

Capítulo 2. El proceso productivo en la formación agronómica



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.427.02>

FERNANDO NARANJO CHACÓN*
GUADALUPE ESPEJO BERISTAIN**

Resumen

El ingeniero agrónomo, como un profesional clave en los sistemas agroalimentarios, es capaz de comprender y gestionar integralmente el uso de recursos como suelo, agua y clima. Su trabajo abarca todo el proceso productivo agronómico, comprendido como un conjunto organizado de actividades técnicas, biológicas y sociales que transforman los recursos naturales en productos alimentarios, con énfasis en la calidad y sostenibilidad de las unidades de producción. La agricultura ha evolucionado desde la domesticación de plantas y animales hasta los sistemas tecnificados actuales, incorporando innovación tecnológica y prácticas sostenibles. El proceso productivo es sistémico, integrando subsistemas como manejo del suelo, gestión hídrica, clima, fisiología vegetal y sanidad de cultivos. Se destaca el enfoque ecosistémico, que valora la biodiversidad funcional y los servicios ecosistémicos para aumentar resiliencia y reducir dependencia de insumos externos. El ingeniero agrónomo egresado debe poseer habilidades técnicas, analíticas y sociales: manejo de suelos y agua, nutrición y fisiología vegetal, control de plagas, análisis sistémico y capacidad de gestión y extensión. Su papel en la producción articula la ciencia,

* Doctor en Ciencias Agropecuarias. Docente en la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-3272> ; correo electrónico: fnaranjo@uv.mx

** Doctora en Ciencias Agropecuarias. Docente en Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0207-9774>

la tecnología y los actores sociales para impulsar la productividad, la sostenibilidad, la seguridad alimentaria y el desarrollo rural.

Palabras clave: *agricultura, biodiversidad, agrobiodiversidad.*

Introducción

El ingeniero agrónomo estudia las ciencias agrícolas en todo el proceso de crecimiento de las plantas, aprende los componentes del suelo, y tiene una estrecha relación con los actores que participan en el proceso productivo; por ello, conoce el ámbito agrícola en sus diferentes aspectos, participando y agregando valor en toda la cadena agroalimentaria (Maroni, 2004). Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), la producción y actividad agrícola es uno de los sectores más importantes en la economía de los países, debido a que es un medio de vida de la población mundial, tanto periurbana como rural (FAO, 2020).

El proceso productivo para el agrónomo es un conjunto organizado y sistemático de actividades mediante las cuales se transforman los recursos naturales en productos agrícolas útiles y económicamente valiosos (Polanco y Beltrán, 2021). Este proceso es fundamental para garantizar la producción sostenible de alimentos, fibras y materias primas, ocupando un lugar central dentro de la ingeniería agronómica y las ciencias aplicadas a la agricultura (Pupo et al., 2024). La agronomía, entendida como la ciencia que aplica conocimientos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales para optimizar la producción agrícola, estudia y regula cada fase del proceso productivo para incrementar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de los cultivos (FAO, 2020; Polanco y Beltrán, 2021).

Dentro del proceso productivo agronómico, es clave reconocer que no es simplemente de “cultivar”, sino de integrar múltiples subsistemas: la salud del suelo, la nutrición vegetal, el manejo hídrico, la sanidad vegetal, la cosecha y postcosecha, entre otros. Asimismo, las prácticas agronómicas modernas se encuentran en una fase de transición hacia modelos más sostenibles, explorando enfoques holísticos en donde el diseño, la gestión y la

optimización del proceso productivo agronómico se han convertido en ejes críticos para alcanzar sistemas agrícolas resilientes, rentables y sostenibles (Labrador, 2008; Rosillón, 2023).

La importancia del proceso productivo en agronomía no es solo una secuencia técnica, sino un sistema dinámico que requiere coordinación entre los recursos, la tecnología, el conocimientos del cultivo y la adaptación constante a las condiciones climáticas cambiantes. La importancia de todos estos procesos radica en la contribución directa a la seguridad alimentaria global, el desarrollo rural y la conservación del medio ambiente, crucial para el futuro de la agricultura sostenible; por ello, el ingeniero agrónomo, al egresar de su facultad, debe aplicar los conocimientos sobre suelo, agua, fisiología vegetal, plagas y enfermedades, nutrición vegetal, cosecha y postcosecha, entre otros procesos más que la producción agrícola requiere.

La producción agrícola: inicios y actualidad

Los inicios de la agricultura abarcan desde los primeros intentos de la domesticación de plantas y animales, hasta la sofisticada tecnología sostenible del año 2025. La producción agrícola comenzó hace aproximadamente 12 000 años, cuando los seres humanos pasaron de ser recolectores y cazadores, a la domesticación de las plantas y animales (Gómez, 2020; Velázquez et al., 2025). Inicialmente recolectaban semillas, raíces y frutos; su transporte provocó la propagación involuntaria de vegetación que colonizó los asentamientos humanos; al ver este proceso, tuvieron la capacidad de domesticarlas para producir. En el Mediterráneo se cultivaron los primeros cereales, como el trigo, la cebada y las legumbres, mientras que en Mesopotamia y Egipto se desarrollaban sistemas de riego y arados primitivos para aumentar la producción; para el caso de Mesoamérica, el maíz fue uno de los primeros cultivos domesticados, convirtiéndose en base de la alimentación de civilizaciones como los mayas y aztecas (Carey, 2023; Cohen, 2009; Flannery, 1973).

También se han descrito diferentes hechos históricos sobre la agricultura antigua, en donde, por ejemplo, las civilizaciones como la egipcia, mesopotámica, china e hindú perfeccionaron técnicas de riego, rotación de

cultivos y de almacenamiento de granos. Para la Edad Media, la agricultura europea se basó en el sistema de tres campos y el uso de arados más eficientes, aunque en la producción se reflejaba una limitación por la falta de tecnología y conocimientos científicos. Para el siglo xx, la agricultura se transformó con la introducción de fertilizantes químicos, pesticidas, maquinaria pesada y la Revolución Verde, que impulsó el uso de variedades mejoradas y técnicas intensivas para aumentar los rendimientos (Grantham y Postel-Vinay, 1998; Lauvergne, 2017; Qaim, 2016).

Se espera que para alcanzar o aumentar los rendimientos de producción en los sistemas agroproductivos se logre mediante una adopción gradual de tecnologías digitales (mejor acceso en países en vías de desarrollo como México), así como el incremento en el uso de prácticas ancestrales que ayuden a una producción con una menor huella ambiental, y presiones regulatorias para tener precios competitivos. Sin embargo, la efectividad de estos métodos de producción dependerá en gran medida de las políticas públicas, inversiones en investigación y equidad en el acceso a las tecnologías.

Conceptualización del proceso productivo agronómico

El proceso productivo agronómico puede definirse como el conjunto organizado de actividades técnicas, biológicas y sociales, mediante las cuales se transforman los recursos naturales en productos agrícolas y algunos otros servicios asociados. Este proceso comprende etapas de diagnóstico, planificación, implementación, manejo y evaluación, que se desarrollarán dentro de un sistema de producción complejo, debido a la interacción del suelo, el agua, el clima, las plantas, la biodiversidad y la mano de obra humana.

Desde una perspectiva sistémica, el proceso productivo no debe entenderse como una sucesión lineal de prácticas, sino como una red de relaciones dinámicas que determinan la productividad, la estabilidad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Esta visión resulta fundamental para la toma de decisiones informadas y para la formación de profesionales capaces de enfrentar contextos productivos diversos y cambiantes.

Los alcances que se puedan llegar a tener en todo el proceso productivo agronómico abarca el uso eficiente de los recursos naturales para maximizar

la productividad, calidad y sostenibilidad, los cuales pueden estar influenciados por factores como la tecnología, la genética y el ambiente donde se establecen los cultivos; sin embargo, todo ese proceso se extiende desde la planificación hasta la comercialización inicial, lo que puede impactar directamente en la rentabilidad y en los sistemas rurales.

La producción agrícola obtenida del sistema agroproductivo puede ser tangible, como alimentos, materias primas y productos ganaderos, los cuales satisfacen directamente la necesidad del ser humano y sirven, además, como insumos para la agroindustria, enfatizando la calidad y el volumen comercializable del producto. Por ello, es importante mencionar que también en los servicios agroproductivos se incluyen actividades intangibles como el suministro de insumos (como semillas, fertilizantes, etc.), comercialización, transporte del producto y asesoría técnica para optimizar la producción, facilitando la cadena de valor, mejorando el acceso a nuevos mercados y buscando financiamientos y logística para apoyar la sostenibilidad. Finalmente, el proceso productivo agronómico forma el núcleo inicial de los sistemas agroalimentarios, que integran la producción, el procesamiento, la distribución y el consumo de alimentos en una cadena interconectada, asegurando flujos de insumos-resultados con retroalimentación para promover la seguridad alimentaria y sostenibilidad desde la finca hasta el consumidor.

Sistemas agroproductivos

Un *sistema agroproductivo* es un conjunto de componentes interrelacionados que se agrupan para producir bienes agrícolas y pecuarios de forma integrada y sostenible. Estas interrelaciones están constituidas por elementos como los recursos naturales, las técnicas de cultivo y producción, la mano de obra, la infraestructura, así como los aspectos económicos, sociales y medioambientales que afectan su funcionamiento (Uzcategui y Fernández, 2023). Cabe mencionar que los sistemas no son solo una suma de partes, sino un conjunto con una estructura y propósito definido, con una visión de producción bajo el esquema sustentable (Blandón, 2022; Riveros et al., 2006).

El comprender el enfoque de sistema en la agricultura permite entender a las unidades complejas, donde cada componente depende de los demás, influyendo en el resultado final y en la resiliencia del sistema ante cambios o adversidades; entre los componentes principales se encuentran: los recursos agroecológicos (suelo, agua y clima); los recursos humanos (conocimientos, investigaciones y trabajo); elementos tecnológicos (herramientas y técnicas de producción), así como variables económicas y sociales que ayudan a determinar la viabilidad y desarrollo del sistema (Alban et al., 2017; Drouet Candell et al., 2023; Quintero et al., 2024).

Elementos básicos del proceso productivo agronómico

Manejo del suelo

El manejo sostenible del suelo constituye un eje central para garantizar la productividad agrícola y la conservación de los recursos naturales. Prácticas como la rotación de cultivos permiten interrumpir ciclos de plagas y enfermedades, mejorar el balance nutricional y favorecer una estructura edáfica más estable, especialmente cuando se incorporan especies con diferentes sistemas radiculares y demandas nutricionales. Por su parte, el uso de coberturas vegetales vivas o muertas, protege la superficie del suelo frente al impacto directo de la lluvia y la radiación solar, reduciendo los procesos de erosión hídrica y eólica, lo que contribuye a la regulación térmica y a la conservación de la humedad (Aguilar et al., 2025; Zhang et al., 2021).

La incorporación de residuos orgánicos, como rastrojos de cosecha, estiércoles o composta, desempeña un papel fundamental en el incremento del contenido de materia orgánica en el suelo, lo cual mejora la capacidad de retención de agua, la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica (Ball et al., 2005). Este aporte orgánico estimula la biodiversidad edáfica, favoreciendo poblaciones de microorganismos benéficos, responsables en procesos clave como la mineralización de nutrientes. Asimismo, la labranza de conservación o labranza cero minimiza la perturbación física del suelo, preserva su estructura natural y disminuye la compactación, lo que se

traduce en una mayor infiltración del agua y una reducción de las pérdidas de suelo por escorrentía (Zhang et al., 2024; Zhang et al., 2021).

En conjunto, estas prácticas promueven la salud edáfica al fortalecer las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que permite sostener sistemas agroproductivos más resilientes frente a la variabilidad climática y al uso intensivo de los recursos. De esta manera, el manejo sostenible del suelo no solo asegura la estabilidad del proceso productivo a largo plazo, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas agrícolas (Aguilar et al., 2025; Ball et al., 2005; Zhang et al., 2024).

Gestión del agua en la producción agropecuaria

El agua constituye uno de los recursos naturales más determinantes y a su vez más limitantes para la producción agrícola, particularmente en regiones áridas y semiáridas, donde la disponibilidad hídrica es escasa y altamente variable. Una gestión eficiente del recurso hídrico resulta esencial para optimizar el uso del agua en los sistemas agroproductivos y para garantizar la sostenibilidad de la actividad agrícola (Velasco-Aulcy et al., 2018). Esta gestión implica no solo la adopción de tecnologías de riego adecuadas, sino también una planificación integral que considere las características del suelo, el cultivo, el clima y la disponibilidad real del recurso (Cruz Gutiérrez y Hernández Gen, 2015; García et al., 2018).

La implementación de sistemas de riego tecnificados, como el riego por goteo o microaspersión, permite una aplicación más precisa del agua en la zona radicular del cultivo, reduciendo las pérdidas por evaporación o escorrentía. Complementariamente, la programación adecuada del riego, basada en el monitoreo de la humedad del suelo, la evapotranspiración y las etapas fenológicas del cultivo, contribuye a mejorar la eficiencia en el uso del agua y a maximizar la productividad por unidad de volumen aplicado (García et al., 2018). Asimismo, la adopción de prácticas orientadas a la conservación de la humedad del suelo, como el uso de coberturas vegetales, así como la incorporación de materia orgánica y la labranza de conservación, favorecen la retención hídrica y reducen la demanda de riego (Lal, 2004; Velasco-Aulcy et al., 2018).

El uso eficiente del agua no solo impacta positivamente en los rendimientos agrícolas, sino que también disminuye los impactos ambientales asociados a la sobreexplotación de acuíferos, tales como la disminución de los niveles freáticos, la salinización de suelos y la degradación de ecosistemas asociados. En este sentido, una gestión hídrica responsable contribuye a la preservación de los recursos hídricos y al equilibrio entre la producción agrícola y la conservación ambiental (Rodríguez y Guerrero, 2007; Velasco-Aulcy et al., 2018).

En el contexto de las variaciones climáticas, la gestión del agua adquiere una relevancia estratégica debido al incremento en la variabilidad de los patrones de precipitación y a la mayor frecuencia de eventos extremos, como sequías prolongadas y lluvias intensas (Yaguas, 2017). Estas condiciones incrementan la incertidumbre productiva y exigen la adopción de enfoques adaptativos. Estrategias como la captación y almacenamiento de agua de lluvia, el uso de sistemas de riego presurizado de alta eficiencia y la mejora continua en la eficiencia de aplicación del agua, se consolidan como herramientas clave para fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a escenarios climáticos cambiantes (García et al., 2018; Velasco-Aulcy et al., 2018).

Clima y producción agrícola

El clima constituye un factor determinante en los sistemas agrícolas, ya que influye de manera directa en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos al regular los procesos fisiológicos fundamentales de las plantas. Variables climáticas como la temperatura, la radiación solar, la precipitación y la humedad relativa inciden en procesos clave como la fotosíntesis, la respiración, la transpiración, la absorción de nutrientes y la fenología de los cultivos (Cruz-González et al., 2024; Gómez, 2010). Desviaciones significativas en estas variables, ya sea por exceso o déficit, pueden generar estrés abiótico, reducir la eficiencia metabólica y limitar el potencial productivo de las plantas (Jarma Orozco et al., 2012; Rivas y Díaz, 2022).

La temperatura condiciona la velocidad de los procesos fisiológicos y define los rangos óptimos de desarrollo de cada especie cultivada, influyendo

en la duración del ciclo fenológico. Por su parte, la radiación solar representa la principal fuente de energía para la fotosíntesis y, junto con la temperatura, determina la productividad primaria del cultivo (López et al., 2022). La precipitación y la humedad relativa afectan directamente la disponibilidad y el balance hídricos del sistema, además de influir en la incidencia y severidad de plagas y enfermedades, ya que determinadas condiciones de humedad y temperatura favorecen el desarrollo de patógenos y vectores (Cruz-González et al., 2024; Rivas y Díaz, 2022).

La comprensión integral de estas variables permite al ingeniero agrónomo anticipar riesgos climáticos y diseñar estrategias de manejo más eficientes, ajustando prácticas como la selección de cultivos, el manejo del riego, la fertilización y el control fitosanitario. En este sentido, el análisis agroclimático constituye una herramienta clave para la toma de decisiones orientadas a reducir pérdidas productivas y optimizar el uso de los recursos disponibles (Colmenares y Cando, 2021; Moreno et al., 2021).

La incorporación de información agroclimática en la planificación productiva facilita la selección de cultivos y variedades mejor adaptadas a las condiciones locales; la definición óptima de fechas de siembra, y la implementación de prácticas de manejo acordes a los escenarios climáticos predominantes (López et al., 2022). Asimismo, el uso de pronósticos climáticos, registros históricos y modelos de simulación permite evaluar escenarios futuros y diseñar medidas de adaptación a la variación climática, tales como el ajuste de calendarios agrícolas, la diversificación productiva y la adopción de variedades tolerantes al estrés térmico e hídrico (Cruz-González et al., 2024; Moreno et al., 2021; Yaguas, 2017).

Este enfoque contribuye a reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos al mejorar su capacidad de anticipación y respuesta frente a la variabilidad climática, así como a fortalecer su estabilidad y resiliencia en el mediano y largo plazo. De esta manera, la gestión climática se consolida como un componente esencial para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles, eficientes y adaptados a los desafíos actuales de las variaciones climáticas (Cruz-González et al., 2024; Moreno et al., 2021).

Desarrollo y manejo de las plantas

El desarrollo de las plantas está determinado por una compleja interacción de procesos fisiológicos que regulan la captación de recursos, la acumulación de biomasa y la formación del rendimiento económico. Entre estos procesos destacan la fotosíntesis, la respiración, la absorción y la asimilación de nutrientes, así como la regulación hormonal del crecimiento y la diferenciación de órganos. La eficiencia con la que estos mecanismos operan condiciona el potencial productivo de los cultivos y su respuesta a las prácticas de manejo implementadas en el sistema productivo (Bermúdez, 2007; Margulis y Sagan, 2008).

El conocimiento de la fisiología vegetal constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones agronómicas orientadas a la optimización del uso de los recursos. En el ámbito de la nutrición mineral, permite ajustar las dosis, fuentes y momentos de aplicación de fertilizantes en función de la demanda fisiológica del cultivo y de sus etapas fenológicas, mejorando la eficiencia de absorción y reduciendo pérdidas por lixiviación o volatilización (Rodríguez et al., 2014). De manera similar, la comprensión de los mecanismos de transpiración y regulación estomática facilita un manejo más eficiente del agua al sincronizar el riego con los periodos críticos de consumo hídrico, evitando situaciones de estrés que afecten el crecimiento y el rendimiento (Melgarejo et al., 2010).

Asimismo, la densidad y el arreglo espacial de siembra influyen directamente en la interceptación de la radiación solar, así como la competencia por agua y nutrientes. Un manejo adecuado de estos factores, basado en principios fisiológicos, permite maximizar la eficiencia fotosintética del cultivo y favorecer una distribución equilibrada de la biomasa entre los órganos vegetativos y reproductivos. En cuanto al manejo fitosanitario, el enfoque fisiológico contribuye a la implementación de estrategias integradas que fortalecen la sanidad del cultivo, mejoran su tolerancia al estrés y reducen la incidencia de plagas y enfermedades, minimizando el uso indiscriminado de insumos químicos (Rodríguez et al., 2014).

El manejo adecuado de los cultivos tiene como objetivo maximizar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles, tales como agua, nutrientes,

radiación y suelo, al tiempo que se reducen las pérdidas ocasionadas por factores bióticos y abióticos, incluyendo plagas, enfermedades, malezas y condiciones ambientales adversas. Este enfoque integral no solo busca incrementar el rendimiento, sino también garantizar la calidad de los productos obtenidos, atendiendo criterios de inocuidad, valor nutricional y aceptación comercial (Bermúdez, 2007; Melgarejo et al., 2010).

En este contexto, la gestión eficiente de los cultivos requiere una integración coherente de conocimientos científicos y experiencia práctica en la que la fisiología vegetal actúa como base conceptual para interpretar la respuesta de las plantas a las condiciones ambientales y a las prácticas de manejo (Rodríguez et al., 2014). Esta integración permite diseñar sistemas productivos más eficientes, resilientes y sostenibles, capaces de responder a los desafíos actuales de la agricultura y a las crecientes demandas alimentarias.

Enfoque ecosistémico del proceso productivo

El enfoque ecosistémico en la agronomía parte del reconocimiento de que los sistemas productivos agrícolas no operan de manera aislada, sino que se encuentran integrados en ecosistemas complejos donde interactúan componentes bióticos y abióticos a distintas escalas espaciales y temporales. Desde esta perspectiva, la productividad agrícola no depende únicamente de la aplicación de insumos externos, sino del funcionamiento de procesos ecológicos fundamentales como los ciclos biogeoquímicos, el flujo de energía, la regulación biológica y las interacciones entre organismos. La comprensión de estos procesos resulta esencial para diseñar sistemas productivos más eficientes, estables y ambientalmente sostenibles (De León González et al., 2010; Flores et al., 2014; González y Alcántara, 2017).

La biodiversidad funcional constituye uno de los pilares de este enfoque, ya que se refiere al conjunto de organismos que a través de sus funciones ecológicas contribuyen al mantenimiento de los procesos clave del agroecosistema (Cadena, 2021). La diversidad de plantas cultivadas y espontáneas, microorganismos del suelo, insectos benéficos y otros organismos cumple roles fundamentales en la regulación de plagas y enfermedades, la polinización, la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de

nutrientes. Una mayor diversidad funcional tiende a incrementar la resiliencia del sistema al permitir respuestas más eficientes frente a perturbaciones ambientales como eventos climáticos extremos o brotes fitosanitarios (Cerdá et al., 2014; de León González et al., 2010).

En este contexto, los servicios ecosistémicos proporcionados por los agroecosistemas adquieren una relevancia central. Entre ellos se incluyen: servicios de provisión, como la producción de alimentos y fibras; de regulación, como el control biológico de plagas, la regulación hídrica y la captura de carbono; de soporte, como la formación y conservación del suelo; y culturales, vinculados al paisaje y al bienestar humano. La gestión agronómica orientada a potenciar estos servicios permite reducir los costos ambientales y económicos asociados a la degradación de los recursos naturales, al tiempo que fortalece la sostenibilidad del sistema productivo (Solarte, 2022).

La interacción entre organismos dentro del agroecosistema, tanto a nivel del suelo como del dosel vegetal, desempeña un papel determinante en la estabilidad productiva. Las relaciones de competencia, mutualismo, depredación y simbiosis influyen directamente en la dinámica poblacional de plagas y enemigos naturales, así como en la eficiencia del uso de los recursos (González y Alcántara, 2017). Por ejemplo, las asociaciones simbióticas entre plantas y microorganismos, como micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, mejoran la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés, reduciendo la necesidad de fertilización sintética (De León González et al., 2010).

La adopción de prácticas agronómicas que favorezcan el equilibrio ecológico se constituye como una estrategia clave dentro del enfoque ecosistémico. La diversificación de cultivos, mediante rotaciones, asociaciones y policultivos, contribuye a mejorar la estructura y fertilidad del suelo, interrumpe ciclos de plagas y enfermedades, y optimiza el uso de los recursos disponibles (Cadena, 2021). De igual manera, el manejo integrado de plagas promueve el uso racional de métodos culturales, biológicos y químicos, priorizando la prevención y el control biológico, lo que disminuye la dependencia de agroquímicos y reduce los riesgos ambientales y sanitarios (De León González et al., 2010).

En conjunto, el enfoque ecosistémico en la agronomía promueve una transición hacia sistemas más sostenibles en los que la productividad se sustenta en el aprovechamiento inteligente de los procesos ecológicos y en

la reducción progresiva de la dependencia de insumos externos. Este paradigma no solo contribuye a la conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales, sino que también fortalece la viabilidad económica y la resiliencia de los agroecosistemas frente a los desafíos actuales, como el cambio climático y la creciente demanda de alimentos (Cadena, 2021; De León González et al., 2010; González y Alcántara, 2017).

Formación del ingeniero agrónomo

El ingeniero agrónomo, al egresar de su formación universitaria, asume un papel estratégico dentro de los sistemas agroalimentarios al constituirse como el profesional capacitado para comprender, diseñar, gestionar y optimizar los procesos productivos agrícolas desde una perspectiva científica, técnica y socioambiental. Su formación integral en las ciencias agrícolas le permite intervenir de manera directa en todas las fases del proceso productivo agronómico, desde el diagnóstico y la planificación hasta la evaluación de resultados, agregando valor a lo largo de la cadena agroalimentaria y contribuyendo al desarrollo rural, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental (Cruz-Cárdenas et al., 2021; Pérez Sánchez et al., 2014; Ruggia, 2025).

El rol del ingeniero agrónomo trasciende la ejecución de labores productivas, ya que implica una función de articulador entre los recursos naturales, la tecnología, el conocimiento científico y los actores sociales involucrados en la actividad agrícola. Al comprender la complejidad de los sistemas agroproductivos donde interactúan el suelo, el agua, el clima, las plantas, la biodiversidad y la mano de obra, el agrónomo se posiciona como un agente clave en la toma de decisiones orientadas a mejorar la eficiencia productiva, reducir riesgos y minimizar impactos ambientales. En este sentido, su intervención resulta fundamental para diseñar sistemas agrícolas resilientes, rentables y adaptados a contextos cambiantes, como los derivados de la variabilidad climática y las presiones sobre los recursos naturales (López-Rodríguez et al., 2023; Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005).

Desde el punto de vista profesional, el ingeniero agrónomo debe contar con un conjunto amplio de habilidades técnicas, analíticas y socioeconómicas que le permitan responder a los desafíos actuales de la producción agrícola

(Ruggia, 2025). Entre las habilidades técnicas esenciales se encuentran el dominio del manejo del suelo, la gestión eficiente del agua, la nutrición vegetal, la fisiología de los cultivos, el manejo integrado de plagas y enfermedades, así como los procesos de cosecha y postcosecha, asegurando tanto el rendimiento como la calidad e inocuidad de los productos (Zepeda-Jazo, 2018). Estas competencias permiten al profesional optimizar el uso de los recursos naturales y tecnológicos disponibles, incrementando la productividad sin comprometer la sostenibilidad del sistema (Castellanos Yero et al., 2020; Pérez Sánchez et al., 2014).

Asimismo, el ingeniero agrónomo debe desarrollar habilidades de análisis sistémico que le permitan interpretar el proceso productivo no como una secuencia aislada de prácticas, sino como un sistema dinámico e interconectado. Esta capacidad resulta clave para evaluar las interacciones entre los distintos subsistemas del agroecosistema, anticipar riesgos productivos, climáticos o sanitarios, y proponer estrategias de manejo integrales basadas en evidencia científica y conocimiento local (Castellanos Yero et al., 2020). La incorporación de información agroclimática, tecnológica y económica en la planificación productiva constituye una competencia indispensable para la toma de decisiones informadas (López-Rodríguez et al., 2023).

De igual importancia son las habilidades sociales y de gestión, ya que el ingeniero agrónomo mantiene una relación directa con productores, técnicos, instituciones públicas, empresas privadas y comunidades rurales. La capacidad de comunicación efectiva, asesoría técnica, trabajo interdisciplinario y acompañamiento a los actores del sector productivo permite facilitar la adopción de innovaciones, fortalecer la organización productiva y mejorar la articulación con los mercados. En este contexto, el agrónomo también cumple un papel relevante en la transferencia de tecnología, la extensión agrícola y la gestión de proyectos productivos, contribuyendo al desarrollo territorial y a la mejora de las condiciones socioeconómicas del medio rural (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005).

Finalmente, en un escenario marcado por la transición hacia modelos de producción más sostenibles, el ingeniero agrónomo debe poseer una visión ética y ambiental con el enfoque ecosistémico del proceso productivo. Esto implica promover prácticas que favorezcan la biodiversidad funcional, los servicios ecosistémicos y el equilibrio ecológico, reduciendo la dependencia

de insumos externos y fortaleciendo la resiliencia de los agroecosistemas (López-Rodríguez et al., 2023; Pérez Sánchez et al., 2014). De esta manera, el profesional egresado no solo responde a las demandas productivas actuales, sino que contribuye activamente a la construcción de sistemas agroalimentarios sostenibles, capaces de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las futuras generaciones (Castellanos Yero et al., 2020).

Conclusión

El ingeniero agrónomo surge como un profesional estratégico en los sistemas agroalimentarios integrando conocimientos científicos, técnicos y socioambientales para optimizar procesos productivos desde el manejo del suelo hasta la postcosecha. Su visión sistémica y ecosistémica permite diseñar agroecosistemas resilientes, rentables y adaptados al cambio climático, contribuyendo a la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y la sostenibilidad ambiental. Domina el manejo del suelo, el agua, el clima y la fisiología vegetal, junto con un enfoque ecosistémico que optimiza recursos para maximizar rendimientos sin dañar el ambiente. Así, contribuye decisivamente a la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y la adaptación climática en regiones como Veracruz, formando profesionales éticos y competentes para desafíos globales.

Referencias

- Aguilar, M. A. E., Romero, A. G., Herrera, D. X. R., Pérez, J. J. L., y Alvear, E. I. C. (2025). Rotación de cultivos y manejo de forrajes para mejorar la fertilidad del suelo. *JARANU UTIC*, 12(1), 1213-1229.
- Albán, R. E., Arteaga, M. I., y Herrera, F. F. (2017). La agricultura urbana en Caracas: Diagnóstico de los espacios agroproductivos desde una perspectiva socioecológica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 14(80), 71-89.
- Ball, B., Bingham, I., Rees, R., Watson, C., y Litterick, A. (2005). The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions. *Canadian Journal of Soil Science*, 85(5), 557-577.
- Bermúdez, M. D. (2007). Apuntes sobre las investigaciones de fisiología vegetal en el contexto actual de la agricultura. *Agrotecnia de Cuba*, 31(1), 135-144.

- Blandón, M. M. (2022). Características agroecológicas de sistemas agroproductivos tradicionales, prácticas ancestrales y adaptación al cambio climático en la cuenca media y baja del río Atrato, Chocó, Colombia. *Revista Bioetnia*, 19(1), 53-70.
- Cadena, C. E. M. (2021). Construcción social en los huertos de agricultura urbana y la sustentabilidad en la Ciudad de México. *Sociedad y Ambiente*, (24), 1-27.
- Carey, J. (2023). Unearthing the origins of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(15), e2304407120.
- Castellanos Yero, O. M., Buchaca Machado, D., y Hernández Alegría, A. V. (2020). Contribución de la educación en ciencia, tecnología y sociedad a la formación inicial del ingeniero agrónomo. *Transformación*, 16(2), 225-240.
- Cerdá, E., Sarandón, S., y Flores, C. (2014). Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. En *El caso de La Aurora: Un ejemplo de aplicación del enfoque agroecológico*. Universidad Nacional de La Plata.
- Cohen, M. N. (2009). Introduction: Rethinking the origins of agriculture. *Current Anthropology*, 50(5), 591-595.
- Colmenares, I. E. P., y Cando, L. J. R. (2021). Ecoeficiencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro y su influencia al cambio climático en Shushufindi, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 33(1), 76-90.
- Cruz Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., Santos Villalobos, S. de la, Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F., y Ruíz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: Consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 899-913.
- Cruz González, A., Arteaga Ramírez, R., Sánchez Cohen, I., Soria Ruiz, J., y Monterroso Rivas, A. I. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1).
- Cruz Gutiérrez, F., y Hernández Gen, J. (2015). *Metodología para estimar el uso eficiente del agua en actividades agrícolas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- De León González, F., Pérez, L. B., Hernández, L. A. G., Esquivel, C. E. G., y Bonilla, J. C. (2010). La agroecología como paradigma para el diseño de la agricultura sustentable y metodologías para su evaluación. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, (12), 83-109.
- Drouet Candell, A. E., Pérez Castro, T., Cruz La Paz, O. V., Salguero Rubio, Z., Fernández Chuairey, L., y del Pozo Rodríguez, P. P. (2023). Caracterización de los sistemas agroproductivos de la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, Ecuador. *Pastos y Forrajes*, 46.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *El comercio agrícola en la región de América Latina y el Caribe: Estado, desafíos y oportunidades*. FAO.
- Flannery, K. V. (1973). The origins of agriculture. *Annual Review of Anthropology*, 2, 271-310.
- Flores, C., y Sarandón, S. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- García, D. Y., Cárdenas, J. F., y Parra, A. S. (2018). Evaluación de sistemas de labranza

- sobre propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25.
- Gómez, L. I. (2020). *Desarrollo sostenible* (1a ed.). E. E. S. L.
- Gómez, M. Á. A. (2010). *Influencia del medio ambiente en el hombre*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- González, G. C., y Alcántara, H. T. R. (2017). Agroecología y sustentabilidad: Hacia una economía verde. *Administración y Organizaciones*, 19(37), 35-54.
- Grantham, G. W., y Postel Vinay, G. (1998). Review of *Histoire des agricultures du monde*. *Revue d'Études en Agriculture et Environnement*, 48(1), 129-131.
- Jarma Orozco, A., Cardona Ayala, C., y Araméndiz Tatis, H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: Una revisión. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 15(1), 63-76.
- Labrador, J. (2008). *Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica*. SEAE.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lauvergne, J. J. (2017). Revolutionary leaps in the development of agriculture. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 134(5), 351-352.
- López Rodríguez, C. E., Urrego Tunjuelo, C. P., y Urrego Tunjuelo, A. R. (2023). Propuesta metodológica para la adopción de buenas prácticas en agricultura sostenible dirigida a productores colombianos. *Producción + Limpia*, 18(1), 90-108.
- López, C. Y. L., Esparza, L. U. C., González, M. A. L., García, J. M. O., Valencia, L. P. U., y Álvarez, C. L. (2022). Impacto del cambio climático en la agricultura del Distrito de Riego 005, Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(6), 1003-1014.
- Margulis, L., y Sagan, D. (2008). El proceso de nutrición en las plantas. En *Fundamentos de fisiología vegetal* (pp. 242-258).
- Maroni, J. R. (2004). El ingeniero agrónomo, la maquinaria agrícola y la agronomía. *Agromensaje de la Facultad*, 36, 26-30.
- Melgarejo, L. M., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D., y Moreno, L. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Departamento de Biología.
- Moreno, V. M. R., García, G. M., Padilla, G. D., Corral, J. A. R., Avalos, J. E., y Ruvalcaba, J. E. M. (2021). ¿Por qué México es un país altamente vulnerable al cambio climático? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (25), 45-57.
- Pérez Sánchez, J. M., Velasco Orozco, J. J., y Reyes Montes, L. (2014). Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México. *Perspectivas Latinoamericanas*, 11, 144-156.
- Polanco, A. C., y Beltrán, A. M. P. (2021). La sinergia de la tecnología y la agronomía en la producción agrícola moderna. *Notas de Campus*, 1-38.
- Pupo, A. R., Pupo, L. M. R., y Lorenzo, R. E. (2024). Papel formativo de las investigaciones en la ingeniería en procesos agroindustriales. *RILCO DS: Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, 6(60), 8-17.
- Qaim, M. (2016). Plant breeding and agricultural development. En *Genetically modified crops and agricultural development* (pp. 15-38). Springer.

- Quintero, J. O. M., Cruz, A. F. R., Loja, P. D. C., Ibañez, N. C. G., y Zambrano, M. K. M. (2024). Diagnóstico de los sistemas productivos agropecuarios en los predios de la asociación de productores Mujeres del Futuro de Timbiré. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(14), 200-220.
- Rivas, A. I. M., y Díaz, J. D. G. (2022). Retos de adaptación al cambio climático para la agricultura de México. En *Retos del cambio climático: Impactos, mitigación y adaptación*.
- Riveros, H., Santacoloma, P., y Tartanac, F. (2006). *Sistema agroproductivo, cadenas y competitividad*. IICA-FAO.
- Rodríguez, C. G., Losada, C. M., y Barros, S. G. (2014). El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 2-12.
- Rodríguez, N. D., y Guerrero, J. N. P. (2007). Metodología para evaluar el impacto de la maquinaria agrícola sobre los recursos naturales del medio ambiente. *Ciencias Holguín*, 13(2), 1-12.
- Rosillón, M. N. (2023). Sostenibilidad y desempeño financiero en sistemas de ganadería de doble propósito. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 62-79.
- Ruggia, O. P. (2025). Propuesta para la enseñanza de la agroecología en Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Córdoba. *Ciencia y Educación*, 6(6), 193-207.
- Solarte, E. V. R. (2022). Reflexiones sobre las prácticas campesinas y su aporte hacia una agricultura sustentable. *Mirada Antropológica*, 17(22), 161-181.
- Turrent Fernández, A., y Cortés Flores, J. I. (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 265-272.
- Uzcátegui, J. A. R., y Fernández, C. O. Á. (2023). Modelo agroproductivo en la hacienda Los Quiriquires del estado Miranda a través de indicadores de sustentabilidad. *Revista UNERG Agro Científica*, 4(2), 16-16.
- Velasco Aulcy, L., Morales Zamorano, L. A., y Ruiz Carvajal, J. S. (2018). Competitividad agrícola y uso eficiente del agua en el Valle de San Quintín, Baja California, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(2), 115-149.
- Velázquez, I. G. E., López, J. G. F., Muñoz, D. S. H., Rivera, E. E. F., y Hernández, C. A. J. (2025). Análisis de la innovación de las organizaciones agrícolas del Valle del Yaqui. *Revista Inclusiones*, 12(2), 259-283.
- Yaguas, O. J. (2017). Metodología de superficie de respuesta para la optimización de una producción agrícola. *Revista Ingeniería Industrial*, 16(2), 205-222.
- Zepeda Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 99-108.
- Zhang, W., Liang, Y., Wang, W., y Chen, F. (2024). Long-term effects of crop rotation on soil fertility and nutrient cycling: Methodology and impact analysis. *Geographical Research Bulletin*, 3, 282-285.
- Zhang, Y., Tan, C., Wang, R., Li, J., y Wang, X. (2021). Conservation tillage rotation enhanced soil structure and soil nutrients in long-term dryland agriculture. *European Journal of Agronomy*, 131, 126379.