



PROGRAMA DE POSTGRADO: **BIOPROSPECCIÓN Y SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA EN EL TRÓPICO**

CURSO: **FISIOLOGÍA VEGETAL, MODERNA Y APLICADA**

PROFESOR TITULAR: Dr. Fulgencio Alatorre Cobos

COLABORADOR (ES): Dra. Aída Martínez Hernández, Dr. Jesús Arreola Enríquez

CORREO ELECTRÓNICO: fulgencio@colpos.mx

TELÉFONO: \_\_\_\_\_

CLAVE DEL CURSO: BSA\_623 PRE-REQUISITOS: \_\_\_\_\_

TIPO DE CURSO:		PERIODO:	
<input type="checkbox"/>	Teórico	<input type="checkbox"/>	Primavera
<input type="checkbox"/>	Práctico	<input type="checkbox"/>	Verano
<input checked="" type="checkbox"/>	Teórico-Práctico	<input type="checkbox"/>	Otoño
		<input type="checkbox"/>	No aplica

SE IMPARTE A :		MODALIDAD:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Maestría en Ciencias	<input checked="" type="checkbox"/>	Presencial
<input type="checkbox"/>	Doctorado en Ciencias	<input type="checkbox"/>	No presencial
<input type="checkbox"/>	Maestría Tecnológica	<input type="checkbox"/>	Mixto

HORAS CLASE: CREDITOS: 3

Presenciales	<u>96 horas</u>
Extra clase	<u>96 horas</u>
Virtuales	_____
Total	<u>192 horas</u>

Nota: Un crédito equivale a 64 horas totales (presenciales y extra clases)



## 1. PROBLEMA DEL CONTEXTO

El curso BSA\_623 tiene como finalidad brindar conocimientos básicos y de frontera sobre la fisiología de las plantas y su interacción con el ambiente través de la enseñanza y el aprendizaje activo en las diferentes secciones del curso. Los tópicos del curso incluyen desde la estructura y función de las plantas, los mecanismos moleculares y bioquímicos que rigen los procesos metabólicos fundamentales del funcionamiento vegetal, así como las respuestas que derivan de la interacción de estos organismos sésiles con el medio ambiente y en los sistemas de producción. Fisiología vegetal, moderna y aplicada es un curso dirigido a los estudiantes de la maestría en ciencias que deseen aprender conceptos básicos y modernos de la fisiología vegetal y en particular a aquellos que emplearán las plantas dentro de su trabajo de tesis de forma directa o indirecta.

El curso se considera fundamental para el perfil del egresado indistintamente de su vocación, conocimientos previos o línea generadora del conocimiento puesto que abarca los elementos indispensables para que el individuo sea capaz de desempeñarse en el ámbito práctico y científico relacionado con las plantas; siendo capaz de entender el funcionamiento de las plantas en un contexto de generación de ciencia de frontera, conservación de recursos genéticos y optimización de los sistemas de producción en un escenario de cambio climático progresivo.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Comprender los conceptos fundamentales y actualizados de los procesos fisiológicos de las plantas, desde la fisiología molecular hasta la de cultivos, así como las estrategias metodológicas para el estudio de la fisiología vegetal. Esto deberá conducir a la generación de conocimientos nuevos en el área y la implementación de estrategias integrales para la conservación y la eficiencia de los sistemas agroecológicos.

## 3. COMPETENCIAS A FORMAR

- Interpreta la fisiología vegetal a nivel bioquímico, fisiológico y molecular para explicar procesos de funcionamiento, desarrollo y respuesta al medio ambiente.
- Emplea la fisiología vegetal para plantear y desarrollar nuevas hipótesis que generen conocimientos de frontera en el área.
- Aplica conocimientos actualizados y metodologías de vanguardia de la fisiología de plantas para incrementar la productividad de los agroecosistemas, bajo un enfoque de sustentabilidad y holismo.

## 4. COMPETENCIAS A LAS CUALES SE APORTA

- Genera conocimientos y aplica tecnologías innovadoras en el área de la agricultura y/o prospección de los recursos genéticos, para mejorar los sistemas de producción, aprovechar los recursos bióticos, y contribuir al desarrollo del trópico de manera sustentable.
- Desarrolla de manera permanente su capacidad de generar conocimiento mediante la realización de investigación cuantitativa y cualitativa, conocedor de los conceptos, paradigmas, enfoques y tendencias teóricas y epistemológicas de la investigación en su área del conocimiento.
- Aplica los principios de la Bioprospección y herramientas biotecnológicas para promover el aprovechamiento sustentable de los recursos genéticos del trópico (flora, fauna y microbiota), mediante la comprensión y el manejo de sistemas biológicos, con la finalidad de mejorar los



procesos productivos a través de sistemas innovadores, para coadyucar al desarrollo de trópico bajo criterios bioéticos y de bioseguridad.

## 5. COMPETENCIAS REQUERIDAS

- Reconoce y valora a las plantas como recursos genético renovables y parte fundamental en los sistemas de producción.
- Define y distingue procesos bioquímicos fundamentales en el funcionamiento vegetal.
- Debate paradigmas y argumenta ideas durante el trabajo individual y grupal.
- Aplica el método científico en el diseño y desarrollo de experimentos.

## 6. SABERES NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA ESPECÍFICA

### 6.1 SABERES TEÓRICOS

- Bases de la fenología vegetal
- Estructura celular de las plantas
- Anatomía y clasificación del sistema radical y aéreo
- Sistema agua-suelo-planta-atmósfera
- Fotosíntesis
- Respiración
- Respuesta y regulación por luz
- Ritmos circadianos
- Fitohormonas como reguladores del desarrollo y respuesta al ambiente
- Estrés abiótico y mecanismos de respuesta
- Estrés biótico y mecanismos de respuesta
- Fisiología de la toma, transporte y asimilación mineral
- Respuestas moleculares a la deficiencia de macronutrientes
- Bases de fisiotecnia
- Tecnologías para incrementar la producción agrícola tropical

### 6.2 SABERES PROCEDIMENTALES

- Funcionamiento y uso de instrumentación y tecnologías de frontera para evaluar fotosíntesis y respuesta al estrés abiótico: Sistema Licor y Plataformas para Phenomics.
- Protocolos basados en colorimetría para cuantificación de pigmentos fotosintéticos.
- Uso de *Arabidopsis thaliana* como modelo para estudiar estrés abiótico y respuesta hormonal.
- *Cultivo in vitro* y líneas marcadoras de *A. thaliana* para monitorear y caracterizar la deficiencia nutrimental.
- Análisis químico de suelos y planta como un insumo en los programas de manejo de cultivos.

### 6.3 SABERES CONDUCTUALES

- Capacidad de análisis y apertura a la discusión
- Sentido creativo de la solución de problemas que aquejan los sistemas agrícolas y vacíos de la fisiología actual.



7.UNIDADES TEMÁTICAS		
Horas	TEMAS	SUBTEMAS
10.65 clase 10.65 extra clase	I. Fisiología vegetal y bases moleculares de los procesos fisiológicos en plantas. Relaciones en el sistema agua-suelo-planta-atmosfera (ASPA).	<b>1.1 Fenología de cultivos tropicales.</b> <b>1.2 Estructura celular de las plantas.</b> <b>1.3 DNA cromosómico y replicación del DNA de organelos.</b> <b>2.1 Componentes anatómicos de la planta implicados en el sistema ASPA:</b> Anatomía, estructura, topología y fisiología del sistema radical y del sistema foliar. <b>2.2 El agua en el sistema ASPA:</b> Potenciales hídricos. Difusión, Osmosis y potenciales de membrana. Transporte de agua y nutrientes en las plantas y en la rizósfera. Mecanismos de ascenso del agua y nutrientes. Apoplasto y Simplastto. Transporte mediante xilema, floema y plasmodesmata. <b>2.3 El suelo como fuente de agua y nutrientes en el sistema ASPA.</b> <b>2.4 La atmósfera como sumidero en el sistema ASPA.</b>
14.2 clase 14.2 extra clase	II. Fisiología molecular del anabolismo y catabolismo de los cultivos tropicales.	<b>3.1 El proceso de fotosíntesis en las plantas cultivadas.</b> • Los pigmentos implicados en la fotosíntesis. El fotosistema • Reacciones dependientes y reacciones independientes de luz. • Transporte de electrones y síntesis de ATP en cloroplasto. • Plantas C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , CAM y sus procesos fotosintéticos y fijación de CO <sub>2</sub> . • Foto-respiración. • Productos de la fotosíntesis. • Factores que afectan la fotosíntesis. • Bioquímica molecular del proceso fotosintético. <b>3.2 El proceso de respiración en los cultivos en las plantas cultivadas.</b> Glucólisis y Ciclo de Krebs. Transporte de electrones y síntesis de ATP en mitocondria. Control bioquímico y factores que afectan la respiración. • Bioquímica molecular de la respiración. Regulación de la respiración y foto- respiración. <b>3.3 Metabolismo de los carbohidratos.</b> • Síntesis y degradación de almidón. Mecanismos de regulación.
28.4 clase 28.4 extra clase	III. Fisiología del desarrollo: Respuestas de las plantas a estímulos ambientales y endógenos.	<b>4.1 Respuestas y regulación por luz.</b> • Tropismos, fotoperiodismo y fotomorfogénesis. • Fotorreceptores: fitocromos, criptocromos, fototropinas. Opsinas y otras moléculas receptoras de luz. • Bioquímica y regulación postranscripcional de los fotorreceptores. • Transducción de la señal luminosa y regulación transcripcional de genes por luz. • La luz en los procesos de desarrollo: germinación de semillas y brote de meristemas. <b>4.2 Regulación de procesos mediante el ciclo circadiano.</b> • Bases moleculares de los ritmos diurnos y circádicos. • Inducción y control de la floración. • Principales procesos fisiológicos con periodicidad. <b>4.3 Fitohormonas y reguladores de crecimiento.</b> • auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, ácido jasmónico. • Otros reguladores. • Procesos de desarrollo regulados por hormonas: germinación, elongación, floración, maduración, senescencia, abscisión. • Biosíntesis y regulación de las hormonas. • Transducción de señales hormonales. • Regulación génica dirigida por hormonas. • Integración de la regulación de los procesos de desarrollo por hormonas.
14.2 clase 14.2 extra clase	IV. Respuesta de las plantas al medio. Fisiología, bioquímica y biología molecular del estrés en plantas tropicales.	<b>5.1 Mecanismos de respuesta a estrés abiótico.</b> • Estrés térmico: efectos, respuesta celular y aclimatación. Proteínas del estrés térmico (Heat Shock Proteins). Adaptaciones de resistencia y adaptación al estrés térmico. Mecanismos bioquímicos y moleculares de tolerancia a estrés térmico. • Estrés hídrico: causas, efectos y respuestas adaptativas. Respuestas fisiológicas, bioquímicas y moleculares ante el estrés hídrico. Genes implicados en la respuesta y tolerancia al estrés hídrico. • Estrés salino y estrés osmótico: causas y efectos. Mecanismos de adaptación y tolerancia a la salinidad. Interrelación de los genes responsables e implicados las respuestas a estrés salino, osmótico e hídrico. • Estrés oxidativo: fuentes de estrés oxidativo y evolución de la respuesta fisiológica. Síntesis y regulación molecular de los mecanismos de defensa y antioxidantes. Genes y enzimas Mecanismos de respuesta a estrés biótico implicados en la respuesta y tolerancia a estrés oxidativo. <b>5.2 Mecanismos de respuesta a estrés biótico.</b> • Patógenos y sus



		mecanismos de virulencia. Virus, bacterias hongos, nematodos, artrópodos y plantas parásitas. • Mecanismos de defensa: físicos e interacción molecular planta-patógeno. Interacción compatible e incompatible. Respuesta sistémica. Rol de las hormonas en las respuestas a estrés.
17.75 clase 17.75 extra clase	V. Nutrición de cultivos tropicales.	<p><b>6.1 Elementos esenciales y funciones: Macro y micronutrientes.</b></p> <p><b>6.2 El suelo como fuente de nutrición de las plantas:</b> factores implicados en la génesis de suelos. Importancia del agua y la materia orgánica en el suelo.</p> <p><b>6.3 Absorción y transporte mineral.</b> Fijación simbiótica del nitrógeno. Absorción y asimilación de nitrato, amonio y otras formas de nitrógeno. Asimilación de fósforo y potasio por las plantas.</p> <p><b>6.4 Mecanismos bioquímicos y moleculares involucrados en el proceso de absorción, transporte y compartimentalización de los nutrientes:</b> transportadores de macronutrientes. Absorción de micronutrientes. Síntomas por déficit de nutrientes.</p> <p><b>6.5 Toxicidad mineral.</b></p>
10.65 clase 10.65 extra clase	VI. Fisiotecnia.	<p><b>7.1 Métodos de diagnóstico del estado nutricional de cultivos:</b> • Diagnóstico de la fertilidad del suelo. • Análisis químico • Análisis de savia. • Diagnóstico nutricional en plantas. • Diagnóstico visual. • Diagnóstico químico. • Análisis químico de suelos.</p> <p><b>7.2 Técnicas de corrección de deficiencias y/o desórdenes nutricionales en los cultivos.</b> • Buenas prácticas en el uso de fertilizantes. Balance de nutrientes. Principales fuentes de nutrientes. • Fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos. • Fertilizantes de liberación lenta vs Fertilizantes de liberación rápida; complejos y líquidos. • Correctores de deficiencias de micronutrientes secundarios. • Vías de aplicación (foliar vs. radical). Fertilización foliar: Órganos de absorción, rutas y mecanismos de penetración foliar. Factores que afectan la absorción foliar. Aplicaciones y limitaciones.</p> <p><b>7.3 Tecnologías para hacer eficiente la producción de cultivos tropicales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arquitectura anatómica de plantas para incrementar la tasa fotosintética en cultivos tropicales.</li> <li>• Manejo, control y sincronización de la fenología de cultivos.</li> <li>• Correctores y promotores de crecimiento y desarrollo vegetal. Uso, manejo y aplicación de hormonas en la producción intensiva de cultivos. Uso de aminoácidos, ácidos fúlvicos y húmicos y otros en la producción de cultivos.</li> <li>• Cultivos sin suelo: Sistemas de producción en sustratos a campo abierto y en sistemas protegidos (casa sombra e invernaderos) acolchado y cobertera. Túneles y micro túneles. Enarenado y composta. Sustratos tradicionales y alternativos.</li> <li>• Sistemas hidropónicos: preparación y dosificación de la solución nutritiva. Control del pH, CE, temperatura y turbulencia de la solución nutritiva. Prevención de fisiopatologías y otros desórdenes fisiológicos en los cultivos sin suelo.</li> </ul>

## 8. Etapas y actividades del proyecto formativo

Temas	Principales actividades de aprendizaje con el docente (AD)	Tiempo aproximado	Principales actividades de aprendizaje autónomo de los estudiantes (AA)	Tiempo aproximado
I. Fisiología vegetal y bases moleculares de los procesos fisiológicos en plantas. Relaciones en el sistema agua-suelo-planta-atmosfera (ASPA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminario docente</li> <li>• Seminario estudiantes</li> </ul>	4 h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discusión guiada</li> <li>• Experimentación en laboratorio y en campo</li> </ul>	6.65 h
II. Fisiología molecular del anabolismo y catabolismo de los cultivos tropicales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminario docente</li> <li>• Seminario estudiantes</li> </ul>	7 h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discusión guiada</li> <li>• Experimentación en laboratorio</li> <li>• Aprendizaje basado en</li> </ul>	7.2 h



			preguntas	
<b>III. Fisiología del desarrollo: Respuestas de las plantas a estímulos ambientales y endógenos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seminario docente</li><li>• Seminario estudiantes</li></ul>	10 h	<ul style="list-style-type: none"><li>• Discusión guiada</li><li>• Experimentación en laboratorio</li><li>• Práctica guiada</li><li>• Aprendizaje basado en preguntas</li></ul>	18.4 h
<b>IV. Respuesta de las plantas al medio. Fisiología, bioquímica y biología molecular del estrés en plantas tropicales.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seminario docente</li><li>• Seminario estudiantes</li></ul>	7 h	<ul style="list-style-type: none"><li>• Discusión guiada</li><li>• Experimentación en laboratorio</li><li>• Aprendizaje basado en preguntas</li></ul>	7.2 h
<b>V. Nutrición de cultivos tropicales.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seminario docente</li><li>• Seminario estudiantes</li></ul>	10 h	<ul style="list-style-type: none"><li>• Discusión guiada</li><li>• Experimentación en laboratorio</li><li>• Aprendizaje basado en preguntas</li></ul>	7.75 h
<b>VI. Fisiotecnia.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seminario docente</li><li>• Seminario estudiantes</li></ul>	6 h	<ul style="list-style-type: none"><li>• Discusión guiada</li><li>• Experimentación en laboratorio y en campo</li></ul>	4.65 h

Para evaluar el funcionamiento global y específico de las plantas y su interacción con el medio ambiente se desarrollarán las siguientes prácticas:

1. Fenología. (Dr. Arreola)
2. Extracción y cuantificación de pigmentos fotosintéticos (Dr. Alatorre)
2. Evaluación de la capacidad fotosintética vegetal: Cuantificación de parámetros fotosintéticos. (Dr. Alatorre)
3. Fotomorfogénesis (Dra. Martínez)
4. Respuesta a estrés abiótico (Dra. Martínez)
5. Estrés por nutrientes (Dr. Alatorre)
6. Phenomics (Dra. Martínez)

Las prácticas podrán ocurrir en los días marcados para cada investigador o fuera del horario de clases.

---

### Metodología de enseñanza-aprendizaje

---

La metodología utilizada para el desarrollo de este curso es la del aprendizaje activo. Esto significa que se promoverá que el estudiante busque la construcción del saber de manera autónoma, y que sitúe al docente como un guía y facilitador que acompaña al estudiante, a través de la implementación de una serie de estrategias de enseñanza-aprendizaje, que promueven el involucramiento de la persona que aprende en su proceso formativo.

Cabe señalar que el desarrollo de competencias a través de una metodología activa, no implica la ausencia de espacios en las que el docente esté al centro del proceso pedagógico, utilizando estrategias de enseñanza-aprendizaje comúnmente denominadas "tradicionales"; el cambio radicará en que éstas no primarán en el quehacer aúlico sino serán accesorias.

---

### Técnicas de enseñanza-aprendizaje a ser utilizadas

---

- Seminario docente

- Seminario estudiantes
- Discusión guiada
- Aprendizaje basado en preguntas
- Experimentación en laboratorio y en campo
- Prácticas guiadas

---

## **NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN**

---

Para acreditar el curso cada profesor del curso evaluará sus actividades de aprendizaje y emitirá una calificación. La calificación final conjunta la calificación de cada profesor participante, y pondera la participación en tiempo de cada profesor respecto al total de horas clase. La calificación final se revisará de manera personal con cada estudiante o en sesión grupal, según se acuerde al inicio del curso.

La evaluación de cada profesor deberá incluir todos o la mayoría de las actividades de aprendizaje. En la tabla siguiente se muestra para el Coordinador:

<b>Actividad de aprendizaje</b>	<b>Instrumento de Evaluación</b>	<b>Ponderación</b>
Seminario docente	Interrogatorio escrito	30%
Seminario estudiantes	Interrogatorio oral Evaluación de pares	30%
Discusión guiada	Participación en clase	20%
Aprendizaje basado en preguntas		
Experimentación en laboratorio y en campo	Portafolio de evidencias (Reporte de prácticas)	20%
Total		100%

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

### **Libros recomendados**

- Buchanan, B.; W. Gruisem & R. Jones. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Amer. Soc. Plant Physiol. USA.
- Heldt. H. W. 1997. Plant Biochemistry & Molecular Biology. Oxford University Press. Oxford, USA.
- Hopkins, W.G. & N.P.A. Hüner. 2004. Introduction to Plant Physiology. 3<sup>rd</sup>. Ed. John Wiley, Nueva York.
- Lea, P.J. & R.C. Leegood, 1993. Plant Biochemistry and Molecular Biology. Wiley, Nueva York.
- Nobel. P.S. 2005. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. 3<sup>era</sup> ed. Academic Press. Nueva York.

Öpik, H. & S. Rolfe. 2005. *The Physiology of Flowering Plants*. 4<sup>ta</sup> Ed. Cambridge University Press.

Taiz L. & E. Zeiger. 1998. *Plant Physiology*. 2<sup>da</sup> Ed. Sinauer Ass. Inc., Massachusetts.

**Reviews/ online books recomendados**

**Apoplastic Diffusion Barriers in Arabidopsis.** The Arabidopsis Book 11: e0167. 2013. <https://doi.org/10.1199/tab.0167>

**Genetic Networks in Plant Vascular Development.** Ruonala R, Ko D, Helariutta Y. *Annu Rev Genet*. 2017 Nov 27;51:335-359. doi: 10.1146/annurev-genet-120116-024525. Epub 2017 Sep 11.

**Differentiation of conductive cells: a matter of life and death.** Heo JO1, Blob B2, Helariutta Y. *Curr Opin Plant Biol*. 2017 Feb;35:23-29. doi: 10.1016/j.pbi.2016.10.007. Epub 2016 Oct 26.

**Vascular Cambium Development.** Nieminen K, Blomster T, Helariutta Y, Mähönen AP. *Arabidopsis Book*. 2015 May 21;13:e0177. doi: 10.1199/tab.0177. eCollection 2015.

**Xylem development - from the cradle to the grave.** Růžička K, Ursache R, Hejátko J, Helariutta Y. *New Phytol*. 2015 Aug;207(3):519-35. doi: 10.1111/nph.13383. Epub 2015 Mar 23. Review.

**Phloem development: current knowledge and future perspectives.** Heo JO, Roszak P, Furuta KM, Helariutta Y. *Am J Bot*. 2014 Sep;101(9):1393-402. doi: 10.3732/ajb.1400197. Epub 2014 Sep 2. Review.

**Root system markup language: toward a unified root architecture description language.** G Lobet, MP Pound, J Diener, C Pradal, X Draye... - *Plant ...*, 2015 - *Am Soc Plant Biol*

**The role of nutrient availability in regulating root architecture.** J López-Bucio, A Cruz-Ramírez... - *Current opinion in plant ...*, 2003 - Elsevier

**Regulation of plant root system architecture: implications for crop advancement.** ED Rogers, PN Benfey - *Current opinion in biotechnology*, 2015 - Elsevier

**Phosphorus: The Underrated Element for Feeding the World.** Herrera-Estrella L, López-Arredondo D. *Trends Plant Sci*. 2016 Jun;21(6):461-3. doi: 10.1016/j.tplants.2016.04.010. Epub 2016 May 5.

**Improving phosphorus use efficiency: a complex trait with emerging opportunities.** Heuer S, Gaxiola R, Schilling R, Herrera-Estrella L, López-Arredondo D, Wissuwa M, Delhaize E, Rouached H. *Plant J*. 2017 Jun;90(5):868-885. doi: 10.1111/tbj.13423. Epub 2017 Feb 3. Review.

**Molecular mechanisms of phosphate transport and signaling in higher plants.** Wang F, Deng M, Xu J, Zhu X, Mao C. *Semin Cell Dev Biol*. 2017 Jun 23. pii: S1084-9521(16)30386-X. doi: 10.1016/j.semcdb.2017.06.013.

**Novel signals in the regulation of Pi starvation responses in plants: facts and promises.** Puga MI, Rojas-Triana M, de Lorenzo L, Leyva A, Rubio V, Paz-Ares J. *Curr Opin Plant Biol*. 2017 Oct;39:40-49. doi: 10.1016/j.pbi.2017.05.007. Epub 2017 Jun 3. Review.

**Control of phosphate homeostasis through gene regulation in crops.** C Liang, J Wang, J Zhao, J Tian, H Liao - *Current opinion in plant biology*, 2014 - Elsevier

**Phosphate nutrition: improving low-phosphate tolerance in crops.** DL Lopez-Arredondo... - Annual review of ..., 2014 - annualreviews.org

**Root architecture responses: in search of phosphate.** B Péret, T Desnos, R Jost, S Kanno, O Berkowitz... - Plant ..., 2014 - Am Soc Plant Biol.

**Nitrogen signalling pathways shaping root system architecture: an update.** BG Forde - Current opinion in plant biology, 2014 - Elsevier

**Plant nitrogen acquisition under low availability: regulation of uptake and root architecture.** T Kiba, A Krapp - Plant and Cell Physiology, 2016 - academic.oup.com

**Nitrate transport and signalling in Arabidopsis.** A Krapp, LC David, C Chardin, T Girin... - Journal of ..., 2014 - academic.oup.com

**Root K<sup>+</sup> Acquisition in Plants: The Arabidopsis thaliana Model.** F Alemán, M Nieves-Cordones... - Plant and Cell ..., 2011 - academic.oup.com

**Potassium transport and signaling in higher plants.** Y Wang, WH Wu - Annual Review of Plant Biology, 2013 - annualreviews.org

**Potassium: a neglected nutrient in global change.** J Sardans, J Peñuelas - Global Ecology and Biogeography, 2015 - Wiley Online Library

**Integration of nitrogen and potassium signaling.** YF Tsay, CH Ho, HY Chen, SH Lin - ... review of plant biology, 2011 - annualreviews.org

**Potassium in agriculture—status and perspectives.** C Zörb, M Senbayram, E Peiter - Journal of plant physiology, 2014 - Elsevier

**Artículos de revisión y/o investigación para cada tópico del temario: v.g. Plant Physiology, Plant J, Plant Cell, Experimental Botany, Frontiers in Plant Sciences, PNAS.**