



## Programa de Sistemas de Riego y Drenaje

### Fundamentación de la propuesta:

Ante la evidencia que el producto educativo logrado durante la vigencia del actual currículum; no alcanzó el perfil de graduado propuesto, es necesario realizar modificaciones para mejorar la enseñanza. Se estima que una de las principales causas de no haber logrado las metas curriculares es que no existió en su etapa de formulación, un proceso de planificación participativa con los principales beneficiarios de la curricula, coordinado y conducido por expertos en diseño curricular.

Valga como ejemplo que la planificación de la enseñanza de un área agronómica de enorme importancia en la socioeconomía nacional, la hidrología agrícola (riego y drenaje), se realizó inconsultamente con el profesor ordinario a cargo de la Cátedra desde 1985, se redujo a un despliegue de 32 horas durante un bimestre, se ubicó absurdamente en el tercer año de la carrera, cuando aún los alumnos desconocen las "culturas", es decir la esencia de la agronomía (las prácticas agronómicas de los cultivos forestales, frutales, hortícolas, forrajeros, textiles, cerealeros, oleaginosos, etc.) Y como culminación de la minimización de la asignatura, se la resumió también en su nombre, de la inicial y sabia denominación de "Hidrología Agrícola", pasó sucesivamente a llamarse "Riego y Drenaje" y luego "Sistemas de riego y drenaje".

Cumplidos ocho ciclos lectivos, los resultados logrados en la formación de ingenieros e ingenieras han sido deficitarios, principalmente por a) la falta de tiempo de los docentes para desarrollar la asignatura y de los alumnos para aprovechar el proceso de enseñanza-aprendizaje y estudiar los contenidos impartidos y b) la inconveniente ubicación de la asignatura en el tercer año de la carrera.

Tal como está organizada la ubicación de las asignaturas en la curricula vigente, la integración con las asignaturas posteriores que se refieren al campo de aplicación de la temática de Riego y Drenaje, es muy limitado, ya que es lógico que el alumno primero conozca las características agrológicas, las tecnologías de manejo y la comercialización de los cultivos para luego incorporar, como sistema de manejo sustentable, las prácticas del riego y del drenaje. Ser considera imprescindible, para lograr un aprovechamiento adecuado de los contenidos que se proponen desarrollar en Sistemas de Riego y Drenaje, que los alumnos hayan por lo menos cursado las asignaturas que trabajan la temática agronómica específica de la producción de cereales, oleaginosas, frutales, florales, hortícolas, forestales, industriales y forrajeras. Se considera que el régimen de correlatividades es adecuado.

### Propuesta de modificaciones a la planificación del curso de Sistemas de Riego y Drenaje.

- Sustitución de la denominación actual de la asignatura por la de Riego y Drenaje.
- Duración del curso: un cuatrimestre (16 semanas)
- Carga horaria disponible: un total de 64 horas obligatorias, con un despliegue de 4 horas semanales, en clases teórico-prácticas a dictar en las tres bandas horarias.
- Ubicación de la asignatura en cuarto año segundo cuatrimestre o quinto año primero o segundo cuatrimestre.

Los objetivos generales son:

### Area conceptual.

Al finalizar el curso, los alumnos serán capaces de:

. Comprender los contenidos fundamentales de las disciplinas componentes de los Sistemas de Riego y Drenaje, que son Hidrología superficial y subterránea, Hidráulica, Riego y Drenaje y sus vinculaciones con el ambiente.

. Integrar los sistemas agua-suelo-planta-atmósfera, analizar sus interrelaciones y reconocer su importancia en la producción agropecuaria y forestal.

. Seleccionar métodos de riego adecuados a las condiciones existentes.

. Identificar las causas que originan problemas de excesos hídricos y caracterizar los problemas de drenaje en función de actividades preventivas y correctivas.

. Resolver pequeñas investigaciones en las áreas principales de los Sistemas de Riego y Drenaje.

### Area actitudinal.

Los alumnos serán capaces de:

. Reconocer la importancia de los Sistemas de Riego y Drenaje en la actualidad.

. Valorar los avances de la ingeniería de riego y de drenaje para la optimización de la producción agropecuaria y forestal.

. Jerarquizar la problemática del manejo de suelos, aguas y cultivos en un contexto conservacionista de los recursos naturales y proteccionista del ambiente.

. Participar en los trabajos de investigación grupal, demostrando aceptación y actitud productiva.

. Elegir líneas de investigación grupal, consensuando con los compañeros.

### Area procedimental.

Los alumnos serán capaces de:

. Aplicar metodologías de análisis, estimación y determinación de variables de manejo del sistema agua-suelo-planta-atmósfera.

. Utilizar instrumental y estructuras adecuadas para la medición, operación y control de dichas variables.

. Resolver situaciones problemáticas surgidas o representativas del campo real.

. Construir gráficas, planos y modelos matemáticos para la caracterización de los fenómenos bajo estudio.

**Contenidos temáticos distribuidos en unidades de aprendizaje.**

### **Unidad 1. Introducción a los Sistemas de Riego y Drenaje.**

1.1. Sistemas de riego y drenaje: presentación de la asignatura. Ubicación en la currícula de la carrera de ingeniería agronómica. Temáticas principales de las disciplinas Hidrología, Hidráulica, Riego y Drenaje, que integran la asignatura.

1.2. Importancia de los Sistemas de Riego y Drenaje en la formación de ingenieros agrónomos y en el desarrollo de las ciencias agrarias.

1.3. Desempeño del ingeniero agrónomo en el campo de la agrohidrología y la ingeniería rural o ingeniería agrícola, con énfasis en el manejo de aguas, suelos y cultivos.

1.4. Desarrollo nacional e internacional de los sistemas de riego y drenaje y de la irrigación. Principales áreas argentinas bajo riego integral y complementario.

1.5. Recursos hídricos superficiales y subterráneos. Estudio, aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos.



## **Unidad 2. Hidrología aplicada al estudio y manejo de cuencas y de sistemas de riego y drenaje.**

- 2.1. Ciclo hidrológico y distribución de agua en el Planeta. Balances hídricos: diferencias conceptuales y metodológicas asociadas a propósitos y aplicaciones.
- 2.2. Precipitación total y precipitación efectiva. Métodos de medición y estimación. Análisis de datos. Modelos matemáticos y programas computacionales.
- 2.3. Escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo. Hidrogramas. Relación precipitación - escorrentía. Modelos hidrológicos y programas computacionales.
- 2.4. Evaporación, transpiración y evapotranspiración. Métodos de medición y estimación. Modelos matemáticos y programas computacionales.
- 2.5. Infiltración. Métodos de medición y estimación. Construcción de modelos matemáticos de aplicación en diseño de riego.

## **Unidad 3. Hidráulica aplicada al estudio y manejo del agua en cuencas y oasis regados.**

- 3.1. Hidrostática e Hidrodinámica. Presiones hidrostáticas. Corriente líquida: elementos técnicos que la caracterizan. Principios de conservación de la masa y la energía. Aplicaciones.
- 3.2. Circulación de agua en tuberías. Pérdidas de carga: medición y estimación. Aplicaciones.
- 3.3. Circulación de agua en canales. Aplicaciones para el diseño de acequias y pequeños canales de distribución y drenaje.
- 3.4. Hidrometría: clasificación, fundamentos y aplicaciones de métodos de aforo en distintos sistemas hídricos. Aforo de cursos libres. Circulación de agua por orificios y vertederos. Medición de caudales mediante estructuras.
- 3.5. Sistemas de bombeo. Clasificación y descripción de bombas, transmisiones y motores. Determinación de requerimientos de bombeo. Análisis de sistemas de bombeo, selección del equipamiento y cálculo de potencia.

## **Unidad 4. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera.**

- 4.1. Relaciones agua-suelo. Contenidos hídricos referenciales. Humedad aprovechable total, consumida y residual. Potencial de agua del suelo: componentes, medición y cálculo. Relaciones entre tensiones y contenidos hídricos en los suelos.
- 4.2. Relación agua-suelo-planta. Absorción de agua del suelo por las plantas. Sistemas de raíces: patrón de distribución, profundidad, tasa y modelos de absorción. Umbral de riego: concepto, uso y determinación experimental. Láminas neta y bruta de riego.
- 4.3. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Flujo de agua en la fitósfera. Relaciones entre transpiración y fotosíntesis. Sensibilidad de las plantas al déficit hídrico. Respuesta de los cultivos a niveles de humedad aprovechable. Modelos de producción.

## **Unidad 5. Riego.**

- 5.1. Riego en zonas húmedas y zonas áridas. Impacto ambiental y socioeconómico del riego integral y complementario.
- 5.2. Análisis de la oferta y demanda de agua, para poner bajo riego sistemas de producción vegetal. Evaluación de la disponibilidad de agua. Construcción de curvas de demanda.
- 5.3. Calidad del agua para riego. Métodos para interpretar la calidad del agua y sus efectos en el sistema productivo. Mejoramiento de la calidad del agua.
- 5.4. Clasificación de métodos de aplicación de agua al suelo. Descripción de distintas unidades de riego. Selección de alternativas de sistemas de riego de acuerdo al método de aplicación de agua más adecuado a las condiciones físicas, económicas y humanas disponibles.
- 5.5. Sistematización, habilitación y manejo de tierras para riego. Acondicionamiento del terreno: desmonte, emparejamiento y nivelación.

CR

5.6. Manejo de aguas y suelos salinos. Tolerancia salina de las plantas cultivadas. Balance salino de la solución del suelo y requerimiento de lixiviación. Métodos de prevención y control de la salinidad en la fitósfera.

5.7. Distritos de riego y drenaje: infraestructuras de almacenamiento, regulación, derivación, conducción, distribución y avenamiento. Formas de entrega del agua a los usuarios.

5.8. Evaluación de distintas eficiencias en riego: eficiencia de conducción, de aplicación, de distribución y de almacenaje de agua.

#### **Unidad 6. Métodos de riego.**

6.1. Métodos de riego por superficie. Funcionamiento hidráulico. Principales cultivos regados por métodos gravitacionales. Operación y evaluación de surcos y melgas.

6.2. Métodos de riego aéreos. Equipos de riego por aspersión de movimiento periódico (fijos, semifijos y móviles) y de movimiento continuo (enrolladores, pivote central y avance frontal). Funcionamiento hidráulico. Principales cultivos regados por aspersión. Operación y evaluación de sistemas de aspersión.

6.3 Métodos de riego localizado por microaspersión y goteo. Funcionamiento hidráulico. Descripción de distintos tipos de equipamiento, adaptados a cultivos extensivos e intensivos a campo, bajo cubierta y sin suelo.

#### **Unidad 7. Drenaje agrícola.**

7.1. Principios de hidrogeología aplicada al riego y drenaje. Agua subterránea. Origen y clasificación. Acuíferos y acuitardos. Propiedades hidrológicas de los sedimentos portadores de agua: porosidad, permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, conductividad hidráulica. Movimiento del agua subterránea. Flujo en medios porosos en régimen permanente: Ley de Darcy y velocidad media del flujo.

7.2. Capa freática. Características hidráulicas. Estudios espaciales y temporales de su dinámica. Participación de la capa freática en el ciclo hidrológico y el balance hídrico a nivel zonal y parcelario. Pozos de observación: ubicación, construcción y mediciones del nivel freático. Manejo de datos freaticométricos: elaboración de gráficos y mapas. Caracterización de redes de flujo y áreas de carga y descarga.

7.3. Drenaje agrícola en zonas húmedas y en zonas áridas. Estudio de las causas que originan excesos de humedad en el suelo: fuentes de alimentación y obstáculos al flujo de agua. Inundaciones, anegamientos y ascensos de niveles freáticos. Formulación de estudios interdisciplinarios para la prevención y el combate de excesos hídricos. Estudios del riesgo hídrico en áreas de llanura.

7.4. Jerarquía de las redes de drenaje: drenaje zonal, drenaje de apoyo y drenaje parcelario. Estimación y medición de dotaciones de drenaje según las causas generadoras del exceso hídrico. Construcción, operación y mantenimiento de obras de drenaje.

#### **Temario de las actividades prácticas mínimas a realizar con los alumnos.**

1. Análisis de la disponibilidad y requerimientos hídricos. Caracterización de la oferta de volúmenes y caudales de agua. Estimación de lámina de precipitación efectiva, pronóstico de la evapotranspiración de referencia de un sitio geográfico y de la evapotranspiración real de cultivos específicos. Elaboración de curvas de demanda.

2. Diseño de la sección hidráulica de canales de riego y drenaje. Métodos de aforo en cauces naturales, canales y tuberías.

3. Circulación de agua por tuberías. Medición y estimación de pérdidas de carga. Selección de tuberías y de equipos de bombeo. Definición de potencias requeridas.

4. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Estimación de láminas de reposición e intervalos de riego.

5. Observación y evaluación de métodos de riego gravitacionales. Surcos, melgas y taipas arroceras.

6. Observación y evaluación de equipos de riego de aspersión de movimiento periódico y

7. Drenaje agrícola. Caracterización de la dinámica freática para la prevención y control de excesos hídricos. Estimación de dotaciones de drenaje. Redes de drenaje.



**La bibliografía general es:**

**a) Sobre temas de la Hidráulica.**

- Azevedo Neto, J y G. Acosta Alvarez. 1975. Manual de Hidráulica. Ed. Harla. Sao Pablo.  
Camargo, G. y D. Salazar. 1988. Elementos de hidráulica para ingenieros. Ed. UACH. México.  
Trueba Coronel, S. 1981. Hidráulica. Ed. CECSA. México.

**b) Sobre temas de la Hidrología**

- Linsley, R., M. Kohler y J. Paulus. 1977. Hidrología para ingenieros. Ed. Mc. Graw-Hill.  
Luque, J. 1995. Hidrología agrícola aplicada. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.  
Remenieras, G. 1971. Tratado de hidrología aplicada. Ed. Técnicos Asociados SA.

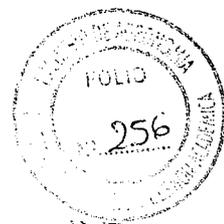
**c) Sobre temas de Riego.**

- Bernardo, S. 1995. Manual de Irrigação. ED. Univ. Federal de Vicosa. Minas Gerais.  
Burt, Ch. 1995. The surface irrigation manual: a comprehensive guide to design and operation of surface irrigation systems. Waterman Industries Publication.  
Domínguez García-Tejero, F. 1992. El riego, su implantación y sus técnicas. Ed. Dossat.  
Grassi, C. 1988. Fundamentos del riego. Ed. CIDIAT. Mérida.  
Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. Ed. IICA. San José de Costa Rica.  
Gurovich, L. 1999. Riego superficial tecnificado. Ed. Alfaomega.  
Israelsen, O. y V. Hansen. 1989. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté. Barcelona.  
Jensen, M., R. Burman y R. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manual and reports on engineering practice N° 70  
Martín de Santa Olalla, F. y J. De Juan Valero. 1993. Agronomía del riego. Ed. Mundi Prensa. Madrid.  
Nakayama, F. y D. Bucks. 1986. Trickle irrigation for crop production: design, operation and management. Ed. Elsevier. New York.  
Stewart, B. y D. Nielsen editores. 1990. Irrigation of agricultural crops. Monograph 30. American Society of Agronomy.  
Tarjuelo, J. 1995. El riego por aspersión y su tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

**d) Sobre temas de Drenaje**

- Cabral, M, J. Ceci y L. Génova. 1993-1995. Estudios del riesgo hídrico en los Partidos de 25 de Mayo, Saladillo, R. Perez y Gral. Belgrano, Pcia. de Buenos Aires. UNDP. CODESA.  
International Institute for Land Reclamation and Improvement. 1973. Drainage: principles and applications. Wageningen.  
Luque, J.A. et al. 1991. Drenaje agrícola y desagüe de áreas inundadas. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.  
Richards. L. Editor. US Salinity Lab. Staff. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México.  
Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española. Madrid.

31



**Series que abarcan varios temas:**

- FAO Irrigation and drainage papers. Numbers 24, 25, 27, 29, 33, 35, 36. Ed. FAO Roma.
- Irrigation water management. Training manuals numbers 4 and 5. Ed. FAO. Roma.
- Boletines técnicos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos de México.

30

Durante las clases, los docentes presentarán literatura científica y tecnológica para trabajar, en conjunto con los alumnos, algunos temas específicos y también se remitirá a los alumnos a la búsqueda de material bibliográfico para su estudio.



Facultad de Agronomía  
Universidad de Buenos Aires