



## Maestría en Cultivos Intensivos

### 1) Título del Curso

#### TÉCNICAS PARA LA MODIFICACIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO DE LOS CULTIVOS

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. M.Sc. Norma Guadalupe Micheloud

### 5) Docentes del curso

Ing. Agr. M.Sc., Norma Guadalupe Micheloud, (coordinadora)  
[nmicheloud@fca.unl.edu.ar](mailto:nmicheloud@fca.unl.edu.ar)

Ing. Agr. Dra. Perla Leva, [pleva@fca.unl.edu.ar](mailto:pleva@fca.unl.edu.ar)

Ing. Agr. M. Sc. Marcela Buyatti, [mbuyatti@fca.unl.edu.ar](mailto:mbuyatti@fca.unl.edu.ar)

Ing. Agr. Juan Carlos Favaro, [jcfavaro@fca.unl.edu.ar](mailto:jcfavaro@fca.unl.edu.ar)

Ing. Agr. Dr. Norberto Francisco Gariglio, [ngarigli@fca.unl.edu.ar](mailto:ngarigli@fca.unl.edu.ar)

### 6) Destinatarios

Estudiantes de posgrado que se encuentren realizando maestrías o doctorados en carreras relacionadas con la Ingeniería Agronómica o las Ciencias Biológicas y profesionales del área.

### 7) Justificación

A través de los años, los agricultores han desarrollado una serie de métodos para alterar las condiciones medioambientales de sus cultivos, en vistas a favorecer la precocidad y mejorar la calidad de la producción. El medio ambiente puede controlarse de muy diversas maneras: Desde la simple elección de un lugar expuesto al sol y protegido del viento, hasta el uso de unidades de calefactores, a veces equipadas con iluminación artificial. La elección del grado de control medioambiental está obviamente limitada por el nivel de inversión de capital y los costos de operación que el usuario esté dispuesto a asumir. Los métodos para favorecer la precocidad, tema de la máxima importancia, incluyen necesariamente la búsqueda de la máxima iluminación y el aumento de la temperatura del aire y del suelo.



A través del presente curso se busca reconocer los principios físicos que gobiernan la transferencia de energía y masa entre un cultivo y su ambiente físico. También, analizar la incorporación de nuevas técnicas de modificación del ambiente físico de los cultivos intensivos. Finalmente, investigar el efecto de la aplicación de técnicas que afectan los procesos fisiológicos y productivos de los cultivos protegidos.

## 8) Objetivos

### Objetivo general:

Introducir a los estudiantes de postgrado en los principios físicos que gobiernan la transferencia de energía y masa entre un cultivo y su ambiente físico tendiente a su aprovechamiento tecnológico.

### Objetivos específicos:

- Reconocer la variación y el comportamiento de los principales factores ambientales a nivel micrometeorológico que afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos intensivos.
- Comprender el balance de energía y masa de un cultivo.
- Conocer las principales técnicas de modificación del ambiente físico de los cultivos.
- Analizar la utilización de estas técnicas sobre el balance de energía de los cultivos y su efecto sobre su ecofisiología.

## 9) Programa

- I. Introducción. Tipos de climas y regímenes climáticos. Conceptos de tiempo y clima. Factores y elementos del tiempo. Meteorología y Micrometeorología. Concepto de fitósfera y fitoclima. Factores del ambiente físico que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Radiación. Humedad del aire. Temperatura del aire. Concentración de anhídrido carbónico. Viento. Duración del día.
- II. Factores del ambiente físico. Radiación. Espectro solar. Radiación visible. Radiación infrarroja. Balance de radiación en los cultivos. Humedad atmosférica: valores absolutos y relativos, presión de vapor de saturación. Temperatura: variación diurna y estacional, temperatura del aire, cultivo y suelo. Viento: características de la turbulencia atmosférica, régimen aerodinámico en los cultivos.



- III. Modificación del ambiente físico: Protección y forzado de los cultivos. Definición. Protecciones. Cortavientos: tipos y construcción. Empajado: utilización. Barandilla: construcción y usos. Acolchado plástico: tipos de polietilenos, efectos diurnos y nocturnos. Microtúneles: construcción y usos. Túneles: construcción, dimensiones, operación. Lucha contra heladas en hortalizas y frutales cultivados a campo: riego, combustión, remoción del aire.
- IV. Forzado de los cultivos. Invernaderos. Clasificación de invernaderos: invernaderos a dos vertientes, a una vertiente, a dos vertientes modificado, curvos, tipo almeriense, tipo holandés. Ventajas y desventajas de los distintos tipos de invernaderos. Construcción: Emplazamiento y orientación de los invernaderos, ángulos de techumbre, distancias entre invernaderos, dimensiones. Materiales para la construcción de invernaderos: invernaderos artesanales, invernaderos industriales. Tratamiento de los materiales. Carga aerodinámica: fijación al suelo, diseño de la estructura.
- V. Invernaderos. Balance de radiación y energía: radiación neta, calor sensible, calor latente, calor advectivo. Factores modificadores del balance de radiación y energía. Materiales de cubierta: flexibles y rígidos, evolución de los materiales. Cobertura de los invernaderos: instalación, sistemas de fijación. Transmitancia de la radiación solar: factores determinantes, diferencia entre invernaderos.
- VI. Invernaderos. Modificación de las condiciones atmosféricas de los invernaderos. Temperaturas extremas y óptimas para los cultivos. Alternativas para la disminución de temperaturas altas: ventilación pasiva y activa. Tipos de ventanas: ventajas y desventajas de cada uno, dimensionamiento, construcción y operación. Ventiladores. Sombreo de invernaderos: embarrado, encalado, mallas. Efecto y tipos de malla, instalación y usos. Riego de la cubierta. Refrigeración por evaporación de agua: fundamentos. Tipos: pantalla evaporadora y nebulización de agua.
- VII. Invernaderos. Alternativas para el aumento de las temperaturas bajas: lucha contra heladas, mantenimiento de temperaturas extremas mínimas u óptimas nocturnas de los cultivos. Calefacción: conductiva y convectiva. Tipos de calefactores. Combustibles. Cálculo de las necesidades de calor y del consumo de combustible. Técnicas de ahorro energético: Pantallas térmicas, paredes dobles. Energía solar pasiva: mangas de polietileno con agua, colectores solares.

## 10) Actividades Prácticas



## Trabajos Prácticos

- Trabajo Práctico 1: Cálculos de los componentes del balance de energía de un cultivo: calor latente, calor sensible, energía infrarroja.
- Trabajo Práctico 2: Balance de energía de un invernadero. Requerimientos para la climatización.
- Trabajo Práctico 2: Lucha contra helada en frutales. Alternativas y factores a considerar en las tomas de decisiones.

11) **Número de horas teóricas: 25**

12) **Número de horas prácticas y seminarios: 20**

### 13) Sistema de Evaluación

La evaluación del curso se realizará mediante un examen final. Se considerará aprobado el curso cuando el estudiante obtenga un puntaje igual o mayor al 60 p. ciento de la nota posible. Los estudiantes que no hubieren alcanzado este puntaje tendrán derecho a un examen recuperatorio. En los casos en que no sea aprobado el examen recuperatorio el estudiante será declarado libre y deberá realizar nuevamente el curso. La presentación del seminario se considerará obligatoria como requisito para la aprobación del curso, conjuntamente con el examen final.

### 14) Bibliografía

#### Libros

- BOUZO, C.A. 2004. Invernaderos en Santa Fe p. 1-31. Invernaderos: la experiencia Iberoamericana. 2004. Cyted. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Editores: Acuña Caita, J. F.; Valera Martínez, D. y J. C. Avendaño. 2004. ISBN: 84-96023-30-3. Almería, España. p. 197.
- BOUZO, C.A. 2004. Micrometeorología de cultivos en hileras, En: Simulación de Cultivos Anuales. Formulación básica del desenvolvimiento normal. Pilatti, M.A., Norero, A.L., Editorial Universidad Nacional del Litoral, 2004, Argentina, ISBN 987-508-256-2, 147 pp.
- CASTILLA, N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Mundi-Prensa. 462 p.
- CASTILLA, N. 2013. Greenhouse technology and management. CABI. 335 pp.

- CASTILLO, F. E.; SENTIS, C.F. 1996. Agrometeorología . Centro de publicaciones:Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.-España.
- CUADRAT, JM; PITA, MF. 1997: 'Climatología'. Ed. Cátedra.
- DE MELO-ABREU, J.P. 2018. Protecting fruit production from frost damage. Eip-Agri Focus Group Starting Paper. Eip-Agri Service Point.  
[https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/fg30\\_frost\\_damage\\_starting\\_paper\\_2018\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/fg30_frost_damage_starting_paper_2018_en.pdf)
- DÍAZ, T., ESPÍ, E., FONTECHA, A., JIMÉNEZ J.C., LÓPEZ J., SALMERÓN A. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Mundi-Prensa. Madrid. 320 p.
- FITTER A., HAY R. 2002. Environmental physiology of plants. Third edition. Academic Press. 397 p.
- GOUDRIAAN, J. 1977. Crop micrometeorology: a simulation study. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen 249 pp.
- HANAN, J.J. 1998. Greenhouses. Advanced technology for protected horticulture. CRC Press. Washington. 684 p.
- KALMA, J.D., LAUGHLIN, G.P., CAPRIO, J.M., HAMER, P.J.C. 2012. The Bioclimatology of Frost: Its Occurrence, Impact and Protection. Springer Science & Business Media. 144 pp.
- MASHONJOWA, E. 2010. Modelling heat and mass transfer in a greenhouse: An aid to greenhouse design and climate control for greenhouse rose production in Zimbabwe. PhD Thesis, Ghent University, Belgium, 292 p.  
[https://www.researchgate.net/publication/50835961\\_Modelling\\_heat\\_and\\_mass\\_transfer\\_in\\_a\\_greenhouse\\_an\\_aid\\_to\\_greenhouse\\_design\\_and\\_climate\\_control\\_for\\_greenhouse\\_rose\\_production\\_in\\_Zimbabwe](https://www.researchgate.net/publication/50835961_Modelling_heat_and_mass_transfer_in_a_greenhouse_an_aid_to_greenhouse_design_and_climate_control_for_greenhouse_rose_production_in_Zimbabwe)
- NOBEL, P. 2005. Physicochemical and environmental plant physiology. Academic Press 540 p.
- PAPASEIT, P., BADIOLA, J., ARMENGOL, E. 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura S.L. Barcelona. 204 p.
- PASCALE, A.J.; DAMARIO, E.A. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía (UBA).
- PONCE, P., MOLINA, A., CEPEDA, P., LUGO, E., MACCLEERY, B. 2014. Greenhouse design and control. CRC Press, 354 pp.
- PILATTI, R.A. (comp.) 1997. Cultivos bajo invernaderos. Edit. Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires, 174 p.
- SNYDER R.L., DE MELO-ABREU, J.P., MATULICH S. 2005. Frost protection: fundamentals, practice and economics. FAO. Roma Vol. 1, 240 p.; Vol. 2 72 p.



- TESI, R. 2001. Medios de protección para la hortoflorofruticultura y el viverismo. Mundi-Prensa. 288 p.
- VON ZABELTITZ, C. 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates: Climate conditions, design construction, maintenance, climate control. Springer Science & Business Media, 363 pp.
- WILKINSON R.E. 2000. Plant–Environment Interactions. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York. 466 p.

### Publicaciones en revistas, capítulos de libros y tesis

- BARTZANAS, T., TCHAMITCHIAN M., KITTAS C. 2005. Influence of the Heating Method on Greenhouse Microclimate and Energy Consumption Biosystems Engineering 91(4):487-499.
- BOUCHET, E.R., FREYRE, C.E., BOUZO, C.A., FAVARO, J.C. 2007. Efecto de las dimensiones de un invernadero sobre la temperatura interna en períodos cálidos. Revista Científica Agropecuaria. 11(2):111-119.
- BOULARD, T., KITTAS, C., ROY, J.C., WANG, S. 2002. Convective and Ventilation Transfers in Greenhouses, Part 2: Determination of the Distributed Greenhouse Climate. Biosystems Engineering 83(2):129-147.
- BOULARD, T., MENESES, J.F., MERMIERA, M., PAPADAKIS, G. 1996. The mechanisms involved in the natural ventilation of greenhouses. Agricultural and Forest Meteorology 79(1-2):61-77.
- BOUZO, C.A., GARIGLIO, N.F., PILATTI, R.A., GREÑÓN, D.A., FAVARO, J.C., BOUCHET, E.R. 2006. Inversim: A simulation model for a greenhouse. Acta Horticulturae 719:271-277.
- BOUZO, C.A.; GARIGLIO, N.F.; FAVARO, J.C., VERA CANDIOTTI, N. 2009. Caracterización y análisis técnico de los invernaderos en las provincias de Córdoba y Santa Fe. Horticultura Argentina 28(67):24-36.
- DROGOUDI, P., TSIPOURIDIS, C., ATHOMIDIS, T., TERZIS, T. 2006. Covering of peach (*Prunus persica*) flowers for early spring frost protection. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34: 1-3.
- [https://www.researchgate.net/publication/233721175\\_Covering\\_of\\_peach\\_flowers\\_as\\_a\\_method\\_for\\_early\\_spring\\_frost\\_protection](https://www.researchgate.net/publication/233721175_Covering_of_peach_flowers_as_a_method_for_early_spring_frost_protection)
- GANGULY, A., GHOSH, S. 2011. A Review of Ventilation and Cooling Technologies in Agricultural Greenhouse Application. Iranica Journal of Energy & Environment 2(1): 32-46.
- HAXAIRE, R., BOULARD, T. AND MERMIER, M. 2000. Greenhouse natural ventilation by wind forces. Acta Hort. 534:31-40.



- KACIRA M., SASE S., OKUSHIMA L. 2004. Effects of side vents and span numbers on wind-induced natural ventilation of a gothic multi-span greenhouse. JARQ 38(4):227-233.
- KUMAR, K.S., TIWARI, K.N., JHA, M.K. 2009. Design and technology for greenhouse cooling in tropical and subtropical regions: A review. Energy and Buildings 41: 1269-1275.
- NAING, A.H., KIM, CH.K. 2019. A brief review of applications of antifreeze proteins in cryopreservation and metabolic genetic engineering. 3Biotech 9:329 <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1861-y>
- NYALALA, I., XU, H., XIONG, Y. 2015. A review of greenhouse climate control and automation systems based on control theories. International Journal of Current Engineering Sciences 5(9): 20-33.  
[http://www.journalijces.com/sites/default/files/issue-files/ijces2015103175\\_1444130050.pdf](http://www.journalijces.com/sites/default/files/issue-files/ijces2015103175_1444130050.pdf)
- RAMACHANDRAN, J., LALITHA, R. 2019. Estimation of Ventilation Rate in Naturally Ventilated Greenhouse with Continuous Roof Vent. Environment and Ecology 37(1B): 349-358.
- SHAMSHIRI, R., ISHAK, W.; ISMAIL, W. 2013. A Review of greenhouse climate control and automation systems in tropical regions. Journal of Agricultural Science and Applications 2(3): 176-183.
- WANG, S., BOULARD T. 2000. Predicting the Microclimate in a Naturally Ventilated Plastic House in a Mediterranean Climate. J. agric. Engng. Res. 75:27-38.

### 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>