., Minhas, P. S. 2017. Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: the omics strategies. *Frontiers in plant science*, 8, 172.
13. Pagán I. and García-Arenal F. 2018. Tolerance to Plant Pathogens: Theory and Experimental Evidence. *Int J Mol Sci.* 19(3): 810
14. Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbiosis. *Nature Reviews Microbiology* 6:763-775
15. Per, T. S., Khan, N. A., Reddy, P. S., Masood, A., Hasanuzzaman, M., Khan, M. I. R., Anjum, N.A. 2017. Approaches in modulating proline metabolism in plants for salt and drought stress tolerance: Phytohormones, mineral nutrients and transgenics. *Plant physiology and biochemistry*, 115, 126-140.
16. Poole P, Ramachandran V and Terpolilli J. 2018. Rhizobia: from saprophytes to endosymbionts. *Nature Reviews Microbiology* 16: 291–303
17. Sade, N., del Mar Rubio-Wilhelmi, M., Umnajkitikorn, K., Blumwald, E. 2018. Stress-induced senescence and plant tolerance to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 69, 845- 853.
18. Spaepen S, Bossuyt S, Engelen K, Marchal K, Vanderleyden J. 2014. Phenotypical and molecular responses of *Arabidopsis thaliana* roots as a result of inoculation with the auxin- producing bacterium *Azospirillum brasilense*. *New Phytol* 201:850-861.
19. Szymańska, R., Ślesak, I., Orzechowska, A., Kruk, J. 2017. Physiological and biochemical responses to high light and temperature stress in plants. *Environm and Exp Bot*, 139, 165-177.
20. Taleisnik, E. (2020). Saline and Alkaline Soils in Latin America: Natural Resources, Management and Productive Alternatives. Springer Nature.

21. White JF, Kingsley KL, Zhang Q, Verma R, Obi N, Dvinskikh S, Elmore MT, Verma SK, Gond SK, Kowalski KP. 2019. Endophytic microbes and their potential applications in crop management. *Pest Manag Sci.* 75(10):2558-2565.

7.1.3. Otros: materiales audiovisuales, enlaces, otros.

8. DÍA Y HORARIOS DE CLASES

El esquema de clases se detalla en el ítem 6.1. Las clases teóricas y teórico-prácticas se dictan los martes de 09:00 a 13:00 y los Trabajos Prácticos los viernes de 14:00 a 17:00.

9. DÍA Y HORARIO DE CLASES DE CONSULTAS

Las clases de consulta se dictan los días lunes y jueves de 14:00 a 15:00.

10. REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN

Los estudiantes podrán alcanzar la condición de alumno REGULAR aprobando los dos exámenes parciales previstos en el ítem 11.2. además de los informes de las clases prácticas y trabajos prácticos de laboratorio aprobados. La asignatura NO considera la condición de alumno en PROMOCIÓN directa.

11. CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los exámenes consistirán en la resolución de problemas en formato de múltiple opción o el desarrollo de una respuesta en base a una pregunta específica. Una semana después de cada Examen Parcial se realizará el examen recuperatorio con una modalidad similar. La evaluación FINAL será en modalidad oral y presencial, donde se plantearán preguntas del tipo problema en las que los estudiantes deberán involucrar tanto contenidos teóricos como prácticos y experimentales para resolverlos. La modalidad de examen FINAL LIBRE involucra la aprobación de un examen práctico y de laboratorio y en una segunda instancia un examen oral sobre los contenidos teóricos de la asignatura. El esquema de la evaluación por exámenes parciales y sus correspondientes recuperatorios, se detalla en el ítem 6.2.



Dr. FABRICIO DARIO CASSAN
LAB. FISILOGIA VEGETAL
Universidad Nacional de Río Cuarto

Firma del Profesor responsable

Firma del Secretario Académico