

PROGRAMA DE CURSO

Nombre del curso (en castellano y en inglés)			
Nutrición Mineral – Mineral Nutrition			
Escuela		Carrera (s)	Código
Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales		Ingeniería Agronómica	AGR52091
Semestre	Tipo de actividad curricular		
X	ELECTIVA ESPECIALIZADA		
Prerrequisitos		Correquisitos	
Métodos de investigación			
Créditos SCT	Total horas a la semana	Horas de cátedra, seminarios, laboratorio, etc.	Horas de trabajo no presencial a la semana
4	6,7	4,5	2,2
Ámbito	Competencias a las que tributa el curso	Subcompetencias	
i. Diseño y gestión de sistemas agropecuarios	i. Competencias específicas 1. Diseña proyectos agrícolas considerando los aspectos técnicos y ambientales que favorezcan una gestión sustentable, ética, innovadora y económicamente rentable.	1.1 Reconoce y caracteriza las distintas especies y variedades vegetales con importancia agronómica, considerando su nivel de adaptabilidad a las condiciones de suelo, agua y clima necesarias para optimizar su producción. 1.2 Maneja de forma sustentable e innovadora la cadena de producción vegetal, desde la producción primaria hasta su llegada al consumidor, aplicando estrategias viables en el aspecto técnico y económico que permitan enfrentar desafíos del desarrollo local y nacional. 1.3 Integra el conocimiento del manejo de cultivos y las condiciones de suelo, agua, y clima a través de la experimentación aplicada para la	

	ii. Competencias transversales 1. Comprende y se expresa oralmente y por escrito, con diversos propósitos comunicativos en relación con otros. 2. Aplica en su disciplina nuevos aprendizajes para su desarrollo personal y profesional, adaptándose a un entorno cambiante.	búsqueda de nuevas soluciones a problemas locales o nacionales. 1.1 Comunica oralmente y por escrito en español a nivel formal en el contexto/ámbito disciplinar y profesional. 1.3 Comprende las ideas principales de discursos orales en distintos contextos. 1.4 Evalúa e integra información para comprender su significado a partir de textos de fuentes conocidas y desconocidas. 1.5 Expresa sus pensamientos, opiniones y sentimientos con respeto. 2.1 Construye su propio proceso de aprendizaje de forma autónoma, eficaz y eficiente. Para ello, conoce y utiliza metodologías de aprendizaje, desarrolla hábitos de estudio y trabajo, seleccionando estas herramientas según sus objetivos. 2.2 Manifiesta actitud de interés en su formación personal y profesional, adaptándose a situaciones nuevas, incorporando los conocimientos y habilidades adquiridas para un mejoramiento continuo. 2.3 Investiga acerca de nuevas áreas de conocimiento a partir de las propias necesidades de aprendizaje, y es capaz de
--	--	---

		proponer ideas innovadoras o nuevas formas de hacer las cosas. 2.4 Resuelve problemas del ámbito profesional mediante el cuestionamiento e integración de modelos teóricos a partir de una síntesis personal y creativa.
	3. Reconoce la presencia de problemas u oportunidades y utiliza su conocimiento y fuentes de información para implementar acciones o estrategias para su resolución o puesta en marcha.	3.1 Demuestra un razonamiento crítico reconociendo la presencia del problema u oportunidad. 3.2 Aplica el pensamiento crítico en la indagación, análisis e interpretación de temas de su disciplina profesional. 3.3 Resuelve problemas con base en el lenguaje y con procedimientos matemáticos, y desarrolla reflexiones analíticas, críticas, conceptuales y argumentativas. 3.4 Implementa y monitorea acciones y/o estrategias para la resolución de problemas o realización de propuestas innovadoras.
	5. Participa y trabaja colaborativamente en las tareas que corresponden, orientado a objetivos comunes y al fortalecimiento del equipo.	5.1 Cumple las tareas asignadas de forma responsable. 5.2 Cumple con la asistencia y puntualidad. 5.3 Ejerce liderazgo positivo, velando por el cumplimiento de los objetivos del equipo vinculados a su disciplina/profesión. 5.4 Genera ambientes de trabajo colaborativos y de confianza. 5.5 Muestra respeto por la diversidad. 5.6 Muestra una conducta responsable de acuerdo a las normas establecidas

	6. Conoce y comprende como la ética profesional y la responsabilidad social interactúan en otras áreas de conocimiento, con entornos legales, económicos, medioambientales, públicos y privados.	6.1 Evalúa aspectos éticos del sector agropecuario, a través del manejo y uso sustentable de los recursos naturales, en relación a las comunidades involucradas. 6.2 Identifica el impacto de problemas comunitarios significativos y evalúa competencias para dar soluciones eficientes y responsables al problema. 6.3 Trabaja responsablemente dentro de contextos organizacionales y comunitarios con el objetivo de desarrollar habilidades en la ciudadanía. 6.4 Respeta las normativas medioambientales en el desarrollo de su trabajo profesional.
Propósito general del curso		
Esta asignatura trata los aspectos científicos, técnicos y prácticos necesarios para el dominio de la nutrición y la fertilización de especies frutales, cultivos anuales y hortalizas. Se estudiarán los mecanismos de absorción, transporte y asimilación de los macro y microelementos esenciales en las principales especies agrícolas cultivadas en Chile, y las funciones de los nutrientes en el metabolismo de las plantas. Se estudiarán los mecanismos de respuesta fisiológicos y bioquímicos de las plantas a las carencias y excesos de elementos minerales. Se analizarán desde un punto de vista fisiológico, las implicancias de la nutrición en variables vegeto-productivas y cualitativas de la fruta. Estos conocimientos le permitirán al estudiante comprender la nutrición mineral en plantas, y adicionalmente, le otorgarán las bases necesarias para elaborar programas de fertilización idóneos para el desarrollo y éxito productivo y cualitativo de los huertos frutales, cultivos anuales y hortalizas.		
Resultados de Aprendizaje (RA)		
RA1. Conoce los procesos y reacciones fisiológicas que rigen la nutrición mineral de las plantas frutales, hortalizas y cultivos anuales. RA2. Aplica las bases conceptuales para identificar el estado nutricional y realizar la fertilización de las plantas frutales, hortalizas y cultivos anuales.		

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
1	1	Introducción, definiciones y propiedades del suelo que afectan la disponibilidad de nutrientes	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- ¿Por qué estudiamos la nutrición? - Conceptos y antecedentes. - Principales objetivos de la fertilización en la agricultura. - Principales problemas nutricionales en la agricultura. - Esencialidad de elementos minerales. - Macronutriente y micronutriente. - Propiedades Físicas. - Propiedades Químicas. - Materia Orgánica.		Conoce los antecedentes fundamentales requeridos para el entendimiento de la nutrición mineral de plantas. Entiende las interacciones entre las propiedades de los suelos y la disponibilidad de minerales para las plantas.	

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
2	1	Absorción y transporte de elementos minerales por las plantas	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Movimiento de elementos minerales hacia las raíces. - Flujo de nutrientes a través del apoplasto celular. - Flujo de nutrientes a través de membranas celulares (membrana plasmática y tonoplasto). - Transportadores intermembrana, canales iónicos, bombas redox, enzimas ATP- y PPi- asas, y sus regulaciones.		Comprende los mecanismos vinculados a los procesos de absorción, transporte y asimilación de minerales en las plantas.	

- Cinética de absorción de elementos minerales. - Transporte radial de iones en la raíz. - Movimiento xilemático de iones (carga, transporte y descarga). - Transporte floemático de elementos minerales.	
--	--

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
3	1	Nitrógeno (N)	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Funciones del N en árboles frutales. - Síntomas de déficit y exceso de N. - Fuentes nitrogenadas presentes en los suelos agrícolas. - Transportadores intermembrana del N y sus regulaciones. - Absorción y transporte de N en frutales. - Asimilación del N en las plantas: enzimas GS, GOGAT, GDH. - Influencia de portainjertos en asimilación de N. - Removilización de N en especies frutales. - Implicancias del N en parámetros fisiológicos, vegetativos y productivos. - Implicancias del N en la calidad de la fruta y su comportamiento en postcosecha. - Lixiviación de N en los suelos.		Conoce las funciones de N, su dinámica de absorción y transporte y asimilación en plantas. Analiza, a partir de los conceptos descritos, las implicancias de la nutrición nitrogenada en la fisiología, el crecimiento, la producción, y las características del producto agrícola (fruta, grano, hortaliza, etc.).	

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
4	1	Fósforo (P) y Potasio (K)	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Dinámica del P en el suelo. - Absorción de P por las plantas: transportadores. - Funciones del P en la planta. - Déficit de P: mecanismos de adaptación de las plantas. - Funciones del K en las plantas.		Conoce los factores que rigen la dinámica del P en el suelo y la planta, y sus efectos en la producción agrícola. Conoce los procesos fisiológicos que rigen la absorción y transporte del K en las plantas, así como su rol del K en variables	

- Síntomas de carencia de K. - Absorción de K en frutales, transportadores intermembrana y sus regulaciones. - Movimiento del K en las plantas, acumulación y repartición en los frutos. - Influencia del K en flujo de carbohidratos hacia los frutos. - Influencia del K en parámetros cualitativos de la fruta (SS%, color, calibre, etc.). - Rol del K en activación de enzimas. - Rol del K en movimiento estomático.	fisiológicas, vegetativas y productivas de las plantas.
--	--

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
5	1	Calcio (Ca) y magnesio (Mg)	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Funciones. - Síntomas de déficit. - Absorción y transporte en las plantas. - Rol del Ca en estabilización de la pared celular y regulación del potencial osmótico. - Rol del Ca y Mg en susceptibilidad a desórdenes fisiológicos.		Comprende las implicancias de la nutrición cálcica y magnésica en la fisiología vegetal y la calidad de los productos agrícolas.	

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
6	1	Microelementos	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Funciones. - Síntomas de déficit. - Aspectos fisiológicos del metabolismo. - Mecanismos de respuesta de las plantas a carencias y excesos. - Implicancias fisiológicas de microelementos en variables vegetativas, productivas y cualitativas de la fruta.		Entiende las variables que influyen en la solubilidad de los micronutrientes en el suelo, así como los mecanismos de respuesta de las plantas a carencias y excesos.	

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
7	2	Diagnóstico nutricional. Análisis de suelo, agua y tejidos	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Fundamentos de las herramientas de diagnóstico nutricional. - Metodologías de colección y análisis de muestras vegetales, de suelo y de agua. - Interpretación de análisis de tejidos, de suelos y de agua.		Entiende y aplica las herramientas existentes para diagnosticar el estado nutricional de un huerto frutal, un cultivo anual o un cultivo hortícola.	

Número	RA al que contribuye la Unidad	Nombre de la Unidad	Duración en semanas
8	2	Elaboración de un programa de fertilización en cultivos y frutales: consideraciones prácticas	1
Contenidos		Indicadores de logro	
- Fundamentos de la fertilización de frutales, hortalizas y cultivos anuales. - Cálculo de dosis de fertilización. - Distribución y aplicación de fertilizantes durante el ciclo de crecimiento de un cultivo. - Selección de fertilizantes y sus características principales.		Elabora y aplica, a partir de los conocimientos adquiridos durante la asignatura, programas de fertilización idóneos para la producción agrícola.	

Metodologías	Requisitos de Aprobación y Evaluaciones del Curso
- De enseñanza: Clases teóricas on-line, uso de plataforma docente, estudio de casos y análisis de artículos científicos, salida a terreno (en caso de ser posible por pandemia).	La evaluación de la asignatura se realizará mediante Pruebas de Cátedra y una actividad aplicada grupal basada en la elaboración de un programa de fertilización para una unidad agrícola productiva. Al final del semestre se realizará un

- De aprendizaje: Trabajo basado en la lectura de artículos científicos, análisis y discusión de casos, presentaciones orales.

examen general de todos los conceptos revisados en clases.

El examen se realizará de forma escrita, y corresponde a un instrumento integrador obligatorio, y cuya calificación además tendrá el carácter de prueba recuperativa para reemplazar la nota de una prueba de Cátedra, debidamente justificada. Cabe destacar que estarán exentos de la obligación de rendir examen, conservando su nota de presentación, los estudiantes que tengan un promedio ponderado igual o superior a 5,0 y que no hayan tenido nota inferior a 4,0 en las pruebas de cátedra.

Las ponderaciones serán las siguientes:

Evaluación	Ponderación	
Prueba de cátedra 1 (20/10/2022)	25%	70%
Prueba de cátedra 2 (10/11/2022)	25%	
Prueba de cátedra 3 (15/12/2022)	25%	
Programa de fertilización (22/12/2022)	25%	
Examen (05/01/2023)		30%
Nota final		100%

No hay condiciones especiales de aprobación del curso relativas al % de asistencia.

Bibliografía Fundamental

- Hirzel, J. (ed.). 2008. Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. Colección Libros INIA N° 24. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 295p.
- Loulakis, K.A., Morot-Gaudry, J.F., Velanis, C.N., Skopelitis, D.S., Moschou, P.N., Hirel, B. and Roubelakis-Angelakis, K.A. 2009. Advancements in nitrogen metabolism in grapevine. In Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology; 2nd edn. Roubelakis-Angelakis (Eds), pp. 161-205.

- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. 674p.
- Razeto, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales: deficiencias y excesos. SQM. 105p.
- Razeto, B. 2009. Symptoms of Nutrient Imbalances in Fruit Trees. SQM. 187p.
- Román, S.; L. Taladriz y J.F. Araos. 2003. Fertilizantes, enmiendas y abonos orgánicos para la agricultura. (pp. 233-267). En: SOQUIMICH. Agenda del Salitre. 11a. ed. Santiago, Chile. 1515p.

Bibliografía Complementaria

- Bavaresco, L. and Poni, S. 2003. Effect of calcareous soil on photosynthesis rate, mineral nutrition, and source-sink ratio of table grape. *Journal of plant nutrition*. Vol. 26, Nos 10&11, pp. 2123-2135.
- Bell, S.J. and Henschke, P.A. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11, 242–295.
- Cesco, S., Neumann, G., Tomasi, N., Pinton, R. and Weiskopf, L. 2010. Release of plant-borne flavonoids into the rhizosphere and their role in plant nutrition. *Plant and Soil* DOI 10.1007/s11104-009-0266-9.
- Cheng, X. and Baumgartner, K. 2004. Arbuscular mycorrhizal fungi-mediated nitrogen transfer from vineyard cover crops to grapevines. *Biol Fertil Soils* 40: 406–412.
- Christou, M., Avramides, E.J. and Jones, D.L. 2006. Dissolved organic nitrogen in a Mediterranean vineyard soil. *Soil Biol & Biochem* 38, 2265-2277.
- Covarrubias, J.I., Retamales, C., Donnini, S., Rombolà, A.D., Pastenes, C. 2016. Contrasting physiological responses to iron deficiency in Cabernet Sauvignon grapevines grafted on two rootstocks. *Scientia Horticulturae* 199:1-8.
- Covarrubias, J.I., Rombolà, A.D. 2015. Organic acids metabolism in roots of grapevine rootstocks under severe iron deficiency. *Plant and Soil* 394:165-175.
- Grabov, A. 2007. Plant KT/KUP/HAK potassium transporters: single family – multiple functions. *Ann Bot*; 99: 1035–41.
- Gruber, B. and Kosegarten, H. 2001. Depressed growth of non-chlorotic vine grown in calcareous soil is an iron deficiency symptom prior to leaf chlorosis. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165: 111-117.
- Granja, F., Covarrubias, J.I. 2018. Evaluation of acidifying nitrogen fertilizers in avocado trees with iron deficiency symptoms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 18(1):157-172.
- Hilbert, G., Soyer, J.P., Molot, C., Giraudon, J., Milin, S. and Gaudillere, J.P. 2003. Effects of nitrogen supply on must quality and anthocyanin accumulation in berries of cv. Merlot. *Vitis* 42 (2), 69–76.
- Jackson, L.E., Burger, M. and Cavagnaro, T.R. 2008. Roots, nitrogen transformations, and ecosystem services. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. 59:341–63.
- Jimenez, S., Gogorcena, Y., Hévin, C., Rombolà A.D., Ollat, N., 2007. Nitrogen nutrition influences some biochemical responses to iron deficiency in tolerant and sensitive genotypes of Vitis. *Plant and Soil*, 290:343-355.
- Keller, M. 2005. Deficit irrigation and vine mineral nutrition. *Am. J. Enol. Vitic.* 56:3. pp 267-283.
- Kim, S.A. and Guerinot, M.L. 2007. Mining iron: Iron uptake and transport in plants. *FEBS Letters* 581, 2273–2280.

- Ksouri, R., M'rah, S., Gharsalli, M. and Lachaâl, M. 2006. Biochemical responses to true and bicarbonate-induced iron deficiency in grapevine genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 29:305-315.
- Lillo, C., Lea, U. and Ruoff, P. 2008. Nutrient depletion as a key factor for manipulating gene expression and product formation in different branches of the flavonoid pathway. *Plant, Cell and Environment* 31, 587–601.
- Ludewig, U., Neuhäuser, B. And Dynowski, M. 2007. Molecular mechanisms of ammonium transport and accumulation in plants. *FEBS Letters* 581, 2301-2308.
- Michel, L., Beyá-Marshall, V., Rombolà, A.D., Pastenes, C., Covarrubias, J.I. 2019. Evaluation of Fe-heme applications or intercropping for preventing iron deficiency in blueberry. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. DOI: 10.1007/s42729-019-0017-9
- Michel, L., Peña, Á., Pastenes, C., Berríos, P., Rombolà, A.D., Covarrubias, J.I. 2019. Sustainable strategies for preventing iron deficiency improve yield and berry composition in blueberry (*Vaccinium* spp.). *Frontiers in Plant Science* 10:255.
- Molina, J., Covarrubias J.I. 2019. Influence of nitrogen source on physiological responses to alkaline conditions in the grapevine rootstock 110 Richter. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. DOI: 10.1007/s42729-019-00030-1.
- Ollat, N., Laborde, B., Neveux, M., Diakou-Verdin, P., Renaud, C. and Moing, A. 2003. Organic acid metabolism in roots of various grapevine (*Vitis*) rootstocks submitted to iron deficiency and bicarbonate nutrition. *International Symposium of Iron Nutrition and Interactions in Plants*. Udine , Italy, Vol. 26, N° 10-11, 438 p.
- Peuke, A.D. 2000. The chemical composition of xylem sap in *Vitis vinifera* L. cv Riesling during vegetative growth on three different franconian vineyard soils and as influenced by nitrogen fertilizer. *Am. J. Enol. Vitic.* 51:4:329-339.
- Poni, S., Quartieri, M. and Tagliavini, M. 2003. Potassium nutrition of Cabernet Sauvignon grapevines (*Vitis vinifera* L.) as affected by shoot trimming. *Plant and Soil* 253: 341–351.
- Pratelli, R., Lacombe, B., Torregrosa, L., Gaymard, F., Romieu, C., Thibaud, J. and Sentenac, H. 2002. A grapevine gene encoding a guard cell K⁺ channel displays developmental regulation in the grapevine berry. *Plant Physiology* 128, 564–577.
- Rombolà, A.D. and Tagliavini, M. 2006. Iron nutrition of fruit tree crops. In *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms* (Eds. J. Abadía and L. Barton), pp. 61-83, Springer, Berlin, Germany.
- Schreiner, R.P. 2005. Mycorrhizas and mineral acquisition in grapevines. In *Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium*. P. Christensen and D.R. Smart (Eds.), pp. 49-60. American Society for Enology and Viticulture, Davis, CA.
- Szczerba, M.W., Britto, D.T. and Kronzucker, H.J. 2009. K⁺ transport in plants: Physiology and molecular biology. *Journal of Plant Physiology* 166, 447-466.
- Volder, A., Smart, D.R., Bloom, A.J. and Eissenstat, D.M. 2005. Rapid decline in nitrate uptake and respiration with age in fine lateral roots of grape: implications for root efficiency and competitive effectiveness. *New Phytologist*, Vol. 165, No. 2, pp. 493-501.
- Zhang, Y.L., Dong, Y.Y., Shen, Q.R. and Duan, Y.H. 2004. Characteristics of NH₄⁺ and NO₃⁻ uptake by rices of different genotypes. *Acta Pedologica Sinica*. 41(6): 918-923.

Fecha última revisión:	07-09-2022
Programa visado por:	Comité Docente Ingeniería Agronómica