



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

UPCT



Riegos deficitarios (Deficit irrigation strategies)



Titulación:

Master en Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario

Guía Docente

1. Datos de la asignatura

Nombre	Riegos deficitarios				
Materia					
Módulo	Tecnología e Ingeniería de la Producción Vegetal				
Código	203103008				
Titulación	Master en Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario				
Plan de estudios	2009/2010 según RD 1393/2007				
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica				
Tipo	Optativa				
Periodo lectivo	Segundo cuatrimestre	Curso	1º		
Idioma	Castellano				
ECTS	4	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	120
Horario clases teoría		Aula			
Horario clases prácticas		Lugar			

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Alejandro Pérez Pastor		
Departamento	Producción Vegetal		
Área de conocimiento	Producción Vegetal		
Ubicación del despacho	Edificio ETSIA. 1.10		
Teléfono	968 327035	Fax	968 325433
Correo electrónico	Alex.perez-pastor@upct.es		
URL / WEB	http://www.upct.es/~etsia		
Horario de atención / Tutorías	Lunes y Jueves/ 10 a 13 h		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 1.10 (ETSIA)		

Titulación	Doctor Ingeniero Agrónomo (2001)
Vinculación con la UPCT	Profesor Titular de Universidad (2003)
Año de ingreso en la UPCT	1999
Nº de quinquenios (si procede)	3
Líneas de investigación (si procede)	Relaciones hídricas en el sistema suelo-planta-atmósfera. Riego deficitario controlado. Indicadores de estrés hídrico en la planta. Manejo del riego en explotaciones comerciales. Uso eficiente del agua y los fertilizantes
Nº de sexenios (si procede)	3
Experiencia profesional (si procede)	Asesor de la empresa de base tecnológica de la UPCT Widhoc SL. Dirección de más de 50 Trabajos Fin de Carrera y Trabajos Fin de Máster
Otros temas de interés	Gestión universitaria

Profesor	Rafael Domingo Miguel		
Departamento	Producción Vegetal		
Área de conocimiento	Producción Vegetal		
Ubicación del despacho	Primera planta edificio ETSIA. Despacho 1.08		
Teléfono	968 325445	Fax	968 325433
Correo electrónico	rafael.domingo@upct.es		
URL / WEB	http://www.upct.es/~etsia		
Horario de atención / Tutorías	Horario abierto mañana y tarde		

Ubicación durante las tutorías	Despacho 1.08 (ETSIA)
---------------------------------------	-----------------------

Titulación	Dr. Ingeniero Agrónomo
Vinculación con la UPCT	Plantilla- Catedrático de Universidad
Año de ingreso en la UPCT	1986
Nº de quinquenios (si procede)	6
Líneas de investigación (si procede)	Manejo del agua de riego. Riego deficitario Controlado.- Indicadores de estrés hídrico en planta. Uso eficiente del agua y los fertilizantes.
Nº de sexenios (si procede)	4
Experiencia profesional (si procede)	Docencia en distintas asignaturas de Producción Vegetal. Investigador en proyectos y contratos nacionales e internacionales.
Otros temas de interés	Docencia en Másteres y Cursos de Especialización

Profesor	M ^a Fernanda Ortuño Gallud		
Departamento	Riegos		
Área de conocimiento	Producción vegetal		
Ubicación del despacho	CEBAS-CSIC		
Teléfono	968 39 63 29	Fax	
Correo electrónico	mfortuno@cebas.csic.es		
URL / WEB			
Horario de atención / Tutorías	Cita a través del e-mail/consultas vía web		
Ubicación durante las tutorías	Sala de juntas ETSIA		

Profesor	María del Carmen Ruíz Sánchez		
Departamento	Riego		
Área de conocimiento	Producción Vegetal		
Ubicación del despacho	CEBAS-CSIC		
Teléfono	968 39 63 20	Fax	
Correo electrónico	mcruiz@cebas.csic.es		
URL / WEB			

Horario de atención / Tutorías	Cita a través del e-mail/consultas vía web
Ubicación durante las tutorías	Sala de juntas ETSIA

Profesor	Diego Intrigliolo		
Departamento	Riego		
Área de conocimiento	Producción Vegetal		
Ubicación del despacho	CEBAS-CSIC		
Teléfono	968 39 63 31	Fax	
Correo electrónico	dintri@cebas.csic.es		
URL / WEB			
Horario de atención / Tutorías	Cita a través del e-mail/consultas vía web		
Ubicación durante las tutorías	Sala de juntas ETSIA		

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

Los agrosistemas mediterráneos se caracterizan por la elevada productividad del agua de riego, tanto generando valor añadido a la inversión como empleo. No obstante, la escasez y baja calidad de los recursos hídricos disponibles han sido, tradicionalmente, los factores más limitantes de su productividad. Hecho al que hay que añadir la fuerte competencia por la escasa disponibilidad de agua debido a la creciente expansión de distintos sectores productivos, y la imprescindible preservación del medioambiente.

Esta situación obliga a intensificar todos los esfuerzos encaminados a racionalizar el uso del agua en agricultura, en el contexto de unas actividades agrícolas respetuosas con el medio ambiente y capaces de mantener la competitividad de la agricultura mediterránea de exportación.

Por todo ello, el contenido del curso se centrará en el estudio de la respuesta de los cultivos arbóreos mediterráneos a distintas estrategias de riego deficitario, prestando una especial atención a los criterios de manejo del riego y su efecto en la producción, calidad y saludabilidad de las frutas.

Los alumnos tendrán la posibilidad de participar directamente en los proyectos de investigación del profesorado, realizando prácticas con el instrumental utilizado en el estudio de las relaciones agua-suelo-planta-atmósfera bajo distintas condiciones de riego deficitario y manteniendo contactos con los científicos que los realizan.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La escasez de recursos hídricos es una constante de todos los agrosistemas mediterráneos que obliga, cada vez en mayor medida, a convivir con esta situación. Por tanto, no cabe duda que la optimización de la productividad del agua debe pasar por el uso de

estrategias de riego deficitario capaces de producir cosechas rentables, con mínimos impactos en la calidad de las mismas.

En esta signatura se pretende informar a los alumnos del estado actual de conocimientos sobre el manejo del riego a estos fines, prestando una especial atención a la utilización de criterios precisos sobre el manejo del riego, los mecanismos de resistencia de las plantas al déficit hídrico, los periodos fenológicos críticos y la respuesta de los cultivos a las estrategias de riego deficitario más utilizadas. De esta manera, los alumnos accederán a determinar los requerimientos hídricos de los cultivos, conociendo e interpretando las relaciones agua-suelo-planta. Igualmente, dominarán los conceptos necesarios para el diseño de estrategias de riego deficitario, haciendo especial énfasis en el uso eficiente y sostenible del recurso, y conocerán los aspectos esenciales de la respuesta de los cultivos al riego.

Los conocimientos adquiridos en esta asignatura dotan al alumno de máster de habilidades, herramientas y técnicas que le resultarán de utilidad tanto a la hora de desarrollar no sólo trabajos de investigación en múltiples áreas de la agronomía, sino en el ejercicio de la profesión en zonas semiáridas. En cualquier caso, los conocimientos adquiridos resultarán de gran utilidad a la hora de interpretar el comportamiento de los cultivos ante condiciones adversas

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La asignatura *Riegos deficitarios*, se relaciona especialmente con las asignaturas de este mismo máster "*Estrategias para potenciar los mecanismos naturales de tolerancia al estrés en plantas*", "*Modelos y SIG. para la gestión del regadío*" y "*Programación y respuesta agronómica de los cultivos al riego*", teniendo igualmente vinculación con otras asignaturas vinculadas tanto al análisis estadístico de datos como a aquellas relacionadas con la determinación de la calidad y saludabilidad de los frutos.

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No se definen incompatibilidades en el plan de estudios.

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

La asignatura no contiene prerequisites propiamente dichos, pero es conveniente que los alumnos posean conocimientos básicos en materias relacionadas con la fisiología vegetal y la agronomía

3.6. Medidas especiales previstas

En el supuesto de estar matriculados alumnos con necesidades educativas especiales y dependiendo de las particularidades de cada caso, el profesor arbitrará las medidas necesarias para permitir el correcto desarrollo de las actividades docentes y el buen seguimiento de las mismas por parte de los alumnos afectados.

4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

TG7. Conocimiento en materias básicas, científicas y tecnológicas que permitan un aprendizaje continuo, así como una capacidad de adaptación a nuevas situaciones o entornos cambiantes.

4.3. Competencias específicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

- 1) Planificar estrategias de riego deficitario en diferentes cultivos a través del uso de indicadores del estado hídrico en el sistema Suelo-Agua-Planta
- 2) Evaluar la respuesta agronómica y fisiológica de los cultivos a estas estrategias de riego
- 3) Optimizar las necesidades hídricas de los cultivos, incrementando la productividad del agua de riego en la Agricultura

4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

T3. Aprendizaje autónomo

4.5. Resultados** del aprendizaje de la asignatura

Los alumnos de esta asignatura deberán ser capaces de:

1. Determinar las necesidades hídricas de los cultivos en condiciones de infradotación
2. Diagnosticar el estado hídrico del suelo y los cultivos
3. Conocer la trascendencia del déficit hídrico en cada periodo fenológico
4. Elaborar estrategias de riego deficitario adecuadas a distintas situaciones
5. Manejar el riego deficitario mediante el uso de sensores en las plantas y/o suelo

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Estado actual de conocimientos sobre las necesidades de riego de los cultivos mediterráneos, métodos de estudio del sistema agua-suelo-planta, elaboración de estrategias de riego deficitario y su manejo con sensores en planta y/o suelo

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

UD I: Generalidades

Tema 1. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera

Tema 2. Mecanismos de las plantas para resistir estreses ambientales. Sensibilidad de los periodos fenológicos al déficit hídrico

Tema 3. Estrategias de riego deficitario

UD II: Riego deficitario vs planta

Tema 4. Riego deficitario controlado en limonero

Tema 5. Manejo del riego por desecación parcial de raíces en vid

Tema 6. Interacción riego deficitario y calidad del fruto

UD III: Manejo del riego deficitario

Tema 7. Manejo del riego deficitario en cítricos en base a indicadores del estado hídrico de la planta

Tema 8. Manejo del riego deficitario en almendro en base a indicadores del estado hídrico de la planta

Tema 9. Manejo del riego deficitario con sensores de flujo de savia

Tema 10. Manejo del riego deficitario en frutales de hueso en base a indicadores del estado hídrico de la planta

Tema 11. Manejo del riego deficitario en base a indicadores del estado hídrico del suelo

Tema 12. Manejo del riego deficitario en base a termografía de infrarrojos

5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

Resolución de ejercicios y supuestos prácticos

En el aula se realizará la solución de distintos ejercicios y supuestos prácticos propuestos por los profesores a fin de esclarecer algunos aspectos de la teoría expuesta. En algunos casos específicos, los alumnos dispondrán de los ejercicios con anterioridad a la resolución en clase

Prácticas de investigación

Se organizarán prácticas de laboratorio y /o campo para manejo de instrumental científico. Los alumnos interesados podrán participar en los ensayos de investigación sobre riego deficitario de los profesores, a fin de familiarizarse con las metodologías, análisis e interpretación de datos

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

UD I: General issues

1. Water relations in the soil-plant-atmosphere system
2. Mechanisms of plants to resist water stress. Sensitivity of phenological stages to water deficit
3. Deficit irrigation strategies

UD II: Deficit irrigation vs plant

4. Regulated deficit irrigation in lemon trees
5. Irrigation management under partial root drying in grape vines
6. Interaction between deficit irrigation and fruit quality

UD III: Deficit irrigation management

7. Deficit irrigation management in citrus trees based on plant water indicators
8. Deficit irrigation management in almond trees based on plant water indicators
9. Deficit irrigation management with sap flow sensors
10. Deficit irrigation management in deciduous fruit trees based on plant water indicators
11. Deficit irrigation management based on soil water indicators
12. Deficit irrigation management based on infrared thermography

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

UD I: Generalidades

- Dotar al alumno con los conocimientos necesarios para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos en condiciones de infradotación hídrica
- Desarrollar en el alumno la habilidad de diagnosticar el estado hídrico del cultivo a través de distintos indicadores

UD II: Riego deficitario vs planta

- Presentar al alumno la trascendencia del déficit hídrico en cada período fenológico
- Dotar al alumno con los conocimientos necesarios para la planificación de estrategias de riego deficitario controlado para distintos tipos de cultivo

UD III: Manejo del riego deficitario

- Dotar al alumno con los conocimientos necesarios para manejar el riego deficitario mediante el uso de sensores en plantas y/o suelo

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clases de teoría	Clase expositiva empleando el método de la lección. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes, planteamiento de dudas.	30
		<u>No presencial</u> : Estudio de los contenidos	24
Resolución de supuestos prácticos	Se plantean ejercicios para que los alumnos practiquen el aprendizaje grupal y cooperativo. La resolución se realiza fomentando la participación activa de todos los estudiantes	<u>Presencial</u> : Participación activa y en equipo. Solución de casos prácticos. Planteamiento de dudas	6
		<u>No presencial</u> : Estudio de los contenidos de la materia. Solución de los supuestos propuestos por el profesor.	15
Trabajos de investigación bibliográfica	Motivación y orientación para un trabajo individual o en grupo de búsqueda bibliográfica, interpretación y análisis comparativo de resultados de investigación	<u>Presencial</u> : Asistencia a tutorías individuales y/o en grupo	15
		<u>No presencial</u> : Búsqueda de bibliografía, análisis comparado y redacción del trabajo bibliográfico	
Prácticas de laboratorio y/o campo	Se aborda el fundamento metodológico y el funcionamiento de instrumental científico relacionado con la asignatura	<u>Presencial</u> : Realización del trabajo práctico de forma individual y/o en grupo	9
		<u>No presencial</u> : Estudio de los conceptos aprendidos. Elaboración e interpretación de datos	6
Tutorías	Resolución de dudas, de forma individual y/o en grupo, sobre teoría, resolución de supuestos prácticos y trabajos de investigación bibliográfica	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutoría	3
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de consultas por correo electrónico	6
Exámenes	Evaluación de los conceptos impartidos en la asignatura	<u>Presencial</u> : Realizar el examen y la exposición de los resultados del trabajo bibliográfico	6
			120

7. Evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Asistencia a clases de teoría		*	Seguimiento personalizado	30	1-5
Prácticas y resolución		*	Seguimiento personalizado, evaluación libreta de prácticas y supuestos prácticos	30	3-5
Trabajo de investigación bibliográfica	*	*	Seguimiento, evaluación del manuscrito, exposición y dominio de conceptos	40	3-5

7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

Se realizará el siguiente control y mantenimiento del alumnado:

- Evaluaciones formativas y sumativas
- Tutorías individuales y colectivas
- Evaluación a partir de pruebas escritas
- Asistencia a las distintas actividades
- Presentación de trabajos e informes

8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica*

- Allen, R.G., Pereira, R.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage 56, FAO, Roma, pp. 56.
- Boland, A.M., Jerie, P.H., Mitchell, P.D., Goodwin, I. 2000. Long-term effects of restricted root volume and regulated deficit irrigation on peach I. Growth and mineral nutrition. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 125, 135–142.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., Montanaro, G. 2007. Effects of postharvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees. *Plant Soil* 290, 127-137.
- Fernández, J.E., Cuevas, M.V. 2010. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. *Agric. For. Meteorol.* 150, 135-151.
- Goldhamer, D.A., 1989. Drought irrigation strategies for deciduous orchards. Cooperative extensión. University of California, Division of agricultural and natural resources. Publication no. 21453, pp 15
- Goldhamer, D.A., Salinas, M., Crisosto, C., Day, K.R., Soler, M., Moriana, A., 2002. Effects of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on late harvest peach tree performance. *Acta Hort.* 592, 343–350.
- González-Altozano, P., Castel, J.R., 1999. Regulated deficit irrigation in 'Clementina de Nules' citrus trees I. Yield and fruit quality effects. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 74, 706–713
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Rana, G., 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *Europ. J. Agronomy* 28, 493–507.
- Naor, A., 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Hort. Rev.* 32, 111-116
- Ortuño, M.F., Conejero, W., Moreno, F., Moriana, A., Intrigliolo, D.S., Biel, C., Mellisho, C.D., Pérez-Pastor, A., Domingo, R., Ruiz-Sánchez, M.C., Casadesus, J., Bonany, J., Torrecillas, A. 2010. Could trunk diameter sensors be used in woody crops for irrigation scheduling? A review of current knowledge and future perspectives. *Agric. Water Manage.* 97: 1–11
- Pérez-Pastor, A., Domingo, R., Torrecillas, A., Ruiz-Sánchez, M.C. 2009. Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. *Irrig. Sci.* 27: 231-242
- Pérez-Pastor A, Ruiz-Sánchez MC, Domingo R. 2014. Effects of timing and intensity of deficit irrigation on vegetative and fruit growth of apricot trees. *Agricultural Water Management* 134: 110-118
- Conesa MR, García-Salinas MD, de la Rosa JM, Fernández-Trujillo JP, Domingo R, Pérez-Pastor A. 2014. Effects of deficit irrigation applied during fruit growth period of late mandarin trees on harvest quality, cold storage and subsequent shelf-life. *Scientia Horticulturae* 165: 344-351

8.2. Bibliografía complementaria*

- Azcón Bieto J & Talón M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill. Madrid
- Chalmers, D.J., 1989. A physiological examination of regulated deficit irrigation. *NZ. J. Agric. Sci.* 23, 44–48.
- Conejero, W., Alarcón, J.J., García-Orellana, Y., Nicolás, E., Torrecillas, A. 2007. Evaluation of sap flow and trunk diameter sensors used for irrigation scheduling in early maturing peach trees. *Tree Physiol.* 27: 1753–1759.
- Conejero, W., Mellisho, C.D., Ortuño, M.F., Moriana, A., Moreno, F., Torrecillas, A. 2011. Using trunk diameter sensors for regulated deficit irrigation scheduling in early maturing peach trees. *Environ. Exp. Bot.* 71: 409–415.

- Domingo, R., Ruiz-Sánchez, M.C., Sánchez-Blanco, M.J., Torrecillas, A., 1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrig. Sci.* 16, 115-123.
- Girona, J., Mata, M., Goldhammer, D.A., Johnson, R.S., DeJong, T.M., 1993. Patterns of soil and tree water status and leaf functioning during regulated deficit irrigation scheduling in peach. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118, 580–586.
- Martín de Santa Olalla, F., de Juan, J.A. 1993. *Agronomía del Riego*. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 732 pp
- Moriana, A., Girón, I.F., Martín-Palomo, M.J., Conejero, W., Ortuño, M.F., Torrecillas, A., Moreno, F. 2010. New approach for olive trees irrigation scheduling using trunk diameter sensors. *Agric. Water Manage.* 97: 1822–1828.
- Ortuño, M.F., Brito, J.J., Conejero, W., García-Orellana, Y., Torrecillas, A. 2009. Using continuously recorded trunk diameter fluctuations for estimating water requirements of lemon trees. *Irrig. Sci.* 27: 271–276.
- Ortuño, M.F., García-Orellana, Y., Conejero, W., Pérez-Sarmiento, F., Torrecillas, A. 2009. Assessment of maximum daily trunk shrinkage signal intensity threshold values for deficit irrigation in lemon trees. *Agric. Water Manage.* 96: 80-86

8.3. Recursos en red y otros recursos

Páginas Web indicadas por el profesor, esencialmente ISI Web of Knowledge, servicios de documentación de OPIs, y otros recursos informáticos elegidos por los alumnos

<http://www.upct.es/aulavirtual>