



Maestría en Cultivos Intensivos

1) Título del Curso

NUTRICIÓN MINERAL DE CULTIVOS INTENSIVOS

2) **Unidades de Créditos Académicos (UCAs) que otorga:** 3 UCAs (45 horas)

3) **Número de inscriptos admisibles o cupo:** Mínimo de 10 y máximo de 30 alumnos

4) Docente responsable

Ing. Agr. Dra. Norma Guadalupe Micheloud, nmicheloud@fca.unl.edu.ar

5) Docentes del curso

Ing. Agr. Dra. Norma Guadalupe Micheloud (FCA UNL)

Ing. Agr. Juan Carlos Favaro (FCA UNL) jcfavaro@fca.unl.edu.ar

Ing. Agr. Dr. Gonzalo Berhongaray (CONICET – FCA UNL) bgonza-lo@agro.uba.ar

Dr. Gustavo Ribero (FCA UNL) gribero@fca.unl.edu.ar

6) Destinatarios

Estudiantes de maestría y doctorado en Ingeniería Agronómica, Ciencias Biológicas o disciplinas afines, así como profesionales vinculados a la producción hortícola, frutícola y ornamental que requieran profundizar sus conocimientos en nutrición mineral aplicada a sistemas intensivos.

7) Justificación

La nutrición mineral constituye uno de los pilares fundamentales en los sistemas de producción intensiva, donde el rendimiento no se evalúa únicamente en términos de cantidad sino también de calidad comercial, valor nutricional y vida poscosecha.

En cultivos hortícolas, frutales y florales bajo sistemas protegidos o de alta tecnología, la relación entre demanda nutricional, oferta del suelo o sustrato, calidad del agua de riego y manejo de la fertilización determina no solo la productividad sino también la eficiencia en el uso de nutrientes y la sostenibilidad ambiental del sistema.

El avance en el conocimiento de los mecanismos fisiológicos de absorción y transporte de nutrientes, junto con el desarrollo de herramientas de diagnóstico y modelos de cálculo de fertilización, exige una formación actualizada y crítica. Este curso propone integrar los fundamentos fisiológicos con la toma de decisiones agronómicas, promoviendo una visión sistémica de la nutrición mineral en cultivos intensivos.

8) Objetivos

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de:

- Explicar los fundamentos fisiológicos de la absorción, transporte y función de los nutrientes minerales en cultivos intensivos.
- Analizar la dinámica de la demanda nutricional en función del estado fenológico, tasa de crecimiento y condiciones ambientales.
- Evaluar la oferta de nutrientes proveniente del suelo, sustrato y agua de riego.
- Diseñar planes de fertilización fundamentados técnica y fisiológicamente.
- Aplicar herramientas de diagnóstico nutricional (análisis foliar, DRIS, interpretación de síntomas).
- Integrar criterios de eficiencia de uso de nutrientes y sustentabilidad ambiental en la toma de decisiones.



- Identificar problemáticas actuales y posibles líneas de investigación en nutrición mineral aplicada.

9) Programa

Módulo I – Fundamentos fisiológicos de la nutrición mineral

Unidad 1. Elementos esenciales y requerimientos nutricionales

Criterios de esencialidad. Macronutrientes, micronutrientes y elementos benéficos. Requerimiento nutritivo y concentración crítica. Factores que afectan la concentración mineral en tejidos.

Unidad 2. Absorción radicular y transporte interno

Mecanismos de absorción de iones. Transporte a través de membranas. Equilibrio Donnan y teoría del transportador. Transporte por xilema y floema. Removilización y redistribución interna.

Unidad 3. Funciones fisiológicas de los nutrientes

Rol estructural, metabólico y osmótico. Interacciones nutricionales. Relación nutrición–fotosíntesis–crecimiento.

Módulo II – Dinámica demanda–oferta en sistemas intensivos

Unidad 4. Demanda nutricional y respuesta productiva

Curvas de absorción. Influencia del estado fenológico. Efecto del ambiente protegido. Relación nutrición–calidad.

Unidad 5. Oferta desde el agua de riego

Calidad de agua. Salinidad y alcalinidad. Carbonatos y bicarbonatos. Ajuste de pH. Impacto en cultivos bajo fertirriego.

Unidad 6. Oferta desde el suelo o sustrato

Propiedades químicas del suelo. Complejo de intercambio. Cálculo de oferta mineral. Particularidades en cultivos sin suelo.

Módulo III – Manejo, fertilización y diagnóstico

Unidad 7. Fertilización en cultivos intensivos

Fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Interacciones N–P–K. Triángulo de Steiner
Formulación y cálculo de soluciones nutritivas. Eficiencia de uso de nutrientes.

Unidad 8. Diagnóstico nutricional

Diagnóstico visual. Análisis foliar. Método DRIS. Interpretación integrada suelo–
agua–planta.

10) Cronograma

La estrategia de enseñanza adoptada combina instancias virtuales sincrónicas con actividades asincrónicas en aula virtual y un encuentro presencial final de integración práctica.

Durante las primeras tres semanas de dictado se desarrollarán los contenidos teóricos mediante encuentros sincrónicos virtuales a través de la plataforma Zoom institucional. Cada una de estas semanas se corresponde con un módulo temático del curso, de acuerdo con lo establecido en el ítem 9 “Programa”.

Las clases sincrónicas se complementarán con actividades en el Aula Virtual institucional (plataforma Moodle), donde los estudiantes dispondrán de recursos didácticos tales como presentaciones, apuntes, guías de estudio, guías de trabajos prácticos, bibliografía y materiales de consulta complementarios. Asimismo, se habilitarán espacios de interacción académica, incluyendo foros de discusión, cuestionarios y entrega de tareas.

La cuarta semana estará destinada al desarrollo de actividades prácticas integradoras. En el Aula Virtual se pondrán a disposición consignas y materiales para la resolución de problemas y ejercicios de cálculo vinculados con estimación de requerimientos nutricionales y diseño de planes de fertilización.

El curso finalizará con un encuentro presencial en la FCA-UNL, previsto para el mes de mayo, destinado a la resolución y discusión de trabajos prácticos aplicados a dis-

tintas situaciones productivas. Esta instancia permitirá integrar los contenidos teóricos con el análisis y la toma de decisiones en contextos reales.

Cronograma	TEMAS	DOCENTES
Semana 1	Presentación del curso, docentes, organización de actividades, sistema de evaluación Módulo I – Fundamentos fisiológicos de la nutrición mineral Unidad 1. Elementos esenciales y requerimientos nutricionales CONSULTAS	Dra. Norma Micheloud FCA-UNL / ICIAGro
	Unidad 2. Absorción radicular y transporte interno Unidad 3. Funciones fisiológicas de los nutrientes CONSULTAS	Dra. Norma Micheloud FCA-UNL / ICIAGro
Semana 2	Módulo II – Dinámica demanda–oferta en sistemas intensivos Unidad 4. Demanda nutricional y respuesta productiva CONSULTAS	Dr. Gonzalo Berhongaray FCA-UNL / CO- NICET
	Unidad 5. Oferta desde el agua de riego Unidad 6. Oferta desde el suelo o sustrato Unidad 7. Fertilización en cultivos intensivos CONSULTAS	Dr. Gonzalo Berhongaray FCA-UNL / CO- NICET
Semana 3	Módulo III – Manejo, fertilización y diagnóstico Unidad 7. Fertilización en cultivos intensivos CONSULTAS	Ing. Agr. Juan Carlos Favaro FCA - UNL
	Unidad 8. Diagnóstico nutricional CONSULTAS	Ing. Agr. Juan Carlos Favaro FCA - UNL

Semana 4	Encuentro presencial de TP y consultas	Dr. Gustavo Ribero FCA-UNL
	Encuentro presencial de TP y consultas	Dra. Norma Micheloud FCA-UNL / ICIAgro

11) Número de horas teóricas: 25

12) Número de horas prácticas y seminarios: 20

13) Sistema de Evaluación

La evaluación será continua e integradora, e incluirá:

Cuestionarios breves de apuntes del curso y actividades de lectura crítica y discusión de papers recientes nacionales (20%)

Resolución de ejercicios de cálculo y análisis de casos (40%)

Trabajo integrador final (40%), consistente en el diseño fundamentado de un plan de fertilización para un sistema intensivo real o hipotético, incluyendo:

- estimación de demanda,
- análisis de oferta,
- propuesta de manejo,
- justificación fisiológica.

Se considerará aprobado el curso con una calificación mínima equivalente al 60%. Se prevé instancia recuperatoria.

14) Referencias Bibliográficas

- Ávila, G. T.; Boetto, M. N.; Menduni, M. F.; Beccaria, V. 2023. Efecto de bokashi y supermagro sobre el rendimiento del cultivo agroecológico de ajo. *Horticultura Argentina* 42 (108): 46-58.
- Bálsamo, M.; May Petroff, N.; Barbaro, L.; Iwasita, B. 2024. Residuos de la industria yerbatera: sus implicancias en la calidad química del suelo y comportamiento del cultivo de *Aloysia polystachya*. *Horticultura Argentina* 44 (113): 166-179.
- Barbaro, L. A.; Stancanelli, S. 2025. Producción en maceta de Mecardonia cv. Guaraní Amarilla INTA con diferentes métodos de riego y fertilización. *Horticultura Argentina* 44 (115): 91-102.
- Benton, J. 2002. *Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils and Their Fertility*. CRC Press. 480p.
- Berg, B.; Laskowski, R.; Caswell, H. 2005. *Litter Decomposition: a Guide to Carbon and Nutrient Turnover*. Academic press. 448p.
- Bell, R.W.; Rerkansen, B. 1997. *Boron in soil and Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 270p.
- Bondada, B.R.; Syvertsen, J.P. 2005. Concurrent changes in net CO₂ assimilation and chloroplast ultrastructure in nitrogen deficient *Citrus* leaves. *Environmental and Experimental Botany* 54: 41-48.
- Bugarín-Montoya, R.; Virgen-Ponce, M.; Galvis-Spinola, A.; García-Paredes, D.; Hernández-Mendoza, T.; Bojorquez-Serrano, I.; Madueño-Molina, A. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro*, 23(2), 93-98.
- Casierra-Posada, F.; Cardozo, M.C.; Cárdenas-Hernández, J.F. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2): 299-305.
- Dutra, J. G.; Nolibos, J. P. S.; Silva, P. V.; Peil, R. M. N. 2024. Dinámica de extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de dos variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en sustrato. *Horticultura Argentina* 44 (113): 32-41.
- Flores, P.; Carabajal, M.; Cerda, A.; Martinez, V. 2001. Salinity and ammonium/nitrate interaction of tomato plant development, nutrition and metabolites. *Plant nutrition* 24:1561-1573.
- Jatav, H.S.; Rajput, V. D. 2025. Sustainable nutrient management under climate change. *Front. Agron.* 7:1625151. doi: 10.3389/fagro.2025.1625151
- Gariglio, N.F.; Pilatti, R.A.; Baldi, B.L. 2000. Using Nitrogen Balance to Calculate Fertilization in Strawberries. *HortTechnology*, 10(1): 147-150.
- Guardiola Bárcena, J.; Amparo García, L. 2004 *Fisiología vegetal I: Nutrición y transporte*. Ed. Síntesis.
- Guimera, S.; Marfá, O.; Candela, L.; Serrano, L. 1995. Nitrate leaching and Strawberry production under drip irrigation management. *Agr. Ecol. And Env.* 56:121-135.
- Hanan, J.J. 1998. *Greenhouses*. CRC, Boca Raton. 684p.
- Hochmuth, G.; Maynard, D.; Vavrina, C.; Hanlon, E.; Simonne, E. 2018. *Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida*. UF/IFAS Extension, 964, 1-48.

- Jifon, J.; Syvertsen, J.; Whaley, E. 2005. Growth Environment and Leaf Anatomy Affect Nondestructive Estimates of Chlorophyll and Nitrogen in *Citrus sp.* Leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 130 (2):152-158.
- Liu, J.; Wang, H.; Penuelas, J. 2025. Global-scale prevalence of low nutrient use efficiency across major crops. *Nature Commun.* 16, 11036. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-66019-w>
- Maathuis, F.J.M. 2013. *Plant Mineral Nutrients*. Humana Totowa, NJ. 297p. <https://doi.org/10.1007/978-1-62703-152-3>
- Marfá, O. 1997. *La gestión del agua en la fertirrigación de sustratos para cultivos sin suelo*. A.M.V. Ediciones. Madrid. 177p.
- Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, San Diego. 651p.
- Mengel, K.; Kirkby, E.A.; Kosegarten, H.; Appel, T. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. 849p. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2>
- MoratGaudry, J.F. 2001. *Nitrogen Assimilation by Plants*. Science Publishers inc. 446 p.
- Nobel, P.S. 1991. *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press, New York. 635 p.
- Pang, F.; Li, Q.; Solanki, M.K.; Wang, Z.; Xing, Y.X.; Dong, D.F. 2024. Soil phosphorus transformation and plant uptake driven by phosphate-solubilizing microorganisms. *Front. Microbiol.* 15:1383813. doi: 10.3389/fmicb.2024.1383813
- Peil, R.M.; Gálvez, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. Bras. Agrociência* 11(1): 05-11
- Pilatti, R.A. 2000. *Fertilización de cultivos hortícolas en invernadero*. Universidad Nacional del Litoral. 21p.
- Pilatti, R.A.; Doyis, V.L.; Gariglio, N.F.; Buyatti, M.A.; Micheloud N.G. 2009. Efecto de la fertilización foliar con nitrógeno sobre la floración, el establecimiento de frutos y el rendimiento en cítricos. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias* 8(2): 19-28.
- Robredo, P.; Quiroga, M.; Echazú, R. *Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en invernadero*. Universidad Nacional de Salta.
- Sánchez, C.A.; Doerge, T.A. 1999. Using nutrient uptake patterns to develop efficient nitrogen management. *Strategies for vegetables*. *HortTechnology* 9:601-606.
- Sara, A.; Stulen, I. 2004. *Nitrogen Acquisition and Assimilation in Higher Plants*. Springer. 299p.
- Srivastava, H.S.; Singh, R.P. 1999. *Nitrogen Nutrition and Plant Growth*. Science Publisher. 335p.
- Steiner, A.A. 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. *ISOSC proc.* 1980:83-95.
- Stoffella, P.J.; Kahn, B.A. 2001. *Advances in Solution Culture Methods for Plant Mineral Nutrition Research*. In: Sparks, D.L. *Advance in Agronomy* 65:151-213.
- Thakur, N.; Sharma, S.; Sharma, A.; Chaudhary, A. 2024. Precision Fertigation: A Contemporary Strategy for Sustainable Farming. *The agriculture* 3(8): 440-444.



Principales revistas especializadas

- Agricultural and Forest Meteorology: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01681923>
- Agronomy Journal <http://agron.scijournals.org/>
- Biosystems Engineering: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/15375110>
- Horticultura Argentina <http://www.horticulturaar.com.ar/publicaciones-0.htm>
- HortScience <http://hortsci.ashspublications.org/>
- HortTechnology <http://horttech.ashspublications.org/>
- Journal of Agricultural Engineering Research <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00218634>
- Journal of Applied Meteorology and Climatology <http://www.ametsoc.org/pubs/journals/jam/>
- Journal of Experimental Botany <http://jxb.oxfordjournals.org/archive/>
- Journal of the American Society for Horticultural Science <http://journal.ashspublications.org/>
- Scientia Horticulturae <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03044238>
- Theoretical and Applied Climatology <http://www.springer.com/springerwiennewyork/geosciences/journal/704>
- Transactions of the ASABE <http://www.asabe.org/pubs/trans.html>