



Módulo Producción Agrícola



Presidente de la República
Iván Duque Márquez

Ministra de Educación Nacional
María Victoria Angulo González

Viceministro de Educación Superior
Luis Fernando Pérez

Publicación del Instituto Colombiano para la
Evaluación de la Educación (Icfes)
© Icfes, 2020.
Todos los derechos de autor reservados.

Elaborado por
Fabio Rodrigo Leiva Barón

Colaboradores
Carolina Zamora Montañez
Santiago Manuel Sáenz Torres
Zandra Astrid Parra Niño (Icfes)

Edición
Juan Camilo Gómez-Barrera

Diseño de portada y diagramación
Linda Nathaly Sarmiento Olaya

Fotografía original de la portada
Flickr (FAOAmericas, 2017)

¿Cómo citar?

Icfes, (2020). Marco de referencia del
módulo Producción Agrícola. Saber Pro.
Bogotá: Dirección de Evaluación, Icfes.

Directora General
Mónica Ospina Londoño

Secretario General
Ciro González Ramírez

Directora de Evaluación
Natalia González Gómez

Director de Tecnología
Carlos Alberto Sánchez Rave

Subdirector de Diseño de Instrumentos
Luis Javier Toro Baquero

Subdirectora de Estadísticas
Jeimy Paola Aristizábal Rodríguez

Subdirectora de Análisis y Divulgación
Mara Brigitte Bravo Osorio

ISBN de la versión digital: 978-958-11-0894-7

Bogotá, D. C., diciembre de 2020



ADVERTENCIA

Todo el contenido es propiedad exclusiva y reservada del Icfes y es el resultado de investigaciones y obras protegidas por la legislación nacional e internacional. No se autoriza su reproducción, utilización ni explotación a ningún tercero. Solo se autoriza su uso para fines exclusivamente académicos. Esta información no podrá ser alterada, modificada o enmendada.

Tabla de contenido

▶ Preámbulo	5
▶ Introducción	6
▶ Antecedentes	8
1.1 Marco legal de la evaluación	8
1.1.1 Examen Saber Pro	8
1.2 Alcance de los exámenes de Estado	9
1.3 Normativa relacionada con el módulo	10
1.4 Pruebas internacionales relacionadas con el módulo	11
1.5 Historia del módulo	16
1.6 Referentes teóricos del módulo	18
1.6.1 Sistemas, visión sistemática, complejidad y agroecosistemas	19
1.6.2 Finalidad de los sistemas agrícolas	20
1.6.3 Análisis de la finca o predio agrícola como sistema ..	22
1.6.4 Implicaciones en la formación profesional en Agronomía	26
▶ Diseño de la prueba	30
2.1 Objeto de evaluación del módulo	30
2.1.1 Metodología de evaluación	30
2.1.2 Competencias y afirmaciones evaluadas	32
2.2 Especificaciones de la prueba	37
2.3 Características del módulo	39
2.3.1 Temas que cubre el módulo	39
2.3.2 De qué se trata y de qué no se trata la prueba	40
2.3.3 Tipo de preguntas utilizadas en la prueba	45
2.3.4 Distribución de los ítems en la prueba	45
2.3.5 Limitaciones de la prueba	46
▶ Referencias	52

Lista de ilustraciones y tablas

▶ Ilustración 1. <i>Modelo de agroecosistema con cultivos</i>	23
Ilustración 2. <i>Jerarquía de sistemas agrícolas en un territorio rural</i>	25
Ilustración 3. <i>Pasos de la metodología del diseño centrado en evidencias</i>	31
Ilustración 4. <i>Esquema del objeto de evaluación del módulo</i>	33
Ilustración 5. <i>Desagregado de las afirmaciones a partir del objeto de evaluación</i>	33
▶ Tabla 1. <i>Estructura del EGEL-AGRO por áreas y subáreas</i>	14
Tabla 2. <i>Afirmaciones y evidencias del módulo</i>	37
Tabla 3. <i>Alcances de la prueba Saber Pro- Módulo Producción Agrícola</i>	40
Tabla 4. <i>Distribución de ítems por afirmación</i>	45

Preámbulo

Este marco de referencia del módulo Producción agrícola del examen Saber Pro fue elaborado por el profesor Fabio Rodrigo Leiva Barón con la intención de satisfacer las inquietudes en torno a esta evaluación. Su construcción se llevó a cabo con base en dos versiones previas, una en 2012 y otra en 2017. Esta última revisión se ajusta a los lineamientos para la elaboración y revisión de marcos de referencias y busca actualizar la información correspondiente a las tendencias nacionales e internacionales en el área de la Agronomía. Este marco fue validado por la profesora Carolina Zamora Montañez y el profesor Santiago Manuel Sáenz Torres, quienes, desde miradas externas, brindaron una mayor confiabilidad y calidad académica al documento.

Introducción

En el presente marco de referencia, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) presenta el objetivo de evaluación, la estructura y el contenido del módulo Producción Agrícola, que pertenece al Examen de Estado para la Evaluación de la Educación Superior, Saber Pro. El objetivo de este documento es responder a las preguntas: ¿por qué evaluar? ¿a quién evaluar? ¿qué competencias se evalúan en el módulo Producción Agrícola? y ¿cómo se evalúan?

Las pruebas Saber Pro se enmarcan en el sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior (SACES) de Colombia y sus resultados se constituyen en un punto de referencia en los procesos de obtención y de renovación del registro calificado y de la acreditación de calidad de programas de pregrado, dos importantes instrumentos de evaluación educativa en Colombia (Decreto 1330 de 2010 del Ministerio de Educación Nacional; Ley 30 de 1992). El Icfes realiza la evaluación externa de la calidad de la educación y aporta en la construcción de indicadores para la evaluación de la calidad de programas e instituciones. En este sentido, el módulo de Producción Agrícola se dirige principalmente a evaluar competencias y obtener indicadores de la calidad educativa de los programas académicos profesionales en Agronomía e Ingeniería agronómica. Por tanto, este módulo está dirigido a las siguientes áreas de conocimiento:

Área de conocimiento	Núcleo Básico del Conocimiento (NBC)
Agronomía, Veterinaria y afines	Agronomía
Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines	Ingeniería agronómica, pecuaria y afines

El módulo de Producción Agrícola está dirigido únicamente a estudiantes que hayan aprobado por lo menos el 75 % de los créditos académicos del programa profesional universitario que cursan, que presenten el examen por primera vez y que sean inscritos directamente por su institución de educación superior al módulo. Cada institución tiene la posibilidad de seleccionar una de las combinatorias de módulos específicos ofertadas por el Icfes, según lo considere pertinente para cada uno de sus programas.

Este marco de referencia sirve de orientación para que los docentes, los directivos de las instituciones de educación superior, los estudiantes y demás interesados puedan acceder a la información básica sobre las especificaciones del examen Saber Pro del módulo de Producción Agrícola. Este marco de referencia está organizado en dos secciones: antecedentes y diseño de la prueba. En la primera, se cubren aspectos del marco legal, alcance de los exámenes de Estado Saber Pro, la normativa relacionada, el contexto internacional, la historia de la prueba y los referentes teóricos de esta. En la segunda sección se detallan la definición del objeto de evaluación, las especificaciones de la prueba y sus características.

En esta sección se exponen el marco legal, el alcance de los exámenes de Estado Saber Pro del módulo de Producción Agrícola, la normativa relacionada, el contexto internacional, aspectos históricos y los referentes teóricos del módulo.

1.1 Marco legal de la evaluación

Los exámenes de Estado que realiza el Icfes están sustentados en la Ley 1324 de 2009, la cual establece que el objeto del Icfes es “ofrecer el servicio de evaluación de la educación en todos sus niveles y adelantar investigación sobre los factores que inciden en la calidad educativa, con la finalidad de ofrecer información para mejorar la calidad de la educación” (artículo 12.º). Para estos efectos, en esta ley se le asigna al Icfes la función de desarrollar la fundamentación teórica de los instrumentos de evaluación, así como las de diseñar, elaborar y aplicar estos instrumentos, de acuerdo con las orientaciones que defina el Ministerio de Educación Nacional (MEN) (*ibid.*, numeral 2).

En este marco legal, el Icfes diseña, desarrolla, aplica, califica y entrega resultados de tres exámenes de Estado: Saber 11.º, Saber TyT y Saber Pro. Adicionalmente, realiza un examen nacional por encargo del MEN para las pruebas de la educación básica, Saber 3.º, 5.º y 9.º. Cada una de estas evaluaciones tiene su respaldo en distintas leyes, decretos y normativas. A continuación, se describen brevemente las normas asociadas con el módulo que es objeto de este marco, a partir de lo dispuesto en la Ley 1324 de 2009.

1.1.1 Examen Saber Pro

La Ley 1324 de 2009 establece el Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro, como un instrumento estandarizado para la evaluación externa de la calidad de la educación superior (artículo 7º). También conforma, junto con otros procesos y acciones, el Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación, de manera que es otro de los instrumentos de los que el Gobierno nacional “dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo y ejercer su

inspección y vigilancia” (Decreto 3963, 2009, artículo 1°). Según lo reglamentado en el anterior decreto, el diseño definitivo de los nuevos exámenes Saber Pro tendrá una vigencia de, por lo menos, doce años (artículo 3°). Una vez sea adoptado de manera definitiva cada módulo de los exámenes será posible iniciar la generación de resultados comparables.

1.2 Alcance de los exámenes de Estado

Vale la pena señalar qué instancias participan en los procesos de evaluación de la educación y de qué manera lo hacen. Por un lado, las funciones que le competen al Icfes, al MEN y a otras entidades en la evaluación de la educación básica, media y superior se delimitan de la siguiente manera: el MEN define las políticas, los propósitos y los usos de las evaluaciones, al igual que los referentes de lo que se quiere evaluar, en consulta con los grupos de interés; también hace seguimiento a estrategias y planes de mejoramiento. Así, a partir de los criterios definidos por el MEN, el Icfes diseña, construye y aplica las evaluaciones; analiza y divulga los resultados, e identifica aspectos críticos. En forma complementaria al desarrollo de estas funciones, otras entidades —como las secretarías de educación, los establecimientos educativos y las instituciones de educación superior— formulan, implementan y coordinan planes de mejoramiento.

Por otro lado, se cuenta con asesoría académica y técnica como parte fundamental de las labores propias del desarrollo de las evaluaciones a cargo del Icfes. Teniendo en cuenta que los lineamientos para el diseño de los nuevos exámenes se definieron de acuerdo con la política de formación por competencias del MEN, estas evaluaciones se desarrollaron en todas sus etapas (diseño, construcción de instrumentos, validación, calificación) con la participación permanente de profesionales especialistas de las comunidades académicas y de las redes y asociaciones de facultades y programas, tanto en lo que se refiere a la educación básica y media como a la superior. Además, desde 2014 se ha contado con la puesta en funcionamiento de los Comités Técnicos de Área, que son una instancia consultiva de la Dirección de Evaluación para monitorear y hacer seguimiento a las evaluaciones que realiza el Icfes. Esta instancia está conformada por consultores de alto nivel en las distintas áreas evaluadas en los exámenes Saber.

1.3 Normativa relacionada con el módulo

Mediante la Resolución número 3458 de 2003, “Por la cual se definen las características específicas de calidad para la oferta y desarrollo de los programas de formación profesional en Agronomía, Veterinaria y afines”, el MEN establece que los programas de formación en estas áreas deben buscar que los egresados adquieran competencias cognitivas, comunicativas y socioafectivas necesarias para lograr una comprensión e intervención sobre las condiciones de salud pública, de salud de los animales o las plantas, la producción agropecuaria, la transformación y la distribución de los productos de origen animal o vegetal, la asistencia técnica y la atención al medio rural. En consecuencia, los programas académicos universitarios deben contemplar los dominios fundamentales del saber en los ámbitos disciplinario y profesional que identifican la formación. Además, en dicha Resolución se determina que la Agronomía es una denominación académica básica, cuyo campo es el desarrollo de alternativas sostenibles de producción agraria. En aspectos curriculares, se indica, los programas profesionales de pregrado en esta área propenderán por la formación de un pensamiento crítico y analítico para la interpretación amplia de su campo de conocimiento, así como las implicaciones sociales, políticas y económicas de su profesión. Además, se subraya la importancia de que los programas reconozcan los aportes de profesionales de otros campos conocedores de las problemáticas propias del sector agropecuario en la resolución de problemas del medio rural y de las comunidades o personas que puedan verse afectadas. Igualmente, se resalta la conciencia del cuidado del patrimonio natural ambiental y cultural del país, así como la capacidad para desempeñarse profesionalmente en campos de trabajo propios de su profesión que exijan competencias académicas y de adaptación a situaciones nuevas que puedan demandar la adquisición, apropiación y adaptación de información y tecnologías actualizadas, la asistencia técnica¹ y la atención al medio rural.

1 El término “asistencia técnica” es usado en la Resolución 3458 de 2003. De otro lado, en la Ley 1876 de 2017, “Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones” (SNIA), se consideran la prestación de servicios de asistencia técnica agropecuaria y de extensión agropecuaria. Más adelante, en este marco de referencia, se presenta la definición de extensión agropecuaria dada en esa ley.

En el área de Agronomía se deben tener en cuenta al menos las siguientes áreas básicas: i) área de fundamentación básica: se exige formación teórica y práctica en laboratorios en biología, química, bioquímica, biofísica, matemáticas, ecología, topografía, botánica y manejo ambiental; ii) área de formación socio humanística: en saberes y prácticas que complementen la formación integral en valores éticos, antropológicos, sociales y ambientales, y iii) área de formación profesional específica: se exige la formación teórica y práctica en agua, suelos, mecanización, sanidad vegetal y fitotecnia (Resolución 3458 de 2003).

1.4 Pruebas internacionales relacionadas con el módulo

Existen diferentes iniciativas para mejorar la calidad educativa y armonizar los programas curriculares en el área de Agronomía en el mundo. En Europa, a finales del siglo XX, se suscribió la Declaración de Bolonia (1999), un acuerdo firmado por los ministros de Educación de diversos países europeos para adaptar los estudios universitarios a los requerimientos sociales. En esta declaración se adaptaron los programas universitarios a un aprendizaje basado en los estudiantes y se adoptó un sistema común de créditos como medio para promover la movilidad de estudiantes. Luego de esta declaración, se inició el proyecto Tuning, cuyo lema era "Armonización de las estructuras y programas educativos respetando su diversidad y autonomía". Este proyecto tuvo una metodología para facilitar la comprensión de los planes de estudio y su comparación. Para la discusión de las áreas de conocimiento, en esta declaración se definieron cinco líneas de acercamiento (Tuning, 2006):

- a). Competencias genéricas (académicas de carácter general).
- b). Competencias específicas de cada área.
- c). La función de ECTS (Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos) como un sistema de acumulación de créditos.
- d). Enfoques de aprendizaje, enseñanza y evaluación.
- e). La función de la promoción de la calidad del proceso educativo.

Siguiendo los lineamientos del europeo, el proyecto Tuning América Latina se inició en 2004 y contó con la participación de 19 países y 190 universidades. Dado que en América Latina no se cuenta con una unión de países como en Europa, los dos proyectos difieren en términos políticos, lo cual genera que los avances dependan de los Gobiernos nacionales y de las respectivas universidades (Tuning, 2007).

El área de Agronomía inició su participación en el Proyecto Tuning América Latina con 11 universidades de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Guatemala, Honduras, México, Perú, Paraguay y Uruguay. En una primera aproximación se caracterizaron las carreras de Agronomía de las universidades involucradas en el proyecto. En ese diagnóstico se determinó una serie de características comunes: se trataba principalmente de universidades públicas, era una formación de ingenieros agrónomos, se contaba con flexibilidad curricular, 16 semanas por semestre, exigencia de idioma extranjero, plan de estudios con formación en ciencias básicas, ciencias humanas, disciplinares y profesionalizantes teóricas y prácticas e ingreso a la carrera docente por concurso. Pero también se encontraron diferencias en escalas de evaluación, en la forma de expresar la carga académica en cada curso (créditos, unidades valorativas, horas), en el perfil de formación, en el sistema de ingreso al programa, en la exigencia de práctica preprofesional y de extensión o de servicio social dentro del plan de estudios, en el pago de matrícula y el sistema de becas.

En el proyecto Tuning América Latina, con respecto al perfil (o meta-perfil) del ingeniero agrónomo, se planteó que: “El campo de trabajo de los egresados del Área de Agronomía es el sector productivo agrícola, de recursos naturales y ambiente, así como en el sector académico y para ello es importante que el egresado demuestre capacidades en conocimiento, habilidades y destrezas, así como actitudes y valores en el desempeño de su profesión” (Tuning, 2013, p. 31). Igualmente, en ese documento se plantearon competencias genéricas y específicas.

Aparte del proyecto Tuning, en Latinoamérica también se cuenta con diferentes pruebas de evaluación, de carácter similar a la prueba Saber Pro. Los países que se van a mencionar son México, Brasil y Ecuador. En México se tiene el Examen General para el Egreso de Licenciatura² (EGEL-AGRO), una prueba de cobertura nacional que

2 Los egresados de las carreras profesionales universitarias en México tienen nivel de licenciatura y se les otorga un título como licenciados, ingenieros o la profesión estudiada según criterio de cada universidad.

evalúa el nivel de conocimientos y habilidades académicas necesarios para iniciarse en el ejercicio profesional de los recién egresados de la licenciatura. La prueba está a cargo del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (Ceneval). Mediante estas pruebas, se identifican los conocimientos y habilidades necesarios para realizar tareas específicas relacionadas con cada actividad profesional, mediante preguntas (reactivos) validadas técnicamente por especialistas del Comité Académico de Ceneval³.

El EGEL en Ciencias Agrícolas (EGEL-AGRO) cubre cuatro áreas que corresponden a los ámbitos profesionales en los que se organiza la labor del licenciado en Ciencias Agrícolas: el diagnóstico y diseño de programas para la producción de alimentos y materias primas; la producción de alimentos y materias primas; la sanidad e inocuidad agropecuaria, y la administración para el desarrollo rural. Esas áreas tienen diez subáreas que comprenden las principales actividades profesionales de cada uno de sus ámbitos (ver tabla 1). Esa estructura fue aprobada por el Consejo técnico de EGEL-AGRO el 21 de junio de 2013.

3 Para más información, puede consultarse: <https://www.ceneval.edu.mx/examenes-generales-de-egreso>

Tabla 1. Estructura del EGEL-AGRO por áreas y subáreas

Área/Subárea	Número de reactivos	% en el examen
A. Diagnóstico y diseño de programas para la producción de alimentos y materias primas	53	32.3 %
1. Investigación.	29	17.7
2. Diagnóstico.	16	9.8
3. Diseño de sistema de riego y drenaje.	4	2.4
4. Infraestructura en unidades productivas.	4	2.4
B. Producción de alimentos y materias primas	47	28.7
1. Uso y manejo racional de suelos y agua.	18	11.0
2. Manejo para producción agropecuaria.	29	17.7
C. Saniedad e inocuidad agropecuaria	30	18.3
1. Diagnóstico y manejo integral sanitario en el área agropecuaria.	18	11.0
2. Control sanitario e inocuidad agropecuaria.	12	7.3
D. Administración para el desarrollo rural	34	20.7
1. Formulación y evaluación de proyectos.	25	15.2
2. Desarrollo rural y consultoría.	9	5.5
Total	164	100.0

* Adicionalmente se incluye 26 % de reactivos piloto.

Fuente: Tomado y adaptado de Ceneval (sf)

Por su parte, Brasil cuenta con el Examen Nacional de Desempeño del Estudiante (Enade), prueba obligatoria que evalúa el desempeño académico en pregrado. De acuerdo con la ley brasilera, los estudiantes que ingresan y egresan de las carreras evaluadas deben estar inscritos en el examen, pero solo los graduados deben realizar el examen y completar el cuestionario. Este examen es administrado por el Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas “Anísio Teixeira”-INEP, una agencia especial del Ministerio de la Educación, responsable por los sistemas de evaluación educativa en educación básica y superior, así como por las estadísticas de la educación que contribuyen para la formulación, implantación y monitoreo de las políticas educativas de los gobiernos federal, estaduais y municipales. Estas evaluaciones se enmarcan en los esfuerzos del Gobierno federal de Brasil por incrementar los estándares educativos de manera participativa y competitiva⁴.

En Ecuador la acreditación es obligatoria para todas las instituciones y todas las carreras. El organismo encargado de esto es el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES). Para el proceso de acreditación de carreras hay dos etapas: i) la evaluación del entorno de aprendizaje, que evalúa las condiciones académicas y físicas en las que se desarrolla la carrera, y ii) el Examen Nacional de Evaluación de Carreras (ENEC) a los estudiantes que cursan el último año académico. El ENEC evalúa competencias generales y específicas. Inicialmente, se han evaluado las denominadas “carreras de interés público”, por lo que se aplica únicamente para las carreras de ciencias de la salud y derecho.

4 Para conocer más acerca de esta prueba, puede consultar: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/acerca-de-inep>

1.5 Historia del módulo

El antecedente de las pruebas Saber Pro en Colombia es el ECAES (Examen de calidad de la educación superior), el cual se remonta a 1966, cuando en el Plan Nacional para la Educación Superior en Colombia se recomendó la realización de exámenes para estudiantes de pregrado. Esta prueba tenía el objetivo de solucionar problemas relacionados con la acreditación académica de las facultades, la movilidad de estudiantes y la selección de candidatos para estudios de postgrado o para cargos profesionales. En las décadas de los ochenta y noventa del siglo XX, junto a otras instituciones estatales, asociaciones de facultades y universidades se desarrollaron proyectos encaminados a elaborar exámenes para evaluar egresados. En el marco del Plan de Gobierno de 1990-1994, el Icfes definió las estructuras de los exámenes de Derecho y Medicina, y sentó las bases para efectuar convenios con universidades y asociaciones de profesionales interesadas en participar en la elaboración de los ECAES.

En 1995, la Misión Nacional para la Modernización de la Universidad Pública propuso, dentro del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), establecer la obligatoriedad de los ECAES para los egresados de pregrado, pero sin que estos tuviesen implicaciones legales sobre los derechos de las universidades. Así, en 1998 se inició un ambicioso proyecto para asumir la evaluación de profesionales de ingeniería.

El Plan Estratégico de Educación 2000-2002 consideró a los ECAES como uno de los programas orientados al mejoramiento de la calidad y la transparencia en la educación superior. Los primeros ECAES reglamentados fueron los de las carreras de Medicina, Ingeniería Mecánica y Derecho, mediante los Decretos 1716, 2233 de 2001 y 1373 de 2002, respectivamente. Atendiendo a esa reglamentación, en el segundo semestre de 2002, después de un trabajo continuo con asociaciones de facultades y universidades del país, se aplicaron las pruebas, cuyos resultados sirvieron de base para identificar fortalezas y debilidades en esos programas.

A partir del Decreto 1781 de 2003, se estableció que los ECAES eran pruebas académicas de carácter oficial y obligatorias para evaluar la calidad del servicio público educativo, se abrieron convocatorias para que las diferentes universidades

públicas y privadas, asociaciones de facultades, de profesionales y otras organizaciones académicas, elaboraran propuestas para diseñar y construir los exámenes. Como resultado, en el 2006 ya se contaba con 55 pruebas que evaluaban igual número de programas. Así, la prueba de Ingeniería Agronómica y Agronomía se aplicó por primera vez en 2003. Para su elaboración, se contó con el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia, y por ello, este examen se efectuó con base en la estructura del currículo de esa universidad, donde se evaluaron los conocimientos, habilidades y competencias en las áreas básica profesional y profesional específica de este programa.

Con la expedición de la Ley 1324 de 2009, se estableció una nueva normatividad para la organización y funcionamiento del sistema de evaluación de calidad de la educación. Con base en esta ley, en 2011 se inició el proceso de elaboración de la prueba Examen de Estado de calidad de la educación superior Saber Pro para ciencias agropecuarias (Asfamevez, ICFES, 2011). Este proceso fue liderado en un principio por la Asociación Colombiana de Facultades de Medicina Veterinaria y de Zootecnia (Asfamevez) y, luego, la parte agrícola la desarrolló la Asociación Colombiana de facultades con programas de ingeniería agronómica y Agronomía (ACOFIA). En este proceso se contó con la participación de un nutrido grupo de instituciones de educación superior con programas adscritos a las áreas de Agronomía, Veterinaria y afines, con los cuales se ha trabajado a lo largo de cerca de diez años.

La primera propuesta de estructura de Saber Pro para los programas adscritos al área agropecuaria se elaboró en 2011. Con base en esto, se convocó a las universidades que ofertaban dichos programas académicos y se conformó un grupo de trabajo que revisó las tendencias del sector. Así, se acopiaron los aportes generales resultantes de varios talleres, además de las contribuciones del trabajo interno del equipo de docentes de algunas universidades del país con programas en el área. A raíz de esas actividades, se produjo un documento de trabajo, que fue dado a conocer a la comunidad académica del sector agropecuario del país en cinco reuniones regionales de socialización (centro, norte, nororiente, occidente y antioqueña), de las cuales surgieron mejoramientos significativos a la propuesta inicial. Luego de la socialización, inició la fase de definición de módulos específicos para el área agropecuaria. Este proceso tardó dos años y contó con la participación de un equipo

de docentes conformado por los profesores Sara María Márquez Girón y Fabio Rodrigo Leiva, así como los aportes de la comunidad académica nacional y las recomendaciones de los profesionales del Icfes.

Como resultado de ese proceso de revisión y ajuste, se pudieron reconocer propósitos colectivos y puntos en común entre los programas académicos que pertenecen al área de Agronomía, Veterinaria y afines. Igualmente, se identificaron competencias comunes y se formularon tres módulos: Producción Pecuaria, Producción Agrícola, y Salud y Bienestar Animal. Para cada uno de estos se elaboraron los respectivos marcos de referencia, con las especificaciones de la prueba bajo una visión integradora del sector agropecuario y del medio rural.

El primer marco de referencia del módulo Producción Agrícola fue publicado en 2012 y revisado en el 2017 con las nuevas realidades del sector agropecuario y el medio rural, así como de las nuevas tendencias en evaluación. El presente marco de referencia corresponde a la última revisión y actualización realizada en septiembre-diciembre del año 2020, por el profesor Fabio Rodrigo Leiva. Esta última revisión se realizó para ajustar el módulo a los nuevos Lineamientos para la elaboración y revisión de marcos de referencias de la Subdirección de Diseño de Instrumentos Dirección de Evaluación del Icfes (ICFES, 2018) y con el fin de hacer precisiones y actualizar la información correspondiente a tendencias nacionales e internacionales en el área de Agronomía.

1.6 Referentes teóricos del módulo

El módulo de Producción Agrícola busca comprobar las competencias de los estudiantes de acuerdo con la política de formación del MEN enmarcada en el Sistema de Aseguramiento de la Calidad en la Educación Superior–SACES. Así, los contenidos de esta prueba corresponden a los conocimientos y a las competencias que debe demostrar un profesional para desempeñarse en la producción agrícola dentro de una concepción amplia del desarrollo rural. A continuación, se presentan aspectos conceptuales claves para la producción agrícola y el desarrollo rural, con enfoque de sostenibilidad, referido a sistemas, visión sistémica, complejidad y agroecosistemas, la finalidad de los sistemas agrícolas, el análisis de la finca o predio agrícola como sistema y las implicaciones en la formación profesional en el área de la agronomía.

1.6.1 Sistemas, visión sistemática, complejidad y agroecosistemas

Un sistema es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o una colección de objetos unidos o relacionados de tal modo que forman o actúan como una unidad, una entidad o un todo (Becht, 1974). En esta definición, el término *arreglo* refiere a la estructura del sistema, mientras que el término *actúan*, a la función de este. Así, Hart (1985, p. 10) define un sistema “como un arreglo que funciona como una unidad”.

La visión sistémica (teoría general de los sistemas) es una aproximación científica para conocer, explicar e intervenir sistemas complejos, como lo es, por ejemplo, un territorio rural, con diferentes actores, actividades, interacciones y procesos en un espacio geográfico determinado. Según Von Bertalanffy (1980), los seres vivos deben considerarse como sistemas abiertos en los cuales fluye masa y energía; además, subraya que para la adecuada comprensión de cualquier sistema se requiere analizar los elementos y sus interrelaciones puesto que “el todo es mayor que la suma de las partes” (p. 17). Para Becht (1974), la teoría general de sistemas es un enfoque holístico que promueve la integración de diferentes disciplinas y se opone a la excesiva especialización que intenta explicar la realidad a partir de los elementos tomados aisladamente (independientes entre sí), lo que usualmente conduce a la pérdida de información esencial de esa realidad que se intenta comprender.

A partir de la década de 1960 se comenzó a utilizar el discurso de lo complejo, como lo conjuntamente entrelazado (*complexus*) que busca la comprensión de una realidad que nos desborda. La complejidad se deriva de la teoría general de sistemas, de la cibernética y de la teoría de la información, y plantea la necesidad de vincular lo que es considerado como separado y al mismo tiempo distinguir, vincular y afrontar lo incierto (Morín, 1994). Así, el pensamiento complejo avanza en la visión sistémica y en la necesidad de la interdisciplinariedad. Este enfoque se viene promoviendo para el abordaje de la complejidad de los sistemas agrícolas, que incluyen objetivos económicos, socioculturales, ecológicos y temporales (Sarandón, Flores, 2014). Un ecosistema se entiende como:

cualquier unidad que incluya a todos los organismos (la comunidad biótica) de un área dada que interacciona con su ambiente físico de manera que un flujo de energía conduce a estructuras bióticas definidas con claridad y reciclados de materiales entre componentes vivos y sin vida (Odum, Barrett, 2006, p. 17).

Por su parte, un agroecosistema “es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población de utilidad agrícola”, (Hart, 1985, p. 67), su desempeño está regulado por el ser humano, es decir, que existe un propósito antrópico e incluye “los suelos, los cultivos, las malezas, las plagas y las enfermedades” (Hart, 1985, p. 5). El agroecosistema es un sistema complejo donde interactúan procesos agrícolas, sociales, económicos y ecológicos (Conway, 1986) en un contexto político determinado.

1.6.2 Finalidad de los sistemas agrícolas

La producción agrícola debe proveer alimentos a la población mundial que aumenta en número y, suministrar fibras, ornamentales y otras materias primas de origen vegetal. Dado que es un componente esencial del sistema agroalimentario, se requiere una producción de alimentos nutritivos e inocuos a precios razonables, y reducir las pérdidas de alimentos que ocurren desde la granja hasta la etapa de la venta al por menor, que según FAO (2019) alcanzaron el 13,8 % de la totalidad de los alimentos producidos en 2016. Para Sarandón *et al.* (2006), la agricultura debe mantener “en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan” (p. 21).

La producción agrícola cumple un papel central en la reducción y eliminación del hambre, la malnutrición y la pobreza extrema, que ocurren sobre todo en zonas rurales. Actividades como el cultivo, la producción, el consumo, el intercambio, el transporte, el almacenamiento y la comercialización de los alimentos son conexiones claves entre las personas y el planeta y, por consiguiente, son fundamentales para el desarrollo económico inclusivo y sostenible. De hecho, en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas y suscritos por Colombia, un

número significativo de metas se relacionan directa o indirectamente con la agricultura y la alimentación. En particular, se relacionan el ODS 2, “Poner fin al hambre, lograr seguridad alimentaria y mejora de nutrición y promover agricultura sostenible”, el ODS 1 “Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo”, el ODS 3 “Garantizar vida sana y promover bienestar de todos a todas las edades”, el ODS 6 “Garantizar disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento para todos”, el ODS 12 “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”, el ODS 13 “Adoptar medidas urgentes para combatir cambio climático y sus efectos” y el ODS 15 “Proteger, restablecer y promover uso sostenible de ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente bosques, luchar contra desertificación, detener e invertir la degradación de tierras y detener pérdida de biodiversidad” (FAO, 2015).

Debido a los procesos de degradación ambiental, los retos ya planteados para la producción agrícola deben obtenerse con menos agua, tierras de cultivo y biodiversidad, en un contexto de cambio climático con impactos serios en el régimen e intensidad de las lluvias y en las temperaturas global y local, elementos que están modificando aspectos cruciales de la vida en el planeta (OCDE, FAO, 2018). Estos rasgos implican transformar los sistemas productivos actuales, que usan una elevada cantidad de insumos, mediante una mejor gestión y mejores técnicas agrícolas, que aporten a la conservación ambiental, incluyendo suelos, aguas y biodiversidad. El reto es avanzar hacia sistemas productivos sostenibles, con un mínimo riesgo de degradación ambiental, que sean viables económicamente y aceptables socioculturalmente (Leiva, 1998).

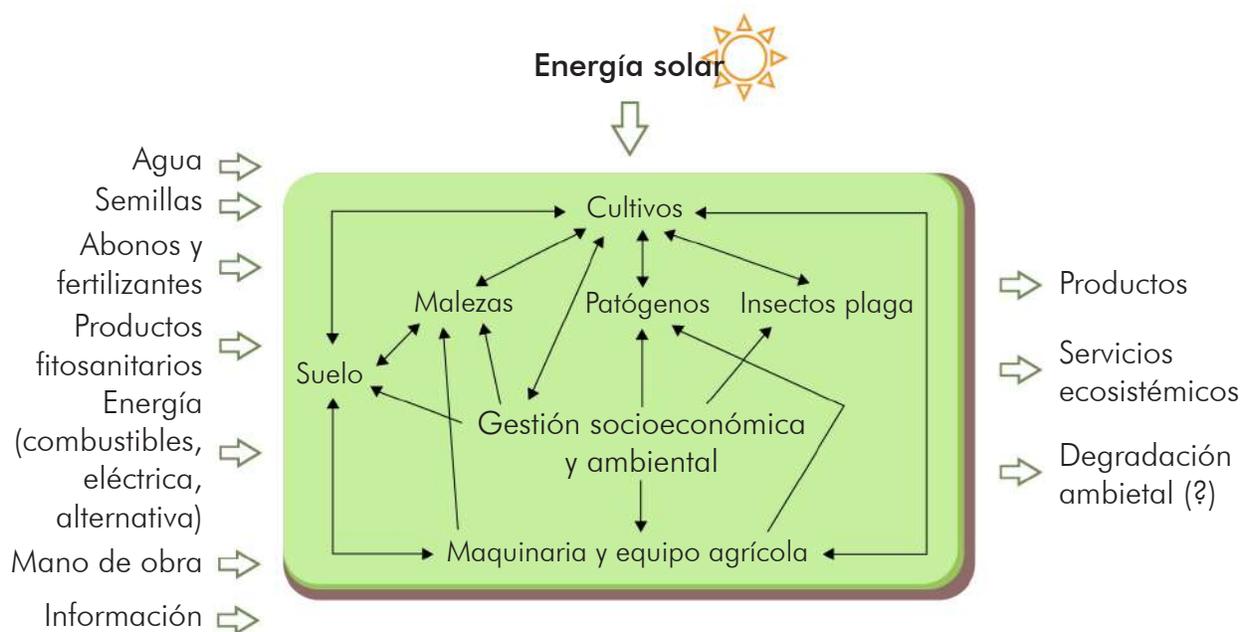
Gliessman (2002) plantea que, para avanzar hacia una agricultura sostenible, se requiere adoptar prácticas agroecológicas, cuya esencia es la aplicación de conceptos y principios ecológicos en el diseño y manejo de sistemas de producción. Estas bases están orientadas a tener mínimo impacto ambiental negativo; a conservar y reconstruir la fertilidad del suelo, prevenir la erosión y mantener la salud del suelo; a usar el agua en forma tal que permita la recarga de los acuíferos y su uso por parte de la población humana y otros elementos del ecosistema; a usar los recursos dentro del agroecosistema, incluyendo las comunidades cercanas, reemplazando los insumos externos con un mejor ciclo de nutrientes, adecuada conservación y amplio conocimiento ecológico; a valorar y conservar la biodiversidad, y a garantizar la equidad en el acceso a las prácticas agrícolas apropiadas, al conocimiento y a la tecnología, así como permitir el control local de los recursos agrícolas.

Cuando se garantiza la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad (diversidad de especies y genética) se pueden obtener servicios indispensables para la supervivencia de la vida humana en el planeta (MADS, 2012). Estos son los denominados servicios ecosistémicos, los cuales están clasificados en cuatro grupos: (1) servicios de provisión o abastecimiento (p. ej. agua, alimento o madera); (2) servicios de regulación (p. ej. hidrológica, climática y, calidad de aire y agua); (3) servicios culturales (p. ej. educación ambiental, investigación, recreación); y (4) servicios de soporte (p. ej. fotosíntesis, formación de suelo y, ciclos biogeoquímicos) (MEA, 2003). Esto muestra que los sistemas agrícolas, particularmente aquellos con alta biodiversidad, pueden prestar servicios fundamentales para la vida humana. La producción agropecuaria es la principal actividad del medio rural y, por consiguiente, los avances hacia una producción más sostenible en las dimensiones ambiental, sociocultural y económica tienen efectos positivos en el desarrollo rural y en la calidad de vida de las comunidades que allí habitan (DNP, 2015).

1.6.3 Análisis de la finca o predio agrícola como sistema

Un profesional del área de agronomía debe ser competente para identificar, caracterizar y analizar una finca o predio de manera integral, así como abordar su complejidad con el fin de plantear alternativas para su mejora. Esto se consigue mediante una visión sistémica (ver ilustración 1).

Ilustración 1. Modelo de agroecosistema con cultivos



Fuente: Propia

Un modelo de agroecosistema con cultivos tiene límites, entradas y salidas, componentes e interacciones entre estos. Los límites comúnmente son geográficos y su correcta definición permite establecer qué está afuera (entradas y salidas) y qué está adentro (componentes) del sistema. En la ilustración 1, los límites corresponden a los linderos de la finca. Igualmente, allí, las entradas (vienen de afuera de la finca) son: energía solar, agua, semillas, abonos y fertilizantes, productos fitosanitarios (herbicidas, fungicidas, plaguicidas de síntesis o biológicos), energía (combustibles fósiles, energía eléctrica o energías alternativas), mano de obra contratada⁵ e información. Como salidas se cuenta con productos de origen vegetal (alimentos,

⁵ Es necesario aclarar que, cuando se trata de mano de obra familiar, corresponde a un componente del sistema y no a una entrada. En algunos casos se puede contar con mano de obra contratada (entrada) y mano de obra familiar (componente del sistema).

materias primas u ornamentales), servicios ambientales (servicios ecosistémicos) y probables procesos de degradación ambiental, incluyendo daño al suelo, contaminación de aguas, contaminación atmosférica (gases de efecto invernadero), contaminación del aire (plaguicidas, particulados) y daños en biodiversidad (fauna y flora).

La relación entre las entradas y las salidas indica el funcionamiento del sistema. A partir de estos dos elementos se puede determinar la eficiencia productiva en términos de producción (¿cuánto se produce a partir de las entradas?) y el potencial de daño (degradación ambiental) o de mejora ambiental (servicios ecosistémicos). Dentro del sistema (al interior de los límites) se cuentan componentes como los cultivos⁶, el suelo, los aspectos sanitarios del cultivo (malezas, patógenos e insectos plaga), las máquinas y el equipo agrícola propios, la gestión socioeconómica y ambiental de la finca, así como las interacciones que allí ocurren. Los componentes y sus interacciones corresponden a la estructura del sistema. La gestión y el manejo general del sistema es fundamental para garantizar su sostenibilidad (FAO, 2015).

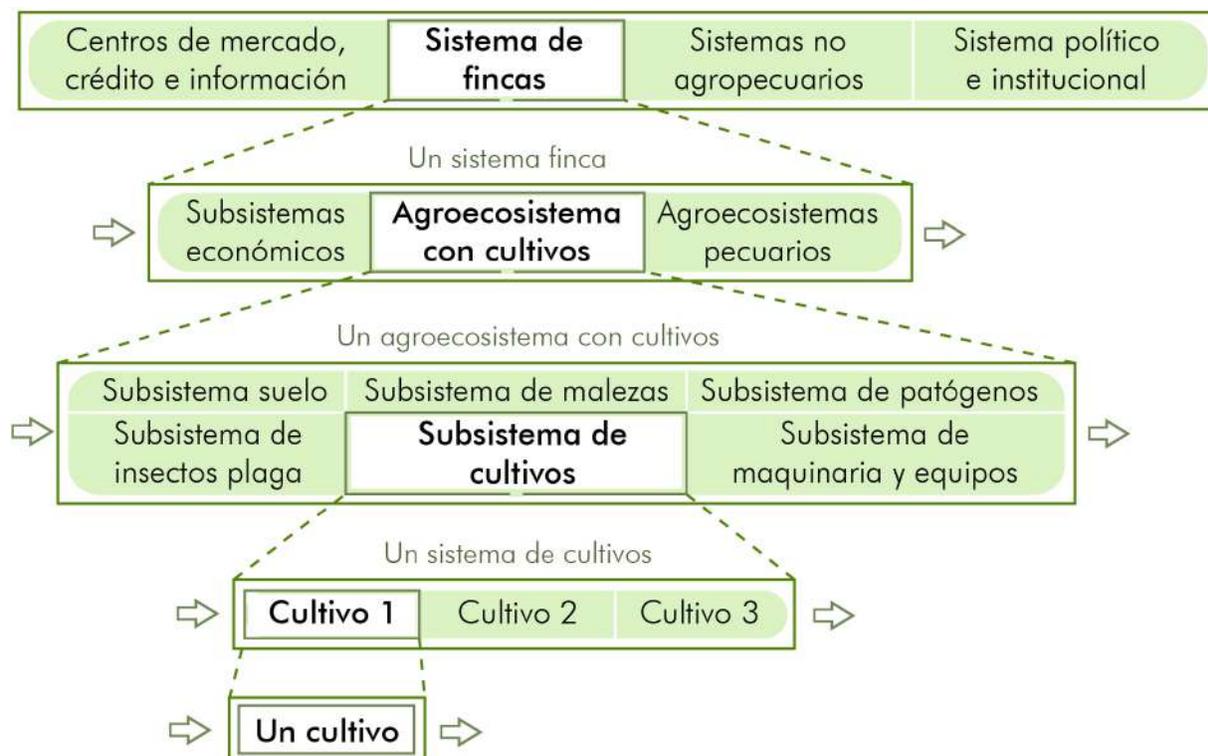
El agroecosistema debe abordarse integralmente, entendiendo que su funcionamiento depende de la estructura que posea. Más allá de la complejidad que esto supone, debe entenderse que el agroecosistema no se encuentra aislado. Así, el orden jerárquico es un concepto central de la teoría de sistemas (Bertalanffy, 1980). El mundo natural debe interpretarse como una jerarquía anidada de sistemas que van desde el gen hasta el ecosistema, y que, al ser intervenido por el ser humano para fines agrícolas, se generan agroecosistemas que también tienen un arreglo jerárquico (Conway, 1986).

La ilustración 2 muestra la jerarquía de los sistemas agrícolas en un territorio rural, la cual se inicia en un cultivo, con sus respectivas entradas y salidas (ilustradas por las flechas), que pertenece a un sistema de cultivos, y estos, a su vez, a un agroecosistema con cultivos, que hace parte de un sistema finca. Los sistemas finca ocurren en un territorio rural, que cuenta con centros de mercadeo y acopio de productos agrícolas,

6 En la agricultura campesina, los animales (especies mayores como vacunos, porcinos, caprinos, o especies menores como aves, conejos, cuyes) son un componente integral de los sistemas agropecuarios, y esto agrega complejidad al sistema y a su análisis.

de crédito (entidades financieras) e información (bibliotecas, internet e instituciones educativas). Además, se tiene un sistema político (normas y políticas públicas) con instituciones locales (alcaldías, corporaciones autónomas y unidades municipales de asistencia técnica) y del orden departamental o nacional que representan a diferentes ministerios o agencias gubernamentales.

Ilustración 2. Jerarquía de sistemas agrícolas en un territorio rural



Fuente: Adaptado de Hart (1985)

Existen interacciones entre esos diferentes niveles jerárquicos y el comportamiento de un sistema superior no puede ser discernido directamente del estudio de los sistemas inferiores. Esto implica que cada nivel debe ser analizado para ser comprendido (Conway, 1986).

1.6.4 Implicaciones en la formación profesional en Agronomía

Los profesionales de agronomía deben tener formación en diferentes disciplinas y áreas del conocimiento para poder actuar con suficiencia en distintos escenarios de la producción agrícola y del medio rural. Para que estos profesionales sean actores claves en el mejoramiento de los sistemas agrícolas, los programas curriculares deben abordar temas como el conocimiento de los sistemas agrícolas; los factores ecofisiológicos que intervienen en la producción de esos sistemas; las estrategias para asegurar la sostenibilidad y la competitividad, así como la sanidad e inocuidad de sus productos; los sistemas de propagación y mejoramiento genético de plantas; los contextos socioeconómicos globales, territoriales y regionales como referente del actuar sobre los sistemas de producción agrícola locales, y, los factores externos e internos de la empresa agrícola y de los proyectos productivos para formular y evaluar propuestas de gestión.

Para mejorar los sistemas agrícolas, se requiere un conocimiento y un análisis en el cual se identifiquen los problemas que los afectan y se diseñen estrategias para mejorar su sostenibilidad y competitividad. Para entender la complejidad del agroecosistema (ver ilustración 1) y la jerarquía existente (ver ilustración 2) se requieren conocimientos de distintas disciplinas, así como diferentes competencias genéricas y específicas. Según la Resolución 3458 de 2003 del MEN, en aspectos curriculares, los programas profesionales de pregrado en Agronomía propenderán por la formación de un pensamiento crítico y analítico para la interpretación amplia de su campo de conocimiento, así como las implicaciones sociales, políticas y económicas de su profesión. Por tanto, se deben tener en cuenta las áreas básicas de fundamentación, formación socio-humanística y el área de formación profesional. A su vez, las asignaturas de Biología, Química, Bioquímica, Biofísica, Matemáticas, Ecología, Topografía, Botánica y Manejo Ambiental deben permitir a los futuros profesionales la rigurosidad en el análisis y la capacidad de abstracción. Igualmente, estas asignaturas son la base para la formación profesional en aguas, suelos, mecanización, sanidad vegetal, fisiología, genética y fitomejoramiento.

La ecofisiología por su parte, facilita el conocimiento, el manejo y el mejoramiento de los sistemas agrícolas y por consiguiente resulta esencial en la formación del

profesional en Agronomía. En la producción agrícola es importante la ecofisiología de cultivos, que estudia los efectos ambientales en la fisiología de las plantas y los mecanismos fisiológicos que ocurren durante el crecimiento y desarrollo, así como la interacción con los factores físicos y bióticos ambientales (Fischer, Ramírez, Casierra-Posada, 2016). Esta ciencia considera que los sistemas agrícolas son abiertos y se ven afectados por el clima, el suelo y el sistema de producción; de hecho, dada la interacción de estos factores, esta ciencia ha sido usada para evaluar factores desfavorables para el cultivo (condiciones de estrés), como condiciones limitantes de luminosidad, temperatura agua y suelo (Restrepo-Díaz, Melgar, Lombardini, 2010). Es importante destacar que estos factores pueden verse afectados por el cambio climático.

Otro componente importante en la formación del profesional en Agronomía son las buenas prácticas agrícolas (BPA), que nacen como respuesta a la insostenibilidad que ocurre por problemas ambientales, económicos, sociales (Leiva, 1998) y a la falta de competitividad de los sistemas agrícolas. Estas prácticas se orientan a la aplicación del conocimiento disponible en la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción agrícola (alimentarios y no alimentarios, inocuos y saludables), con criterios ambientales, viabilidad económica y estabilidad social. Según el artículo 3.º de la Resolución 30021 de 2017 del Instituto Colombiano Agropecuario, las (BPA) “son prácticas orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos y de los productos no alimenticios”. Las BPA están basadas en 11 elementos: gestión del suelo (agricultura de conservación), gestión del agua, selección adecuada de cultivos y variedades, protección de cultivos con prácticas benignas para el ambiente (MIP), bienestar y productividad en la producción animal, salud animal con prácticas ambientalmente sanas, bienestar animal y normas adecuadas (FAO, 2002). Si bien las BPA implican recursos, capacitación y tiempo en su implementación, abren posibilidades a nuevos mercados (verdes) y alternativas de comercialización que pueden conducir a mayor competitividad.

Otro de los elementos necesarios en la formación de profesionales en el área de Agronomía es el conocimiento de los sistemas de propagación y mejoramiento genético de plantas. El material genético (la semilla) utilizado en los sistemas agrícolas es fundamental para garantizar una producción adecuada. La selección de este material es una decisión importante en un sistema agrícola y debe

corresponder a las condiciones ambientales del sitio de cultivo para garantizar adecuadas producciones y calidad. La propagación de plantas ha sido un proceso muy importante en la historia de la humanidad para garantizar la conservación de plantas útiles. Este proceso consiste en la aplicación de principios y conceptos biológicos para la multiplicación de plantas útiles de un genotipo específico, con lo cual se preserva su información genética. Existen dos alternativas de propagación de plantas: sexualmente, a través de semillas, o asexualmente, mediante tejidos vegetales (Osuna Fernández, Osuna Fernández, Fierro Álvarez, 2017). Con el fitomejoramiento, se busca modificar la herencia de las plantas para obtener variedades o híbridos mejorados genéticamente, adaptados a condiciones ambientales específicas, y que permitan un mayor rendimiento económico y mejor calidad de las variedades nativas (Vallejo Cabrera, Estrada Salazar, 2002).

Al analizar los sistemas de producción agrícola en una concepción jerárquica se evidencia que están inmersos en otros sistemas socioeconómicos globales, regionales y territoriales. Esto conduce al medio rural (ver ilustración 2), cuya principal actividad, pero no la única, es la producción agropecuaria. Por tanto, los programas profesionales de pregrado en el área de Agronomía en Colombia deben incluir formación en extensión agropecuaria (Ley 1876 de 2017, “Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones”, SNIA), en asistencia técnica y en la atención al medio rural (Resolución 3458 de 2003 del MEN) en contextos específicos. Además, estas son áreas importantes de trabajo para el profesional en el área de agronomía.

La Misión para la Transformación del Campo resalta la necesidad del desarrollo rural como un proceso integral hacia la inclusión social y productiva de todos los habitantes del campo: “Bajo esta visión, el fin último del desarrollo rural es un mayor y más justo bienestar de la población del campo dentro de un principio de igualdad social por medio de la expansión de las oportunidades y la garantía de los derechos económicos, sociales y culturales” (DNP, 2015, p. 17). Esto debe lograrse mediante métodos participativos con las comunidades rurales, de manera que retroalimenten, legitimen y se apropien de su desarrollo. De hecho, acorde con la Ley 1876 de 2017 (SNIA), la extensión agropecuaria es un:

Proceso de acompañamiento mediante el cual se gestiona el desarrollo de capacidades de los productores agropecuarios, su articulación con el entorno y el acceso al conocimiento, tecnologías, productos y servicios de apoyo con el fin de hacer competitiva y sostenible su producción al tiempo que contribuye a la mejora de la calidad de vida familiar. Por lo tanto, la extensión agropecuaria facilita la gestión de conocimiento, el diagnóstico y solución problemas, en los niveles de la producción primaria, la postcosecha, y la comercialización; el intercambio de experiencias y la construcción de capacidades individuales, colectivas y sociales. Para tal efecto, la extensión agropecuaria desarrollará actividades vinculadas a promover el cambio técnico en los diferentes eslabones que constituyen la cadena productiva, la asesoría y acompañamientos a productores en acceso al crédito, formalización de la propiedad, certificación en BPA, entre otros (Ley 1876 de 2017).

La producción agrícola debe ser viable económicamente y aportar a la competitividad sistémica de los territorios agro-rurales. Esto se debe efectuar considerando los mercados nacionales e internacionales, particularmente en un entorno de globalización (Berdegú *et al.*, 2008). Para ello, la gestión del sistema productivo y el análisis de costos y beneficios son factores determinantes para tomar decisiones y ponerlas en ejecución, en un ambiente de riesgo e incertidumbre (Guerra, 1992). Una gestión eficiente necesita contar con información actualizada del sistema productivo y de la empresa agrícola a nivel interno y externo, así como con técnicas y herramientas adecuadas para el manejo de datos. Así, se exige elaborar, planificar, implementar y evaluar estrategias administrativas y proyectos teniendo en cuenta, entre otros, el análisis financiero. Esto es un reto cuando se tiene una cultura débil de la planificación, y se deben enfrentar condiciones desfavorables frente al mercadeo y la comercialización de los productos agropecuarios (OCDE, FAO, 2018). Estos son elementos imprescindibles en la formación del profesional en el área de Agronomía.

En este capítulo se aborda el objeto de evaluación, las especificaciones y las características del módulo Producción Agrícola. Para ello, se explicita cuál es la metodología de evaluación utilizada, las competencias y los rasgos más importantes que permiten comprender en términos generales qué se evalúa en este módulo.

2.1 Objeto de evaluación del módulo

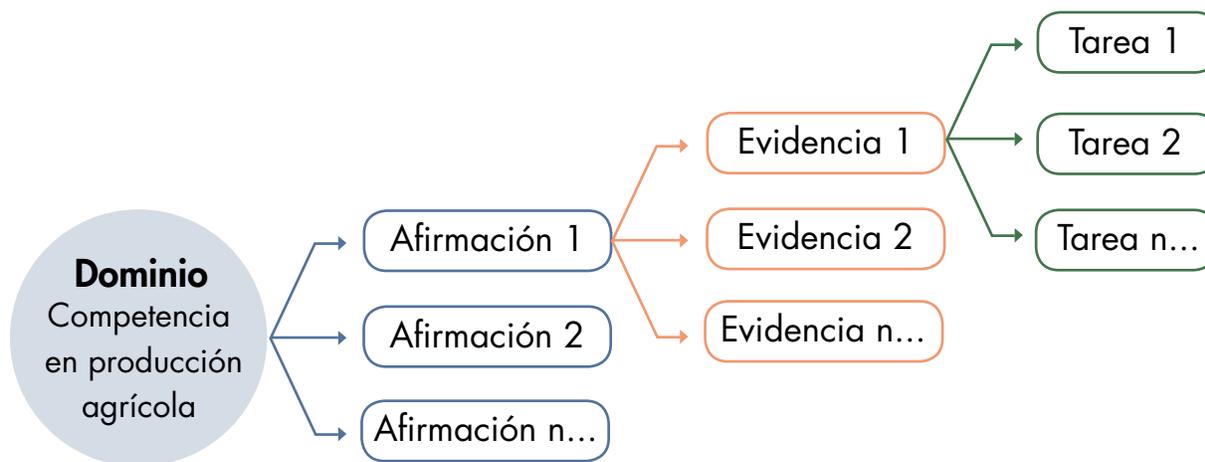
El módulo Producción Agrícola evalúa los conocimientos y las competencias que un profesional debe demostrar para desempeñarse en la producción agrícola dentro de una concepción amplia hacia el desarrollo rural sostenible. Esto se efectúa teniendo como objeto de trabajo el agroecosistema, como unidad de intervención humana con el fin de producir alimentos, materias primas y ornamentales de origen vegetal, así como otros servicios asociados, de manera sostenible en lo ambiental, económico y social, garantizando el desarrollo rural y territorial. Antes de entrar en detalle sobre qué se evalúa en el módulo, resulta necesario describir brevemente cómo es la metodología de evaluación utilizada en el módulo.

2.1.1 Metodología de evaluación

Para garantizar que una prueba evalúe lo que efectivamente se quiere evaluar, el Icfes utiliza el diseño centrado en evidencias (en adelante DCE) (Icfes, 2019). Esta metodología permite inferir, a partir de la recolección de una serie de evidencias, si un evaluado posee o no las competencias definidas en un objeto de evaluación (ver apartado 2.2). En esa medida, esta metodología plantea que, para diseñar evaluaciones, se deben tener en cuenta tres premisas: (a) una evaluación debe estar diseñada a partir de un dominio y debe buscar comprender cómo los conocimientos, habilidades y destrezas se adquieren y se usan; (b) las inferencias que se hacen sobre lo que los evaluados saben, pueden hacer o deben hacer, deben estar basadas en las evidencias recogidas por medio de la evaluación, y (c) el propósito de la evaluación debe ser lo que motive la toma de decisiones en cuanto a su diseño, teniendo en cuenta los recursos disponibles, las limitaciones y los posibles usos que se hagan de la prueba.

Para garantizar que una evaluación sea válida y confiable, el DCE propone unos pasos que permiten desagregar y generar un puente entre lo que se quiere evaluar (los conocimientos, habilidades o destrezas) y las tareas o pruebas que debería desarrollar un evaluado para dar cuenta de ello. El primer paso es determinar aquello específico de un área de conocimiento (o de un conjunto de habilidades y destrezas) que se espera que los evaluados sean capaces de saber-hacer. A esto se le conoce como afirmación, la cual, muchas veces es extraída de los estándares de educación. El segundo paso consiste en determinar aquello que debería mostrar un evaluado que permita inferir que posee la afirmación hecha. Esto es, se trata de la formulación de aspectos observables en los evaluados que permitan obtener información sobre el nivel de adquisición de las afirmaciones planteadas. Este segundo paso se conoce como evidencias, las cuales permiten articular aquello que debería saber un evaluado con las tareas específicas que se le pide ejecutar. El último paso es, precisamente, las tareas. Estas son una serie de situaciones concretas que se le plantean a los evaluados y que permiten dar cuenta de aquello necesario para observar las evidencias planteadas. En síntesis, las tareas son la presentación material y el trabajo específico que debería ejecutar un evaluado para obtener una evidencia sobre aquello que debería saber-hacer (la afirmación) y, así, poder estimar el nivel de adquisición de una serie de conocimientos habilidades o destrezas. En la ilustración 3 se presenta la forma en la que se desagregan y estructuran estos pasos.

Ilustración 3. Pasos de la metodología del diseño centrado en evidencias



2.1.2 Competencias y afirmaciones evaluadas

Dado que el módulo Producción Agrícola evalúa los conocimientos, habilidades y destrezas de los estudiantes para abordar aspectos relacionados con el análisis y la gestión del agroecosistema como proceso socioeconómico, se requiere un abordaje integral de los factores que influyen en la producción agrícola dentro de una concepción amplia hacia el desarrollo rural, esto es, una visión sistémica. En este sentido, el módulo evalúa las siguientes competencias:

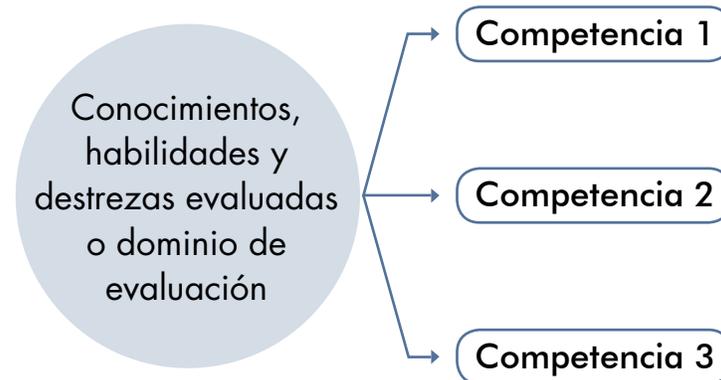
Competencia 1: asumir el agroecosistema como el modelo específico de intervención humana en la naturaleza, con fines de producción de alimentos, ornamentales y materias primas de origen vegetal, así como otros servicios asociados.

Competencia 2: abordar aspectos relacionados con el análisis y la gestión del agroecosistema como proceso socioeconómico.

Competencia 3: implementar el agroecosistema de manera sostenible con el ambiente y que promueva el desarrollo de la población rural.

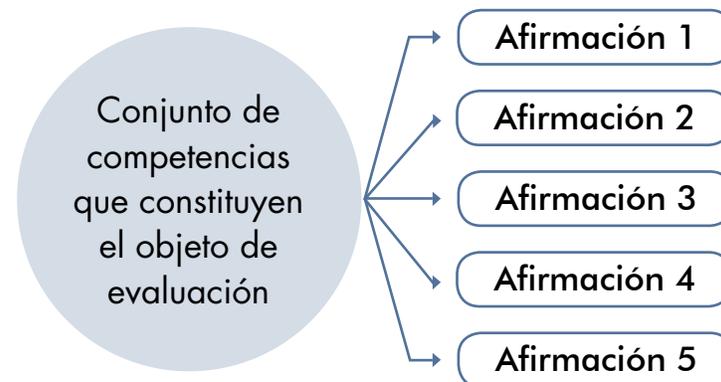
En la ilustración 4 se muestra cómo se desagregan estas competencias que conforman el objeto de evaluación. En esa medida, el conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas se determina a partir del dominio de evaluación establecido en el apartado 1.6. De allí, se desagregan las tres competencias mencionadas arriba.

Ilustración 4. Esquema del objeto de evaluación del módulo



De acuerdo con lo anterior, este conjunto de competencias constituye el objeto de evaluación. Siguiendo la metodología propuesta por el DCE, de este objeto de evaluación se desagregan cinco afirmaciones, cuya formulación es el primer paso del diseño de las especificaciones de prueba, como se muestra en la ilustración 5.

Ilustración 5. Desagregado de las afirmaciones a partir del objeto de evaluación



Afirmación 1

Los estudiantes comprenden los factores ecofisiológicos que intervienen en la producción integral de los sistemas agrícolas.

La primera afirmación del módulo de Producción Agrícola se relaciona con la comprensión de los factores ecofisiológicos que intervienen en los sistemas agrícolas. Con esta se busca evaluar los conocimientos y las competencias que han adquirido los estudiantes en las asignaturas de Fundamentación Básica y las de Formación Profesional Específica, y particularmente, en la relación entre en el ambiente (agua, suelo, atmósfera, biodiversidad y sus interrelaciones) y los procesos fisiológicos de las plantas y de los cultivos. Igualmente, la afirmación está acorde con las competencias requeridas por los profesionales del sector para el manejo y adaptación de los sistemas productivos a condiciones ambientales adversas, incluyendo la capacidad de resiliencia ante las modificaciones originadas por el cambio climático y por otros factores ambientales desfavorables.

Afirmación 2

Los estudiantes conocen los diferentes sistemas de producción agrícola y diseñan las estrategias para asegurar su sostenibilidad y competitividad, así como la sanidad e inocuidad de sus productos.

La segunda afirmación se relaciona con el conocimiento y competencias de los estudiantes para el análisis técnico y el manejo de los sistemas de producción agrícola, con la finalidad de mejorarlos. Por tanto, se busca evaluar los conocimientos y competencias que ha adquirido en las asignaturas de Fundamentación Básica y las de Formación Profesional Específica y que les permiten identificar, analizar, comparar y describir la estructura (componentes e interrelaciones entre estos) y la función (entradas y salidas) del sistema agrícola. En lo referente a las interrelaciones, los evaluados deben demostrar sus competencias en el manejo integrado de los componentes fertilidad del suelo (física, química y biológica), nutrición vegetal, sanidad vegetal, inocuidad, mecanización y riego, considerando el uso de BPA, y teniendo como referente la sostenibilidad del sistema.

Afirmación 3

Los estudiantes conocen los sistemas de propagación y mejoramiento genético de plantas.

La tercera afirmación incorpora la competencia relacionada con los sistemas de propagación, y con el mejoramiento genético de los cultivos, como componentes fundamentales de los sistemas agrícolas. En esta afirmación se evalúan las competencias para identificar y aplicar métodos adecuados de propagación y de mejoramiento genético de plantas en los sistemas de producción agrícola, incluyendo producción y uso de semilla mejorada, orientados a la conservación genética, al incremento de la productividad, y al desarrollo y uso de variedades e híbridos que se adapten a condiciones ambientales limitantes. Esto incluye métodos tradicionales y aquellos que involucran procedimientos biotecnológicos y de biología molecular. También, las competencias relacionadas con el uso de métodos estadísticos en el mejoramiento genético de plantas.

Afirmación 4

Los estudiantes analizan los contextos socioeconómicos globales, territoriales y regionales como referente del actuar sobre los sistemas de producción agrícola locales.

La cuarta afirmación incorpora la competencia asociada al desarrollo rural. Los profesionales del área de Agronomía, con una visión integral, deben demostrar conocimientos y competencias relacionados con la formación socio-humanística, en particular, con el trabajo de extensión rural. Es decir, el relacionamiento y el acompañamiento a las comunidades campesinas y en general a los productores agrícolas. Esto implica reconocer que los sistemas agrícolas son parte fundamental del medio rural, en el cual existen otras actividades económicas, como son la producción pecuaria, el agroturismo y la venta de mano de obra por parte de productores y sus familias, entre otros. Además, los evaluados deben demostrar que entienden que los sistemas agrícolas se encuentran dentro de otros sistemas, como son las cuencas hidrográficas, los territorios, las regiones y el sistema agroalimentario globalizado (relación jerárquica), los cuales están inmersos en un entorno que incluye lo macroeconómico, lo político, lo normativo y lo institucional.

Afirmación 5

Los estudiantes analizan los factores externos e internos de la empresa agrícola para formular propuestas de gestión de la producción.

Finalmente, la quinta afirmación integra la competencia desarrollada por los estudiantes para el emprendimiento y la gestión de la producción, específicamente, en aspectos económicos, financieros y de planificación. Por tanto, se mide la competencia para evaluar la viabilidad económica del sistema productivo y de la empresa agrícola (análisis económico y financiero) y su competitividad sistémica en mercados nacionales e internacionales, en un contexto de globalización. Adicionalmente, los evaluados deben estar en capacidad de elaborar, planificar, implementar y evaluar estrategias administrativas y proyectos para el manejo eficiente de los sistemas productivos que conduzcan a fortalecer su sostenibilidad.

2.2 Especificaciones de la prueba

En la tabla 2 se presentan las especificaciones de la prueba, en donde se indican las afirmaciones con sus respectivas evidencias del módulo Producción Agrícola.

Tabla 2. Afirmaciones y evidencias del módulo

Afirmación	Evidencia
Al finalizar el 75 % del programa académico, los evaluados deben ser capaces de:	Un evaluado...
1. Comprender los factores ecofisiológicos que intervienen en la producción integral de los sistemas agrícolas.	1.1 Reconoce los factores y los procesos ambientales que intervienen en los sistemas de producción agrícola.
	1.2 Propone estrategias de manejo y adaptación de los sistemas productivos agrícolas en condiciones ambientales adversas.
2. Conocer los diferentes sistemas de producción agrícola y diseñar las estrategias para asegurar su sostenibilidad y competitividad, así como la sanidad e inocuidad de sus productos.	2.1 Caracteriza los tipos de sistemas de producción agrícola, su entorno, componentes, procesos e interrelaciones, en los contextos de sostenibilidad y competitividad.
	2.2 Identifica los recursos naturales involucrados en los sistemas de producción agrícola y su aprovechamiento.
	2.3 Determina las características del subsistema suelo-planta-agua para el manejo integral de la nutrición vegetal.
	2.4 Caracteriza las relaciones de sanidad, calidad e inocuidad en los sistemas de producción agrícola.

Continúa

Afirmación	Evidencia
	2.5 Reconoce las características del subsistema clima-suelo-planta para definir sistemas sostenibles de mecanización agrícola, de riego y drenaje.
3. Conocer los sistemas de propagación y mejoramiento genético de plantas.	3.1 Identifica sistemas de propagación y mejoramiento genético y propende por el manejo adecuado del recurso o material genético.
4. Analizar los contextos socioeconómicos globales, territoriales y regionales como referente del actuar sobre los sistemas de producción agrícola locales.	4.1 Determinar situaciones, actores y sus interacciones en escenarios agropecuarios.
5. Analizar los factores externos e internos de la empresa agrícola para formular propuestas de gestión de la producción.	5.1 Analiza la empresa agrícola como unidad socio-económica y como elemento del sistema agroalimentario.

La primera afirmación corresponde a la ecofisiología, que estudia los efectos ambientales en la fisiología de las plantas y, por consiguiente, las evidencias están referidas a los factores y procesos ambientales, así como a estrategias de manejo y adaptación para afrontar factores desfavorables para el cultivo (condiciones de estrés).

La afirmación 2 corresponde al conocimiento de los sistemas agrícolas y al diseño de estrategias para asegurar su sostenibilidad y competitividad, así como la sanidad e inocuidad de sus productos. Por consiguiente, las evidencias se orientan a los conocimientos y a las competencias necesarios para la caracterización de los sistemas agrícolas dentro de un entorno, a la identificación de los recursos naturales usados

en el proceso productivo y a los manejos de aquellos correspondientes a la Áreas de Formación Profesional Específica (agua, suelos, mecanización, sanidad vegetal y fitotecnia).

La afirmación 3 está relacionada con los sistemas de propagación y de mejoramiento genético de plantas. Por tanto, cuenta con una evidencia para evaluar el conocimiento y las competencias para identificar y manejar esos dos sistemas, así como promover el manejo adecuado del material genético.

La afirmación 4 se orienta al desarrollo rural, considerando el análisis de los contextos socioeconómicos globales, territoriales y regionales como referente del actuar sobre los sistemas agrícolas locales. Por consiguiente, la evidencia busca evaluar los conocimientos y competencias socio-humanísticas para interactuar con actores y abordar situaciones en escenarios agropecuarios en un entorno que incluye lo macroeconómico, lo político y lo institucional.

La afirmación 5 se centra en el análisis de los factores externos e internos de la empresa agrícola y la formulación de propuestas de gestión administrativa de la producción; cuenta con una evidencia que mide los conocimientos y las competencias para evaluar la viabilidad económica del sistema productivo (análisis económico y financiero) y su competitividad sistémica en mercados nacionales e internacionales, así como el análisis de la empresa agrícola como una unidad socioeconómica y como elemento fundamental del sistema agroalimentario.

2.3 Características del módulo

2.3.1 Temas que cubre el módulo

El módulo de producción agrícola se orienta principalmente a las carreras de Ingeniería agronómica y de Agronomía. Se parte del concepto de agroecosistema como unidad de intervención humana con el fin de producir alimentos, materias primas y ornamentales de origen vegetal, aunque, además, se considera que los agroecosistemas pueden producir otros servicios asociados (servicios ecosistémicos). Se busca la sostenibilidad en lo ambiental, económico y social, para garantizar el desarrollo rural y territorial. En este sentido, el módulo evalúa las áreas que le son propias a estas carreras: fitotecnia, componente de ingeniería, gestión agroempresarial y desarrollo rural.

2.3.2 De qué se trata y de qué no se trata la prueba

La prueba se orienta a evaluar conocimientos y competencias específicos para las carreras de Ingeniería agronómica y de Agronomía en: los aspectos ecofisiológicos en la producción agrícola, el abordaje de los sistemas agrícolas y las estrategias para asegurar su sostenibilidad y competitividad, el manejo de los sistemas de propagación y mejoramiento genético de plantas, el análisis de los contextos socioeconómicos de los sistemas agrícolas y la gestión de la producción.

Cuando se definió lo que se debería evaluar en este módulo, la comunidad académica de común acuerdo determinó sus alcances. En la tabla 3 se presentan los temas que se deben tener en cuenta dentro de la prueba y aquellos que no por ser poco relevantes o demasiado específicos y especializados.

Tabla 3. Alcances de la prueba Saber Pro- Módulo Producción Agrícola

Temas que se deben tener en cuenta para evaluar este módulo	Temas que no se deben tener en cuenta
<ul style="list-style-type: none">- Análisis, evaluación y manejo de los sistemas agrícolas (SA).- Diseño de estrategias para mejorar los SA, por medio de la aplicación del enfoque de sistemas: caracterización de componentes e interrelaciones, identificación de entradas, salidas y retroalimentación y análisis del entorno.- Sostenibilidad y competitividad de los sistemas agrícolas.	<ul style="list-style-type: none">- Diseño de sistemas específicos de producción agrícola.

Continúa

Temas que se deben tener en cuenta para evaluar este módulo	Temas que no se deben tener en cuenta
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicaciones al área de la agronomía de los fundamentos de biología, química, bioquímica, biofísica, matemáticas (incluye cálculo, probabilidad, estadística, muestreo y diseño de experimentos), ecología, topografía, botánica y manejo ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos de fundamentación de disciplinas y áreas de conocimiento ajenos al área de agronomía.
<ul style="list-style-type: none"> - Ecofisiología de cultivos y sus aplicaciones, - Aspectos ambientales en el crecimiento y desarrollo del cultivo y su interacción con los factores físicos, bióticos y ambientales. - Climatología. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos puntuales de climatología, como series de tiempo de las diferentes variables climatológicas.
<ul style="list-style-type: none"> - Estrategias de diagnóstico, manejo y conservación de los recursos naturales para mejorar los sistemas de producción agrícola. - Consideraciones de las condiciones ambientales adversas como estrés hídrico, acidez, salinidad, heladas, cambio climático, entre otras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos industriales de manejo y transformación de recursos naturales. - Diseño de infraestructuras complejas para el manejo de los recursos naturales.

Continúa

Temas que se deben tener en cuenta para evaluar este módulo	Temas que no se deben tener en cuenta
<ul style="list-style-type: none"> - Fisiología y nutrición vegetal. - Manejo y conservación de aguas y suelos agrícolas (propiedades físicas, mecánicas, químicas y biológicas), <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de riego y drenaje. - Mecanización, manejo de la fertilidad y de la fertilización de suelos agrícolas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelos complejos y ecuaciones diferenciales para el movimiento de agua y de nutrientes en el sistema suelo-planta. - Diseño de sistemas de riego con grado medio y alto de complejidad. - Diseño de máquinas y equipo agrícola. Planes detallados de mantenimiento de maquinaria agrícola. - Protocolos particulares usados en la elaboración de fertilizantes.
<ul style="list-style-type: none"> - Sanidad vegetal, incluyendo manejo integrado de enfermedades (fitopatología), de plagas (entomología) y de arvenses (malherbología) que afectan a los sistemas de producción agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas sanitarios emergentes, nuevos o localizados en sitios geográficos muy específicos - Métodos nuevos de diagnóstico (detalles de técnicas moleculares) <ul style="list-style-type: none"> - Formulación de manejos específicos.
<ul style="list-style-type: none"> - Criterios, utilización y aplicación de la normatividad de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). - Implicaciones y beneficios económicos, ambientales y sociales del uso de BPA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normatividad específica de BPA.

Continúa

Temas que se deben tener en cuenta para evaluar este módulo	Temas que no se deben tener en cuenta
<ul style="list-style-type: none"> - Principales características físicas, químicas, microbiológicas, higiénicas y de calidad de los productos agrícolas. - Manejo del cultivo hacia la sanidad e inocuidad de los productos agrícolas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los procedimientos para transformar alimentos y fibras vegetales. - Protocolos y registros específicos por producto vegetal. - Planes específicos de producción y mantenimiento de equipos agroindustriales.
<ul style="list-style-type: none"> - Fundamentos y técnicas de propagación y mejoramiento genético usadas en la producción de cultivos, en algunos casos apoyados en métodos estadísticos. - Selección de material vegetal (semillas) según condiciones específicas del sitio de cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Detalles de las técnicas de ingeniería genética como herramienta para la reproducción vegetal. - Protocolos particulares usados en programas de mejoramiento genético.
<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de diagnóstico, identificación de problemas y evaluación de alternativas de solución a esas problemáticas en el desarrollo rural. - Métodos de extensión agropecuaria y trabajo con comunidades campesinas. <ul style="list-style-type: none"> - Valoración de contextos socioeconómicos globales, territoriales y regionales como referente del actuar sobre los sistemas de producción agrícola locales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Detalles de las teorías antropológicas y sociológicas relacionadas con el medio rural. - Estudios macroeconómicos.

Continúa

Temas que se deben tener en cuenta para evaluar este módulo	Temas que no se deben tener en cuenta
<ul style="list-style-type: none"> - Gestión del sistema de producción agrícola para buscar su viabilidad técnica, económica y financiera. - Evaluación de costos de producción, ingresos, flujos de caja y rentabilidad del sistema productivo. - Mercadeo, comercialización y análisis de mercados agrícolas. - Factores externos e internos de las agroempresas. <ul style="list-style-type: none"> - Conceptos de agronegocio, agrocadena, sistema agroalimentario, sostenibilidad económica y competitividad. - Estrategias generales de negocios con pequeños y medianos productores y agroempresas mayores. - Métodos para formulación y evaluación de proyectos de producción agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos legales para conformar una agroempresa.

2.3.3 Tipo de preguntas utilizadas en la prueba

El módulo Producción Agrícola corresponde a una prueba estandarizada. Por tanto, todas las preguntas son de selección múltiple con única respuesta, en las cuales se presentan el enunciado y cuatro opciones de respuesta, (A, B, C, D). Solo una de estas es correcta con respecto a la situación planteada.

2.3.4 Distribución de los ítems en la prueba

Tabla 4. Distribución de ítems por afirmación

Afirmaciones	Distribución porcentual de preguntas
1. Comprender los factores eco-fisiológicos que intervienen en la producción integral de los sistemas agrícolas.	20 %
2. Conocer los diferentes sistemas de producción agrícola y diseñar las estrategias para asegurar su sostenimiento y competitividad, así como la sanidad e inocuidad de sus productos.	40%
3. Conocer los sistemas de propagación y mejoramiento genético de plantas.	10 %
4. Analizar los contextos socio-económicos globales, territoriales y regionales como referente del actuar sobre los sistemas de producción agrícola locales.	15 %
5. Analizar los factores externos e internos de la empresa agrícola para formular propuestas de gestión de la producción.	15 %
Total	100 %

2.3.5 Limitaciones de la prueba

La Ingeniería Agronómica y la Agronomía, las carreras a las cuales se dirige principalmente el módulo de Producción agrícola, tienen un importante componente práctico en términos de laboratorios, pero en especial de trabajo de campo. Esta prueba se realiza a través una prueba de lápiz y papel y, por consiguiente, se dificulta evaluar las habilidades necesarias para ese trabajo práctico. No obstante, el concepto de competencias en el cual se basa la prueba se orienta a evaluar las habilidades necesarias para aplicar de manera flexible los conocimientos en diferentes contextos. Así, el examen Saber Pro, más allá de una prueba memorística, evalúa cómo los estudiantes emplean los conocimientos para resolver problemas en situaciones de la vida profesional y esto se refleja en las preguntas, particularmente, aquellas relacionadas con estudios de caso.

Otra posible limitación se relaciona con la dinámica del conocimiento y de las tecnologías que inciden en la producción agrícola y en la enseñanza de la agronomía. Esto conlleva a cambios en los programas de Ingeniería Agronómica y Agronomía en Colombia, que ocurren a diferentes ritmos dependiendo de las fortalezas de las distintas instituciones educativas y de las diferencias entre las mallas curriculares de esos programas. Por consiguiente, este módulo debe ser ajustado gradualmente a esas transformaciones, de manera que se vayan incorporando nuevos temas en la evaluación. Entre los temas recientes con un desarrollo incipiente en la prueba, pero de gran importancia a un mediano plazo, se tienen:

- **Tecnologías de la información y comunicación y agricultura de precisión**

La información y la comunicación han sido factores importantes para la producción agrícola y, con los cambios experimentados en las últimas décadas, han adquirido mayor relevancia. El productor requiere saber sobre el clima, los mercados y los riesgos de cambios inesperados en esos factores, así como acerca de prácticas y técnicas innovativas para mejorar su sistema productivo. Con los avances tecnológicos, se ha abierto un sinnúmero de posibilidades de acceder a esa información de manera oportuna, a través de la televisión, la radio, el computador y el teléfono celular (The World Bank, 2011). Además de estos

cambios, apoyados en tecnologías digitales como los sistemas de información geográfica, se viene promoviendo el análisis espacial de la producción agrícola para mejorar el entendimiento de procesos complejos en el espacio y en el tiempo. Algunos de estos avances están asociados a la calidad de la tierra, la disponibilidad de agua, el clima, el comportamiento del cultivo y las cadenas de suministro agrícola (Sharma, Kamble, Gunasekaran, 2018). Esto se ha visto favorecido con la disponibilidad de mapas digitales (p. ej. el conjunto de mapas de Google⁷), plataformas (p. ej. Geoportal DANE⁸, Geoportal IDEAM⁹, Geoportal IGAC¹⁰, SIPRA¹¹) e imágenes satelitales, algunas gratuitas y con notable resolución, como aquellas suministradas por la U.S. Geological Survey (USGS¹²).

Las tecnologías mencionadas y el uso de dispositivos de medición, que incluyen sensores proximales (sensores para uso en campo) o sensores remotos (imágenes satelitales, de aviones o de drones), y sistemas de posicionamiento geográfico (GPS), así como máquinas agrícolas autónomas (p. ej. tractores con piloto automático) y equipos con tecnología de dosis variable han abierto grandes posibilidades para un manejo agronómico más eficiente de los sistemas productivos. Todo esto ha conllevado al fortalecimiento de concepciones

7 <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/maptypes>

8 Herramienta tecnológica del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), con información georreferenciada resultado de actividades estadísticas (encuestas, censos) <https://geoportal.dane.gov.co/>

9 Herramienta tecnológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que permite consultar información ambiental georreferenciada producida por las entidades del Sistema de información ambiental colombiano SIAC <http://www.ideam.gov.co/geoportal>

10 Herramienta web interactiva que suministra información georreferenciada referida a catastro y suelos <https://geoportal.igac.gov.co/>

11 Herramienta tecnológica de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA que brinda información acerca de la planificación del territorio rural y agropecuario <https://sipra.upra.gov.co/>

12 <https://earthexplorer.usgs.gov/>

como la agricultura de precisión, orientada al manejo de la variabilidad en los sistemas productivos con el fin de mejorar su eficiencia productiva, rentabilidad y competitividad, p. ejemplo, mediante aplicaciones diferenciadas y oportunas de insumos (fertilizantes, productos fitosanitarios, agua de riego, semillas) según condiciones específicas por sitio (Leiva, 2010).

Otro avance considerable es el llamado internet de las cosas (en inglés *IoT*), que busca conectar, sobre todo de manera inalámbrica, diversos dispositivos (sensores, teléfonos celulares y otros objetos) para recolectar, transmitir, procesar y almacenar información, usando el protocolo de internet (Borgia, 2014). Con *IoT*, la plataforma tecnológica 5G, el uso de enormes volúmenes de datos (metadatos), inteligencia artificial y procesos de automatización se viene dando una gran revolución hacia una “agricultura inteligente” (Meng, Cheng, 2019), también llamada agricultura 4.0 (De Clercq, Vats, Biel, 2018) en referencia a la denominada revolución industrial 4.0.

• **Biología y bioeconomía**

En la biología se vienen dando cambios acelerados en el conocimiento, particularmente a nivel molecular, con alcances en la bioquímica, la fisiología y la genética vegetal. La biotecnología se refiere a la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a sus partes, a los productos y sus modelos para modificar materiales vivos o no vivos con el fin de generar conocimientos, bienes y servicios (OCDE, 2005). El conocimiento derivado de la aplicación de técnicas biotecnológicas permite dilucidar procesos bioquímicos que se relacionan con el rendimiento, la productividad y la sostenibilidad de procesos actuales conducentes a la obtención de productos de base biológica, lo cual resulta de particular interés para la producción agropecuaria. Adicionalmente, la biotecnología se sustenta en la biodiversidad y facilita su conocimiento, conservación, valoración y uso sostenible (Gobierno de Colombia, 2019).

La biotecnología está estrechamente ligada con el concepto de bioeconomía, que comprende diferentes actividades económicas relacionadas con las ciencias biológicas. La investigación en bioeconomía se considera un área estratégica relevante para el cumplimiento de los ODS, y tiene un gran potencial para aumentar sosteniblemente la producción primaria (aporte a la seguridad

alimentaria); reducir la presión ambiental fomentando el uso de recursos naturales renovables; hacer asequibles las fuentes alternativas de carbono y energía reduciendo la dependencia de los recursos no renovables, y mitigar y adaptarse al cambio climático, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Con su implementación, se busca mejorar el uso de los recursos y generar productos de origen biológico (Gobierno de Colombia, 2019). De acuerdo con lo anterior, es claro que la bioeconomía y la biotecnología tienen gran importancia para el desarrollo socioeconómico y de la producción agropecuaria del país.

- **Desarrollo rural, desarrollo territorial y multifuncionalidad**

Los enfoques tradicionales del desarrollo rural y las políticas públicas asociadas a esos enfoques han tenido poco efecto en la superación de las problemáticas rurales y en promover un verdadero desarrollo (DNP, 2015). Como alternativa, se ha planteado una visión centrada en los territorios con la intención de promover mayor interacción urbano-rural, superar la excesiva orientación hacia la producción agropecuaria y entender la heterogeneidad entre diferentes territorios que obliga a manejos diferenciados de estos (Schejtman, Berdegué, 2004). En esta perspectiva, el concepto de territorio debe superar la noción de un espacio físico geográfico, y partir de las realidades sociales, culturales e históricas existentes, considerando la gobernanza que permite a los diferentes actores desempeñar un papel protagónico en el desarrollo de su territorio (Leiva, 2017).

El desarrollo rural y el agropecuario requieren de la ciencia, la tecnología y la innovación. En esta dirección, el país viene avanzando desde una visión centrada en la “asistencia técnica”, donde prima la especialidad (p. ej. la fertilización y los controles sanitarios en los cultivos), hacia una visión sistémica, integral y jerárquica. Así, se planteó el concepto de extensión agropecuaria en la Ley 1876 de 2017 SNIA, tal y como se transcribe en la página 28 de esta publicación.

En la dirección de visión sistémica de la producción agropecuaria, el concepto de multifuncionalidad también juega un papel importante. En la década de 1990, se planteó en Europa la multifuncionalidad de la producción agropecuaria como alternativa ante los resultados indeseados, en las dimensiones ambiental, social y

económica, de la Política Agrícola Común (PAC), que tenía un enfoque sectorial y estaba centrada en la productividad agrícola. La idea era que la producción agropecuaria y por extensión las áreas rurales, además de suministrar alimentos, materias primas y ornamentales, cumplen otras funciones, como el suministro de espacios y paisajes para la recreación y el turismo, la protección de la naturaleza y la vida salvaje, el empleo e ingresos, protección del agua, los suelos y el aire (Cairola *et al.*, 2014). En Colombia se viene impulsando ese concepto, que supera la visión productivista y plantea la importancia de considerar además de la producción primaria en los sistemas agrícolas, funciones socioambientales en términos de seguridad alimentaria, conservación ambiental, preservación del paisaje y aportes a la cohesión socioeconómica (Leiva, 2017). Esta visión destaca la enorme importancia de la biodiversidad, y puede aportar considerablemente en la gestión, planeación y desarrollo de los territorios rurales.

- **Poscosecha**

En una visión integral de la producción agrícola se debe considerar la poscosecha, que corresponde a las actividades que se realizan luego de la cosecha y hasta que los productos son entregados a un mercado para su consumo o transformación. Durante la poscosecha se debe mantener la calidad alcanzada en la producción (conservación, almacenamiento y evitar contaminación del producto final) y en algunos casos darle valor agregado (presentación, empaque, y transformación en la finca) para buscar una mejor comercialización y el cumplimiento de normas y requerimientos ante expectativas de exportación. Esto es una prioridad puesto que adicionalmente las pérdidas en la poscosecha alcanzan en promedio el 13,8 % de la totalidad de los alimentos producidos (FAO, 2019) y ocurren por factores tales como el manejo inadecuado de la recolección, de la selección, de la clasificación y del almacenamiento en la finca, así como por problemas asociados al empaque y el transporte.

El manejo en poscosecha parte de reconocer que los productos agrícolas, bien sea perecederos (frutas, hortalizas, ornamentales) o de baja perecibilidad (cereales, oleaginosas) son seres vivos y en este sentido los conocimientos de bioquímica, fisiología y manejo sanitario juegan un importante papel para garantizar un producto de calidad. De otro lado, en el tema de BPAs, se consideran además de la cosecha, el almacenamiento y la elaboración de los productos en la finca (FAO, 2002).

En la actualidad el tema no se trabaja de manera explícita en el módulo. No obstante, se está ofreciendo la asignatura de poscosecha en algunos programas de Ingeniería agronómica y Agronomía del país (<https://acofiacolombia.wixsite.com/acofiacolombia/acerca-de-acofia>). Se recomienda ir incluyendo el tema en el módulo en la etapa de construcción de preguntas.

Para concluir, considerando la pertinencia de los temas esbozados en este apartado, se recomienda que sean debatidos al interior de las facultades y programas curriculares del área de la agronomía. En un futuro próximo, con el apoyo de profesionales especialistas de las comunidades académicas y de las redes y asociaciones de facultades y programas curriculares, estos temas deberían ser integrados paulatinamente en la evaluación del módulo Producción Agrícola de la prueba Saber Pro.

Asfamevez, ICFES. 2011. Marco de Referencia del Examen de Estado de calidad de la educación superior SABER PRO. Icfes. Bogotá.

Becht, G. 1974. System theory, the key to holism and reductionism. *Bioscience* 24(10): 579-596.

Berdegú, J. A., Schejtman, A., Chiriboga, M., Modrego, F., Charnay, R., y Ortega, J. 2008. Agricultura para el desarrollo: hacia una agenda regional para América Latina Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Santiago de Chile

Bertalanffy, L. Von. 1989. Teoría general de sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Séptima reimpresión. México: Fondo de Cultura Económica.

Borgia, E. 2014. The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Comput. Commun.*, 54: 1–31

CACES. 2018. Política de Evaluación Institucional de Universidades y Escuelas Politécnicas en el marco del Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior. Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES). Ecuador.

Cairola, D., Coudelb, E., Knickelc, K., Caronb, P., Krögerd, M. 2009. Multifunctionality of agriculture and rural areas as reflected in policies: The importance and relevance of the territorial view. *Journal of Environmental Policy and Planning* 11: 4, 269 - 289,

Ceneval. (sf.) Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Contenido del examen. México

Conway, G. R. 1986. Agroecosystem analysis for research and development. Bangkok: Winrock International. Bangkok.

De Clercq, M., Vats, A., Biel, A. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit.

DNP. 2015. El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Informe detallado de la Misión para la Transformación del Campo. Tomo 2. Bogotá: Dirección Nacional de Planeación (DNP)

FAO. 2002. Las buenas prácticas agrícolas. Segunda versión. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO.

FAO. 2015. La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Roma

FAO. 2019. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Roma.

Fischer, G., Ramírez, F., Casierra-Posada, F. 2016. Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review. *Agronomía Colombiana* 34(2), 190-199.

Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Costa Rica: LITOCAT.

Gobierno de Colombia. 2019. Misión internacional de sabios para el avance de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: Un sistema para construir el conocimiento del futuro.

Guerra, G. 1992. Manual de administración de empresas agropecuarias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica

ICFES. 2018. Lineamientos para la elaboración y revisión de marcos de referencias de la Subdirección de Diseño de Instrumentos, Dirección de Evaluación del Icfes.

Icfes, 2019. El diseño centrado en evidencias: teoría y práctica de uso. Bogotá: Dirección de Evaluación, Icfes.

Leiva, F. R. (Ed.). 2008. Agricultura de precisión en cultivos transitorios. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 108 pp.

Leiva, F. R. (Editor). 2017. Territorio en vilo: Desarrollo rural para el posconflicto. Empresa Editorial UN. 227 pp.

Leiva, F. R. 1998. Sostenibilidad de sistemas agrícolas. *Agronomía Colombiana* 15(2-3):181-193.

MADS. 2012. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá. Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/documentos/pngibse-espaol-web.pdf>

MEA. 2003. Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment. Washington: Millenium Ecosystem Assessment (MEA)-World Resources Institute. Washington D.C. Recuperado de http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf

Meng, H., Cheng, Yunli. 2019. Research on key technologies of intelligent agriculture under 5G environment. *Journal of Physics: Conference Series* 1345 (2019) 042057. IOP Publishing

OCDE, FAO. 2018. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028. OECD Publishing, París.

Odum, E. P., Barrett, G. W. 2006. Fundamentos de ecología. 5ª Edición. Thompson, México.

Osuna Fernández, H. R., Osuna Fernández, A. M., Fierro Álvarez, A. 2017. Manual de propagación de plantas superiores. Universidad Nacional Autónoma de México - Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Restrepo-Díaz, H., Melgar, J. C., Lombardini, L. 2010. Ecophysiology of horticultural crops: an overview. *Agronomía Colombiana* 28(1), 71-79.

Sarandón, S. J., Flores, C. C. (editores). 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata.

Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología*, 1: 19-28.

Schejtman, A., Berdegúe, J. A. 2004. Rural Territorial Development. Documento de Trabajo N° 4 Programa Dinámicas Territoriales Rurales Rimisp – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Santiago de Chile.

Sharma, R., Kamble, S. S., Gunasekaran, A. 2018. Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture* 155: 103–120

The World Bank. 2011. ICT in agriculture. Connecting smallholders to knowledge, networks, and institutions. e-Sourcebook. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, DC.

Tuning. 2006. Una introducción a Tuning educational Structures in Europe. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia. Tuning. Universidad de Deusto

Tuning. 2007. Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final Proyecto Tuning América Latina 2004 - 2007. Universidad de Deusto, Universidad de Groningen.

Tuning. 2013. Educación Superior en América Latina. Reflexiones y perspectivas en Agronomía. Miranda Barrios, J. A. (ed.). Universidad de Deusto.

Vallejo Cabrera, F. A., Estrada Salazar, E. I. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.



La educación
es de todos

Mineducación