

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 1 de 12

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Fertirriego
Clave de la asignatura:	FID-2304
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería en Agronomía

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La irrigación se ha desarrollado por una creciente demanda de alimentos. Las regiones secas y semisecas con precipitaciones menores a 500 mm, ocupan cerca del 60% de la tierra firme en el planeta. América del Norte participa con un 28%. En México, con casi 2 millones de km², el 50% de la superficie corresponde a zonas áridas y semiáridas, que se caracterizan por una precipitación escasa y errática limitando la producción sostenida. En estas zonas los agroecosistemas son frágiles y enfrentan una sobreexplotación de los recursos hídricos del subsuelo es de gran relevancia. En 2016, el 27.6% de la superficie sembrada fue regada con diferentes sistemas de riego. Esta superficie aportó al país el 62% del valor total de la producción.

La fertirrigación es un complemento necesario las nuevas tecnologías de sustratos y semillas, para aprovechar el potencial productivo que ofrecen de manera integral. Hay que entender, la fertirrigación y sus complementos.

El primer distrito de riego del país, en Pabellón de Arteaga, Ags., ha concluido la tecnificación de 6,100 hectáreas bajo riego presurizado. Tecnificaron la conducción del agua de la presa Plutarco Elías Calles. Los productores reciben en su parcela un gabinete, con los componentes de un cabezal de riego, caudalímetro, manómetros para medir la presión del sistema, válvulas, filtros y entre otros un venturi para efectuar la fertirrigación.

Actualmente más del 86% de las hortalizas cultivadas en el país (tomate, pimientos, pepinos, calabacitas, berenjenas, ejotes, lechugas, sandías, melones y espárragos entre otros), utilizarán ahora las técnicas de riego por goteo y fertirriego. En 2016, Puebla fue el estado con mayor superficie sembrada de hortalizas, de la cual el 85% fue bajo riego, generando un valor de la producción de 3,471 millones de pesos, siendo el elote el cultivo más sembrado.

La fertirrigación es la aplicación conjunta del agua y los fertilizantes a los sistemas de

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 2 de 12

producción agrícola. Esta asignatura proporciona los conocimientos y la práctica para operar los sistemas de fertirriego y potenciar la producción agrícola sustentable, optimizando el uso racional del agua y los fertilizantes.

La fertirrigación es una asignatura integradora de conocimientos de Agroclimatología para conocer debidamente la demanda de agua de los cultivos, de Edafología, para considerar las características del suelo en los tiempos de riego, de hidráulica para entender las presiones de los fluidos y los principios de los venturios y de las electroválvulas, de química para el diseño y formulación de las Soluciones Nutritivas, nutrición vegetal para comprender y aplicar los mecanismos de absorción y transporte de los nutrientes, entre otras asignaturas como Agricultura Protegida, puesto que el fertirriego es un componente obligado de estos sistemas de producción.

La fertirrigación es un proceso y una técnica fundamental para incrementar la productividad y hacer un uso eficiente del agua y de los fertilizantes, ya que se aplican simultáneamente y de manera localizada.

La materia de fertirriego constituye un instrumento que le permite al Ing. Agrónomo, innovar en el campo, hay un amplio margen para evolucionar los sistemas de riego, así como para capacitar a los productores y que incrementen sus rendimientos unitarios a la vez que hacer un uso sustentable de los recursos, ya que el creciente incremento en la población el volumen de agua disponible per cápita disminuye.

Intención didáctica

- El temario está organizado en 6 Unidades. La primera Unidad, considera la importancia de la fertirrigación, las generalidades, su evolución y su contexto en la producción de alimento, sus ventajas y desventajas en el uso eficiente del agua y la optimización de los fertilizantes. En La segunda Unidad se abordan los factores que inciden en el fertirriego, como las características del suelo, agua, fertilizantes, cultivos y la gestión del riego. En la tercera Unidad se aborda el equipo requerido para el fertirriego, principalmente el cabezal de riego y sus componentes, además del mantenimiento y operación manual y automática del mismo; además, de la eficiencia y uniformidad del sistema. La cuarta Unidad se refiere a las soluciones nutritivas, desde su diseño, formulación y gestión en función de la etapa vegetativa y tipo de cultivo bajo diferentes sistemas de producción, así como elaborar programas de fertirriego acordes al tipo de cultivo y sistema de producción. En la Quinta Unidad, referida al diagnóstico nutrimental, que consiste en relacionar el programa planeado con respecto al estado nutricional en campo. Finalmente, en la 6 Unidad, se aborda el aspecto económico y ecológico así como eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes y se analizan las perspectivas del fertirriego.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de	Participantes	Observaciones

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 3 de 12

elaboración o revisión		
Villa Montemorelos, Durango, TecNM campus Valle del Guadiana. Marzo de 2023.	Dr. José de Jesús Muñoz Ramos	Academia de Ingeniería en Agronomía. Especialidad en Agricultura Sustentable.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Observar y actuar sobre los requerimientos de las curvas de demanda hídrica y nutrimental de los cultivos. Conocer la tecnología del fertirriego para una eficiente fertilización y manejo del agua en sistemas de producción agrícola sustentables. Operar, calibrar y poner a punto los sistemas de fertirriego de manera manual y automática. Brindar mantenimiento durante la gestión del fertirriego a los sistemas de producción. Diseñar, formular y aplicar soluciones nutritivas en cultivos en suelo, cultivo sin suelo e hidroponía, para diferentes cultivos. Brindar mantenimiento a los sistemas de fertirriego.

5. Competencias previas

Tener conocimientos y fundamentos de Agroclimatología y de las Relaciones Agua, Suelo, Planta y Atmósfera, a fin de que conozca los requerimientos de agua de los cultivos; Química Analítica para que este familiarizado con las técnicas de análisis de agua y suelo y su interpretación, así como el manejo de las unidades de conversión para formular recomendaciones; Edafología para que esté al tanto de las características química, físicas y de fertilidad de los Suelos, Nutrición Vegetal, para que conozca las funciones de los elementos esenciales y los mecanismos de absorción y transporte de nutrientes, así mismo identifique deficiencias y toxicidades de los nutrientes en diferentes cultivos; Fisiología Vegetal para que relacione la gestión de la fertirrigación con los procesos metabólicos de las plantas; Hidráulica para que este familiarizado con la dinámica de los diferentes principios, flujos, dispositivos utilizados en el manejo del agua. Sistemas de Riego Presurizados, a fin de que domine su diseño y operación de los mismos; Sistemas de Producción Agrícola, para que conozca los procesos de cultivo y las prácticas de manejo que interrelacionan con la fertirrigación.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Generalidades del fertirriego	1.1 Antecedentes. 1.2 Definiciones. 1.3 Situación actual y perspectivas del fertirriego en

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 4 de 12

		México. 1.4 El fertirriego y el incremento en la productividad de los cultivos. 1.5. El fertirriego y el incremento en la eficiencia del uso del agua. 1.6. Ventajas y desventajas del fertirriego.
2	Factores que inciden en el fertirriego	2.1. El suelo y el fertirriego. 2.1.1. Textura. 2.1.2. Capacidad de intercambio de cationes. 2.1.3. Salinidad. 2.1.4. El pH de la solución del suelo. 2.1.5. Fertilidad del suelo. 2.2. El agua de riego y el fertirriego. 2.2.1. Características físicas. 2.2.2. Características químicas (pH y contenido de sales). 2.3. Los fertilizantes y el fertirriego. 2.3.1. Contenido de nutrientes de los fertilizantes. 2.3.2. Grado de solubilidad de los fertilizantes. 2.3.4. Compatibilidad de los fertilizantes. 2.3.5. Índice de salinidad de los fertilizantes. 2.3.6. Índice de acidez de los fertilizantes. 2.3.7. Interacción de los fertilizantes con el agua de riego. 2.4. El cultivo y el fertirriego. 2.4.1. Elementos esenciales para la planta. 2.4.2. Fases fenológicas del cultivo y extracción de nutrientes. 2.5. El riego y el fertirriego. 2.5.1. El agua en el suelo. 2.5.2. Necesidades de riego del cultivo. 2.5.3. Coeficiente de uniformidad del riego.
3	Equipo utilizado en fertirrigación	3.1. Cabezal de control. 3.2. Sistemas de inyección de fertilizantes. 3.3. Tipos de Filtros. 3.4. Sistemas de riego. 3.5. Operación manual. 3.6. Operación automática.
4	Soluciones nutritivas	4.1 Diseño y formulación con diferentes calidades de agua. 4.2. Preparación de soluciones nutritivas en función cultivos y etapas fenológicas. 4.3. Aplicación y dosificación de soluciones nutritivas madre o concentradas. 4.4. Elaboración de programas de fertirrigación en cultivos de importancia a campo abierto y en condiciones

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 5 de 12

		protegidas. 4.3.1. Maíz. 4.3.2. Hortalizas (tomate, pimiento, pepino, melón, sandía, espárrago, etc.). 4.3.3. Frutales (nogal, manzano, aguacate, arándano, etc.). 4.5. Costo económico de las soluciones nutritivas.
5	Diagnóstico nutrimental	5.1. Sintomatología visual. 5.2. Análisis de laboratorio de hojas. 5.3. Extracto de tejido y análisis de savia. 5.4. Interpretación de análisis químico. 5.4.1 Rangos nutrimentales de los cultivos.
6	Evaluación del fertirriego	6.1. Evaluación económica. 6.2. Evaluación del uso racional del agua (huella hídrica). 6.3. Evaluación del uso de fertilizantes y agroquímicos (huella ecológica).

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Generalidades del fertirriego	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Conoce los antecedentes, las ventajas y desventajas de los sistemas de fertirrigación, así como sus perspectivas en el presente y futuro ante una demanda creciente de alimentos y cambio climático. Genéricas: Capacidad para investigar la evolución cronológica de las tecnologías en fertirriego y las perspectivas de estas y llevar los conocimientos a la práctica, así como desarrollar la empatía para trabajar en equipo e interactuar con otras disciplinas. Capacidad de síntesis y exposición de los resultados obtenidos en la búsqueda de información con las habilidades desarrolladas en el manejo de las TIC's.	Recopilar información del tema, en biblioteca, internet, revistas científicas, para hacer un análisis grupal de los conceptos generales del fertirriego. Investigación bibliográfica sobre la situación de este sistema de producción en México. Exposición por parte de los alumnos de las ventajas y desventajas del fertirriego. Investigación bibliográfica sobre los reportes o resultados de investigación del tema en revistas científicas.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 6 de 12

Factores que inciden en el fertirriego

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Relaciona los aspectos de suelo, agua y planta con relación al aporte de fertilizantes y la demanda hídrica y manejo del agua a los cultivos. Genéricas: Capacidad para integrar y poner en práctica conocimientos previos de la demanda de agua de los cultivos, manejo del suelo y nutrición vegetal y de los fertilizantes en los sistemas de producción.	Investigación bibliográfica sobre las características del suelo, agua, fertilizantes y plantas que inciden en el manejo de los cultivos. Realizar una prueba de solubilidad de diferentes tipos de fertilizantes y exponer los resultados. Comprobar la compatibilidad entre fertilizantes y discutir en grupo los resultados obtenidos. Realizar la medición de la calidad del agua de riego y hacer la clasificación del agua. Comprobar la interacción de los fertilizantes con el agua de riego.

Equipo utilizado en fertirrigación

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Conoce los elementos que confirman e sistema de fertirriego, mantenimiento y operación del mismo, tanto de forma manual como autónoma. Genéricas: Capacidad para identificar y exponer los elementos que conforman un sistema de riego. Habilidad para integrar y aplicar conocimientos de otras disciplinas afines o de sustento al	Mediante un diagrama representar los elementos que componen un cabezal para fertirriego e interrelación de los elementos que lo componen. Brindar mantenimiento y operar un sistema de fertirriego durante el proceso de un cultivo. Calibrar el sub sistema de inyección de fertilizantes. Comparar el funcionamiento de los diferentes tipos de filtros. Calibrar un venturi y rotámetros para la

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 7 de 12

fertirriego. Destrezas en el manejo de las TIC's, para interaccionar con los autómatas de riego.	aplicación de solución nutritiva. Calcular el caudal y el tiempo de inyección de fertilizante. Visitar predios que cuenten con sistemas de fertirrigación.
---	--

Soluciones nutritivas

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Diseña, formula y prepara soluciones nutritivas para elaborar programas de fertirrigación de los principales cultivos del entorno. Genéricas: Habilidades en el manejo de Excel avanzado para formular soluciones nutritivas. Capacidad para elaborar un plan de fertilización para un determinado cultivo. Capacidad para investigar las innovaciones en materia de fertirriego y exponer los avances al respecto.	Calcular las cantidades de fertilizantes requeridos para preparar una solución nutritiva. Preparar una solución nutritiva universal o de Steiner. Discusión grupal de las diferentes metodologías de preparación de soluciones nutritivas. Elaborar programas de fertirrigación para los principales cultivos de la región. Visitar un predio o invernadero donde utilicen soluciones nutritivas.

Diagnóstico nutrimental

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Reconoce los síntomas de deficiencia y toxicidades en cultivos. Interpreta los análisis de laboratorio para aplicar alternativas de solución.	Recopilar información bibliográfica sobre la extracción nutrimental de los principales cultivos de la región. Identificar los síntomas de deficiencia de elementos nutritivos en cultivos. Realizar análisis de laboratorio de tejido

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 8 de 12

Genéricas: Capacidad para interpretar información sobre la fertilidad del suelo. Capacidad para observar y relacionar los síntomas de deficiencias o toxicidades en los cultivos. Habilidad para trabajar en equipo e interaccionar con profesionales de otras disciplinas.	vegetal, interpretar los resultados y discutir en grupo. Utilizar y aplicar los rangos óptimos de nutrimentos. Utilizar los instrumentos portátiles para medir contenido de nutrimentos en extracto celular de peciolo.
Evaluación del fertirriego	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Evalúa económica y productivamente las aportaciones del uso de la técnica de fertirriego. Genéricas: Capacidad para evaluar técnica y económicamente un sistema de fertirriego. Compromiso ético y profesional para racionalizar y eficientizar los recursos hídricos y de fertilizantes ante la crisis del Cambio Climático Global.	Determinar los costos de producción de los cultivos bajo el sistema tradicional y con fertirriego. Determinar las eficiencias hídricas y energéticas del sistema de fertirriego. Determinar la huella ecológica del uso del fertirriego.

8. Práctica(s)

- Analizar la calidad del agua, interpretar y dimensionar los resultados.
- Determinar la solubilidad y la reacción con el agua de los fertilizantes líquidos y granulados.
- Evaluar el funcionamiento de un equipo de fertirrigación de la región.
- Calcular la cantidad de fertilizantes por aplicar para un cultivo estratégico en la región.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 9 de 12

- Formular y preparar soluciones nutritivas para un cultivo en sus diferentes etapas fenológicas.
- Utilización de métodos o de las técnicas modernas para el diagnóstico nutrimental en cultivos.
- Visitas a predios o invernaderos donde utilicen sistemas de fertirrigación.
- Visita a empresas que comercialicen equipos de fertirrigación.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 10 de 12

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitaria, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrolla
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

	Nombre del documento: Formato de	Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad	Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.3, 8.3.1	Página 11 de 12

10. Evaluación por competencias

Asistencia a clase y a prácticas. Tareas e investigación documental. Exposición de temas. Trabajo de campo: producción de un cultivo bajo fertirriego y su respectiva bitácora y consecuente reporte. Participación en clase. Interpretación de análisis de suelo y agua para la formulación de un programa de fertirriego. Diseño y formulación de soluciones nutritivas acorde a la etapa fenológica y tipo de cultivo. Resolución de ejercicios sobre temas específicos. Reportes de visitas, prácticas de campo y de laboratorio. Exámenes escritos.

11. Fuentes de información

Adams, P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hidroponic systems. Acta Hort. 361: 245-257.

Bar-Yosef, B., Advances in Fertigation. Advances in Agronomy, Vol. 65. Ed. Academic Press. 77 p., 1999.

Bennett, W.F.1997. Nutrient deficiencies & toxicity in crop plants. APS PRESS. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota.

Bertsch F. 2009. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José Costa Rica. 1ª, Ed. Multimedia. San José, C.R. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 306 p.

Burt, C., K. O'Connor y T. Ruehr, Fertigation, Ed. Irrigation Training and Research Center. California Polytechnic State University. San Luis Obispo, California. 295 p., 1998

Cadahía L., C., Fertirrigación. Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. 3a. edición, Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 681 p., 2005.

Casas, A. 1999. Formulación de la solución nutritiva. Parámetros de ajuste. En curso superior de especialización. Cultivos sin suelo II. Almera, España.

Castellanos R. J. Z. 2010. Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo. En: 3er Diplomado Internacional Horticultura Protegida. Intagri- UAL, Es.

Castellanos R. J. Z. 2010. Manejo de la Fertirrigación en Suelo. En: 3er Diplomado Internacional Horticultura Protegida. Intagri- UAL, Es.

Castellanos R. J. Z. y Ojodeagua J. L. 2010. Cálculo de la Solución Nutritiva para Hidroponía. En: 3er Diplomado Internacional Horticultura Protegida. Intagri- UAL, Es.

Castellanos R. J. Z. y Ojodeagua J. L. 2010. Monitoreo Nutricional y de Crecimiento. En: 3er Diplomado Internacional Horticultura Protegida. Intagri- UAL, Es.

Domínguez, V. A., Fertirrigación, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 217 p., 1993

Enríquez R. S. A. 2010. Fundamentos de Nutrición en Hidroponía. En: 3er Diplomado Internacional Horticultura Protegida. Intagri- UAL, Es.

Favela Ch. E. Preciado R. P y Benavides M. A. 2006. Manual para la preparación de Soluciones Nutritivas. Dpto. de Horticultura, UAAN, Unidad Laguna. 146 p.

López, J.R., J.M. Hernández A., A. Pérez R. y J.F. González H., Riego Localizado, 2ª edición, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 405 p., 1997

Martínez, E.R. RIEGO LOCALIZADO. 1era. ed. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Depto. de Irrigación. Chapingo, Méx. 161 págs. 1991.

Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th edition. Internacional Potash Institute, Bern, Switzerland.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 12 de 12

Muñoz R. J. J. 2019. Manejo de Fertirriego en Chiles Verdes. En: Diplomado Internacional en Fertirriego. Intagri-UAL, Es.

Moya Talens, J.A., Riego Localizado y Fertirrigación, 2ª edición, Ed. MundiPrensa, 392 p., 1998

Peña, P.E. y M.A. Montiel G., Manual Práctico de Fertirriego, 2ª Edición, Ed. IMTA, Colección Manuales, México. 68 p., 1998

Ruiz, S. J. G., Fertirrigación (Aplicación de Fertilizantes en el Agua de Riego), Apuntes, Universidad Autónoma de Chapingo, Depto. de suelos, 37 p., 1997

Ruiz, S. J. G., Fertilizantes Adecuados para Fertirrigación, Apuntes, Universidad Autónoma de Chapingo, Depto. de suelos, 25 p. 1997

Torresano S. F. A. 2010. Cabezal de Riego. En: 3er Diplomado Internacional Horticultura Protegida. Intagri- UAL, Es.