|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **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 agricultura  a 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 nanotecnología  2- 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 vegetal  Describir 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 nanotecnología  2- 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** |