|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **PROGRAMA EDUCATIVO: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_****EN COMPETENCIAS PROFESIONALES** |  |

**PROGRAMA DE ASIGNATURA: Nanotecnología Agrícola CLAVE:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |
| --- | --- |
| Propósito de aprendizaje de la Asignatura | **El alumno será capaz de abordar los fundamentos de la nanotecnología con aplicaciones en la producción de cultivos agrícolas. Se analizará las interacciones de los nanomateriales con las plantas y el suelo, para entender sus efectos de bioestimulación y toxicidad.** |
| Competencia a la que contribuye la asignatura | **Diseñar procesos de producción de materiales nanoestructurados en laboratorio y a nivel industrial, con base en la planeación, técnicas de síntesis e incorporación y cumpliendo con la normatividad aplicable, para contribuir a la innovación tecnológica, a fin de resolver problemas del sector productivo, comercial, académico, de investigación y social, con principios éticos , inclusivos, de equidad y con visión sostenible.** |
|  Tipo de competencia | Cuatrimestre | Créditos | Modalidad | Horas por semana | Horas Totales |
|
| **Específica**  | **8,9** | **4.68** | **Presencial**  | **5** | **75** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Unidades de Aprendizaje** | **Horas del Saber** | **Horas del Saber Hacer** | **Horas Totales** |
|  |  |  |
| **Unidad 1. Introducción a la nanotecnología agrícola** | 5 | 10 | 15 |
| **Unidad 2. Los nanomateriales en la planta y suelo** | 8 | 12 | 20 |
| **Unidad 3. Nanomateriales: Bioestimulación y toxicidad** | 8 | 12 | 20 |
| **Unidad 4. Nanoformulaciones en la agricultura sustentable: Nanofertilizantes y nanoplaguicidas** | 8 | 12 | 20 |
| **Totales** | **29** | **46** | **75** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funciones** | **Capacidades** | **Criterios de Desempeño** |
| Justificar el diseño de un nanomaterial con base a una necesidad o problemática, desarrollarlo y caracterizarlo con base a los lineamientos correspondientes para asegurar su funcionalidad | Definir los fenómenos físicos y químicos que correlacionan los cambios estructurales y propiedades ópticas, mecánicas, físicas y químicas desde el punto de vista nanométrico, empleando herramientas matemáticas y métodos experimentales para identificar sus aplicaciones | Establece correlación entre las diferentes propiedades macroscópicas que pueden presentar los materiales en escala nanométrica  |
| Evaluar los diferentes riesgos en la cadena de suministros de nanomateriales conforme a la normatividad aplicable para establecer condiciones de seguridad ambiental y social, considerando principios éticos y de equidad | Preparar insumos, equipos y materiales de laboratorio con base en los procedimientos establecidos para aplicarlos en las técnicas de incorporación físico/química de nanoestructuras y nanomateriales, considerando los resultados de la evaluación de la eficacia de producción para que el producto cumpla con las especificaciones técnicas correspondientes | Registra en un reporte técnico de síntesis:- Descripción, cantidad y condiciones de insumos y materiales- Parámetros de calidad de los insumos.- Propiedades físicas y químicas del reactivo.- Especificaciones de manejo, almacenamiento y seguridad- Descripción y parámetros para la operación segura de los equipos.- Ajuste y calibración de las condiciones de operación de los equipos - Solicitud de materiales y equipo de laboratorio- Bitácora de registro de las condiciones iniciales del equipo, ajustes y calibración.- Condiciones ambientales del laboratorio  |

**UNIDADES DE APRENDIZAJE**

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **Unidad 1. Introducción a la nanotecnología agrícola** |
| Propósito esperado  | El alumno comprenderá los conceptos básicos de la nanotecnología agrícola, analizará las fuentes de información del desarrollo de la nanotecnología en el mundo y en México. |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 5 | **Horas del Saber Hacer** | 10 | **Horas Totales** | 15 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Conceptos básicos de nanotecnología agrícola  | Describir los conceptos fundamentales de la nanotecnología agrícola. | Reconocer los conceptos básicos utilizados en el área de nanotecnología agrícola | Actuar con ética, responsabilidad y honestidad en las tareas individuales y por equipo. |
| Historia de la nanotecnología agrícola | Identificar los avances históricos de la nanotecnología con aplicaciones en la agricultura. | Reconocer los eventos históricos a través del tiempo del uso de los nanomateriales en la agricultura |
| Diferencia entre la agricultura convencional y la agricultura basada en nanotecnología | Identificar las principales diferencias entre la agronanotecnología y la agricultura convencional. | Conocer y aprender las diferencias entre la agricultura convencional y la nanotecnología agrícola |
| Nanomateriales en la agricultura sustentable: Perspectivas actuales | Describir los avances científicos y tecnológicos que permiten considerar el uso de nanomateriales en la agricultura como una tecnología sustentable. | Discutir los nuevos avances de la nanotecnología aplicada a la agricultura con énfasis en la sustentabilidad. | Desempeñarse proactivo y organizado en el desarrollo de las actividades. |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| 1- Aprendizaje basado en problemas, en el cual los estudiantes identifican un área de oportunidad que pueda ser resuelto con ayuda de la nanotecnología.2- Aprendizaje basado por investigación | -Pintarrón-Proyector-Equipo de computo-Invernadero-Artículos científicos | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| Elabora un reporte de la evolución de la nanotecnología con aplicaciones en la agriculturaa través del tiempo y las ventajas en comparación con la agricultura convencional. | Elabora un reporte en un documento digital que tenga plasmado:* la historia de la nanotecnología con aplicaciones en la agricultura.
* Las ventajas de la nanotecnología agrícola en comparación con la agricultura convencional.
 | Lista de cotejo y rúbrica |

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **Unidad 2. Los nanomateriales en la planta y suelo** |
| Propósito esperado  | El alumno identificará las principales formas de aplicación de nanomateriales y analizará el comportamiento de los nanomateriales en el sistema planta-suelo. |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 8 | **Horas del Saber Hacer** | 12 | **Horas Totales** | 20 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Consideraciones de manejo agronómico para la aplicación de nanomateriales. | Comprender las actividades agronómicas básicas para el uso correcto y eficiente de los nanomateriales.  | Investigar las características del medio ambiente y fisiológicas de la plantas para la correcta aplicación de los nanomateriales | Actuar con ética, responsabilidad y honestidad en las tareas individuales y por equipo. |
| Formas de aplicación de los nanomateriales: foliar, suelo y nanopriming. | Identificar las formas de aplicación de nanomateriales:* Foliar
* Suelo
* Nanopriming
 | Conocer y aprender las diferentes formas de aplicación de nanomateriales en cultivos agrícolas |
| Absorción de los nanomateriales vía foliar y raíz: Translocación | Identificar las forma de absorción de los nanomateriales vía raíz:* Endocitosis
* Canales ionicos
* Proteínas transportadoras

Identificar las forma de absorción de los nanomateriales vía raíz:* Estomas
* Cutículas
* Tricomas
 | Posterior a una investigación documental, exponer las vías de absorción en raíces y hojas. |
| Interacción de los nanomateriales con el suelo. | Enlistar los fenómenos que ocurren en las propiedades de los suelos cuando interactúan con los nanomateriales | Documentar los efectos en las propiedades de los suelos por la interacción con los nanomateriales |  |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| 1- Aprendizaje basado en problemas, en el cual los estudiantes identifican un área de oportunidad que pueda ser resuelto con ayuda de la nanotecnología2- Aprendizaje basado por investigación | -Pintarrón-Proyector-Equipo de computo-Laboratorio-Invernadero-Artículos científicos | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| **Los estudiantes basados en un caso práctico en el área de nanotecnología agrícola, elaborarán un reporte que contenga:*** **Identificación de las prácticas agronómicas para el uso eficiente de la aplicación de nanomateriales**
* **Formas de aplicación de los nanomateriales**
* **Tipos de absorción de los nanomateriales en raíz y hojas**
* **Efectos de los nanomateriales en el suelo**
 | **Elaborará un mapa conceptual de las formas de aplicación de nanomateriales en plantas, vías de absorción y efectos de los nanomateriales en suelo.****Reporte de práctica de laboratorio de nanopriming con distintas semillas, graficando los efectos en la germinación.** | **Lista de cotejo y rúbrica** |

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **Unidad 3. Nanomateriales: Bioestimulación y toxicidad** |
| Propósito esperado  | El alumno describirá las respuestas generadas de la aplicación de los nanomateriales en especies vegetales |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 8 | **Horas del Saber Hacer** | 12 | **Horas Totales** | 20 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Nanomateriales como promotores de estimulación vegetal | Definir el concepto de estimulación vegetalDescribir los posibles mecanismos de estimulación vegetal por la aplicación de los nanomateriales. | Discutir los mecanismos que ocurren en las plantas y que generan la estimulación por aplicación de nanomateriales | Desarrollar habilidades de comunicación efectiva para transmitir ideas y necesidades de manera clara y concisa.Promover la empatía y el respeto en las interacciones con los compañeros de equipo.Actuar con ética, responsabilidad y honestidad en las tareas individuales y por equipo. |
| Las propiedades fisicoquímicas de los nanomateriales y la interacción con la pared y membrana celular | Identificar las propiedades fisicoquímicas de los nanomateriales.Explicar las interacciones de los nanomateriales con la pared y membrana celular y otros organelos.Describir el transporte apoplástico y simplástico de los nanomateriales | Investigar los efectos de las características físicas y químicas de los nanomateriales cuando interactúan con la célula vegetal y su movimiento al interior de la planta. |
| Respuesta hormonal y genética como mecanismos de señalización por la interacción con los nanomateriales. | Identificar las hormonas vegetales como respuesta al estímulo del nanomaterial.* Auxinas
* Giberelinas
* Citoquininas
* Etileno
* Ácido abscísico

Identificar los genes que se expresan en las plantas por interacción con los nanomateriales-Describir las especies reactivas de oxígeno como moléculas señalizadoras.  | Realizar una búsqueda de información y exponer los mecanismos de señalización que incluya hormonas vegetales, genes y especies reactivas de oxígeno. |
| Nanomateriales y toxicidad: Efectos de dosis | Definir el concepto de toxicidad y su relación con la aplicación de los nanomateriales.Clasificar los nanomateriales que presentan mayor efecto tóxico.Identificar las dosis de los nanomateriales que generan toxicidad.Reconocer la importancia del buen uso de los nanomateriales | Elaborar un mapa conceptual que resuma los impactos tóxicos de los nanomateriales de acuerdo al tipo de nanomaterial y dosis utilizada. |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| 1- Aprendizaje basado en problemas, en el cual los estudiantes identifican un área de oportunidad que pueda ser resuelto con ayuda de la nanotecnología2- Aprendizaje basado por investigación | -Pintarrón-Proyector-Equipo de cómputo-Laboratorio-Invernadero-Artículos científicos | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| **Los estudiantes identifican los principales mecanismos de señalización en plantas por la aplicación de nanomateriales y reconocen los términos de bioestimulación y toxicidad** | **Investigar los mecanismos de señalización involucrados en las plantas por la aplicación de nanomateriales.****Conocer y aprender los conceptos de bioestimulación y toxicidad****Reporte de práctica de invernadero de aplicación de bajas y altas dosis de nanomateriales en cultivos de rápido crecimiento, graficando los efectos en el desarrollo.** | **Lista de cotejo y rúbrica** |

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | **Unidad 4. Nanoformulaciones en la agricultura sustentable: Nanofertilizantes y nanoplaguicidas** |
| Propósito esperado  | El alumno identificará las principales nanoformulaciones, sus aplicaciones y los posibles riesgos de su utilización. |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 8 | **Horas del Saber Hacer** | 12 | **Horas Totales** | 20 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Nanofertilizantes vs fertilizantes convencionales | Identificar los tipos de fertilizantes convencionales y comparar con los nanofertilizantes | Enlistar las ventajas y desventajas de los fertilizantes convencionales vs nanofertilizantes | Ejercer el pensamiento crítico con un enfoque ético para la resolución de problemas y en la toma de decisiones, considerando los valores de justicia y bienestar de los demás. |
| Clasificación de los nanofertilizantes | Reconocer la clasificación de los nanofertilizantes para su correcta aplicación  | Elaborar un mapa conceptual que indique cómo se clasifican los nanofertilizantes. |
| Nanoplaguicidas vs plaguicidas convencionales | Identificar los tipos de plaguicidas convencionales, clasificar y comparar con los nanoplaguicidas | Elaborar un cuadro comparativo en el se muestre las ventajas y desventajas de los nanoplaguicidas vs plaguicidas convencionales |
| Riesgos de las nanoformulaciones en la cadena trófica.  | Evaluar una nanoformulación sobre organismos vivos. | Discutir los efectos negativos de los nanomateriales en los ecosistemas y su posible entrada en la cadena alimentaria |  |
|  |  |  |  |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| 1- Aprendizaje basado en problemas, en el cual los estudiantes identifican un área de oportunidad que pueda ser resuelto con ayuda de la nanotecnología.2- Aprendizaje basado por investigación | -Pintarrón-Proyector-Equipo de cómputo-Invernadero-Artículos científicos | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| **Elabora un reporte que contenga:*** **Los conceptos de fertilizantes, nanofertilizantes, plaguicidas y nanoplaguicidas.**
* **Ventajas y desventajas de los nanofertilizantes y nanoplaguicidas vs fertilizantes y plaguicidas convencionales**
* **Posibles riesgos de las aplicaciones de las nanoformulaciones en la cadena trófica**
 | **Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de los nanofertilizantes y nanoplaguicidas vs fertilizantes y plaguicidas convencionales.****Reporte de práctica de invernadero de aplicación de una nanoformulaciones comercial en cultivos de rápido crecimiento, graficando sus efectos.** | **Lista de cotejo y rúbrica** |

|  |
| --- |
| **Perfil idóneo del docente** |
| **Formación académica** | **Formación Pedagógica** | **Experiencia Profesional** |
| **Ingeniería o licenciatura en ciencias, preferentemente con estudios de posgrado en áreas de biología, nanotecnología agrícola y agronomía.** | **Dominio de la enseñanza de nanotecnología en sistemas biológicos a nivel de educación superior.****Manejo de los modelos de aprendizaje basado en proyecto con un enfoque en****competencias.** | **Experiencia en el ejercicio profesional del área de nanotecnología agrícola y fisiología vegetal.** |

|  |
| --- |
| **Referencias bibliográficas** |
| Autor | Año | Título del documento | Lugar de publicación | Editorial | ISBN |
| **Monique A. Axelos, Marcel H. Van de Voorde** | **2017** | **Nanotechnology in Agriculture and Food Science** | **EUA** | **Wiley** | **9783527339891** |
| **Fabian Fernandez-Luqueno, Jayanta Kumar Patra** | **2023** | **Agricultural and Environmental Nanotechnology****Novel Technologies and their Ecological Impact** | **Singapore** | **Springer** | **978-981-19-5454-2** |
| **Rakesh Kumar Bachheti, Archana Bachheti, Azamal Husen** | **2023** | **Nanomaterials for Environmental and Agricultural Sectors** | **Singapore** | **Springer** | **978-981-99-2874-3** |
| **Azamal Husen** | **2023** | **Nanomaterials from Agricultural and Horticultural Products** | **Singapore** | **Springer** | **978-981-99-3435-5** |
| **Jameel M. Al-Khayri, Lina M. Alnaddaf, S. Mohan Jain** | **2023** | **Nanomaterial Interactions with Plant Cellular Mechanisms and Macromolecules and Agricultural Implications** | **Singapore** | **Springer** | **978-3-031-20878-2** |
| **Ajay Kumar****Amity** **James F. White****Joginder Singh** | **2024** | **Sustainable Agricultural Practices** | **Reino unido** | **Academic Press** | **978-0-443-19150-3** |
| **Azamal Husen** | **2022** | **Engineered Nanomaterials for Sustainable Agricultural Production, Soil Improvement and Stress Management** | **Reino unido** | **Academic Press** | **978-0-323-91933-3** |
| **Javid Parray, Mohammad Mir, Nowsheen Shameem** | **2021** | **Nano‐Technological Intervention in Agricultural Productivity** | **EUA** | **Wiley** | **9781119714859** |

|  |
| --- |
| **Referencias digitales** |
| Autor | Fecha de recuperación | Título del documento | Vínculo |
| **Mohammad Nauman Khan , Chengcheng Fu , Jiaqi Li , Yunpeng Tao, Yanhui Li, Jin Hu, Lingling Chen, Zaid Khan, Honghong Wu, Zhaohu Li** | **Mayo de 2024** | Seed nanopriming: How do nanomaterials improve seed tolerance to salinity and drought?**Chemosphere** | **https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565352203404X** |
| **Ricardo Hugo Lira Saldivar****Bulmaro Méndez Argüello****Gladys De los Santos Villarreal****Ileana Vera Reyes** | **Mayo 2024** | **Potencial de la nanotecnología en la agricultura****Acta Universitaria** | **https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0188-62662018000200009** |
| **Hermes Pérez-Hernández, Fernando López-Valdez, Antonio Juárez-Maldonado, Alonso Méndez-López, César Roberto Sarabia-Castillo, Selvia García-Mayagoitia, Andrés Patricio Torres-Gómez,****Jessica Denisse Valle-García,****Andrea Yakelín Pérez-Moreno** | **Mayo 2024** | **Implicaciones de los nanomateriales utilizados en la agricultura: una revisión de literatura de los beneficios y riesgos para la sustentabilidad****Mundo Nano** | **https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2448-56912024000100304** |
| **Neelam Yadav, Vinod Kumar Garg, Anil Kumar Chhillar, Jogender Singh Rana** | **Mayo 2024** | **Recent advances in nanotechnology for the improvement of conventional agricultural systems: A review****Plant Nano Biology** | [**https://doi.org/10.1016/j.plana.2023.100032**](https://doi.org/10.1016/j.plana.2023.100032) |
| **Intagri** | **Mayo 2024** | **La Nanotecnología en la Nutrición Vegetal** | **https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-nanotecnologia-en-la-nutricion-vegetal** |
| **Kumera Neme, Ayman Nafady, Siraj Uddin, Yetenayet B. Tola** | **Mayo 2024** | **Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: food security implication and challenges** | **https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08539** |
| **Nature** | **Mayo 2024** | **Nanotechnology in agriculture** | **https://www.nature.com/collections/jfddfbahcf** |