Recomendaciones técnicas para la producción de semilla de cebada, trigo y avena en el altiplano cundiboyacense

Javier Castillo Sierra
Yesid Avellaneda Avellaneda
Franklin Mayorga Cubillos
Edgar Augusto Mancipe Muñoz
Luis Orlando Albarracín Arias
John Fredy Rodríguez Molina
Edison Ferney Baquero Cubillos
Liliana Atencio Solano
Gustavo Octavio García Gómez

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Alianzas AGROSAVIA

Recomendaciones técnicas para la producción de semilla de cebada, trigo y avena en el altiplano cundiboyacense

Javier Castillo Sierra
Yesid Avellaneda Avellaneda
Franklin Mayorga Cubillos
Edgar Augusto Mancipe Muñoz
Luis Orlando Albarracín Arias
John Fredy Rodríguez Molina
Edison Ferney Baquero Cubillos
Liliana Atencio Solano
Gustavo Octavio García Gómez

Mosquera, Colombia, 2024

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Alianzas AGROSAVIA

Recomendaciones técnicas para la producción de semilla de cebada, trigo y avena en el altiplano cundiboyacense. / Javier Castillo Sierra [y otros ocho] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2024.

104 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)
Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.
ISBN e-Book: 978-958-740-740-2

1. Cebada 2. Trigo 3. Avena 4. Producción de semillas 5. Fenología 6. Cultivo 7. Tecnología postcosecha 8. Costos de producción 9. Alimentación de los animales 10. Boyacá (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14
vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13,
Vía Montería-Cereté, Córdoba. Código postal: 230550, Colombia.

Esta publicación hace parte de los resultados de los proyectos Implementación de estrategias de vinculación y transferencia de tecnología en la producción de cultivos forrajeros, producción y uso de ensilaje y suplementos alimenticios, que contribuyan a fortalecer sistemas de alimentación y producción ganadera en diversas regiones naturales de Colombia" y "Evaluación multilocacional de nuevo germoplasma forrajero"

Colección: Alianzas AGROSAVIA
Tipología: Manual

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2023
Fecha de evaluación: 13 de febrero de 2024
Fecha de aceptación: 19 de marzo de 2024
Primera edición: julio de 2024

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Liliana Gaona García
Corrección de estilo: Luz Ángela Uscátegui
Diseño y diagramación: María Paula Berón

Citación sugerida: Castillo-Sierra, J., Avellaneda-Avellaneda, Y., Mayorga-Cubillos, F., Mancipe-Muñoz, E., Albarracín-Arias, L. O., Rodríguez-Molina, J. F. Baquero-Cubillos, E. F., Atencio-Solano, L., & García-Gómez, G. (2024). *Recomendaciones técnicas para la producción de semilla de cebada, trigo y avena en el altiplano cundiboyacense*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407402

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
http://www.agrosavia.co/



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Los autores 15

Agradecimientos 21

Presentación 23

Capítulo I

Generalidades sobre los cereales de grano pequeño 27

Importancia del cultivo de cereales para la alimentación animal 28

Principales características productivas y desarrollo fenológico de los cereales de grano pequeño 29

Avena (*Avena sativa*) 29

Cebada (*Hordeum* sp.) 31

Trigo (*Triticum aestivum*) 34

Capítulo II

Proceso para la producción de semilla de cereales de grano pequeño para condiciones del altiplano cundiboyacense 39

Planeación del cultivo de cereales 40

Época de siembra 40

Material de siembra 40

Evaluación de la calidad de las semillas de avena, cebada y trigo 41

Pruebas de germinación 42

Prueba de germinación casera 49

Selección y adecuación del terreno 51

Selección del terreno 51

Adecuación del terreno 53

Establecimiento del cultivo 56

Dosis 56

Siembra 56

Plan de fertilización 58

Desarrollo y mantenimiento del cultivo 60
Aplicación de riego 60
Evaluación de emergencia, seguimiento y monitoreo del lote sembrado 60
Control de arvenses 60
Control de plagas y enfermedades 63
Purificación del cultivo 66
Cosecha de semilla de cereales de grano pequeño 66
Punto óptimo de cosecha 67
Cosecha 68
Determinación de la humedad de la semilla 69
Trilla de la semilla 69
Poscosecha y almacenamiento 70
Secado de la semilla 70
Limpieza y clasificación 71
Empaque y almacenamiento 75

Capítulo III

Costos de producción de semilla 79
Registro de información en el cultivo de cereales de grano pequeño 79
Registro de preparación del terreno 80
Registro de siembra y manejo agronómico 80
Registro de cosecha 81
Registro de poscosecha 82
Conceptos básicos 82
Canasta de costos en la producción de semilla 83
Costos de producción de semilla a escala semicomercial (experiencia AGROSAVIA) 84
Costos de producción de semilla para un pequeño productor 87

Glosario 93

Referencias 95

Anexo 99





Lista de figuras

Figura 1	Flujograma de proceso para la producción de semilla de avena, cebada y trigo	24
Figura 2	Avena forrajera	29
Figura 3	Cebada con dos carreras (izquierda) y seis carreras (derecha)	31
Figura 4	Cultivares de cebada con potencial forrajero en el altiplano cundiboyacense	32
Figura 5	Cultivares de trigo con potencial forrajero	35
Figura 6	Partes de la semilla de cebada (izquierda) y trigo (derecha): embrión (Em); endospermo (En); cubiertas (Cu), radícula (Ra) y plúmula (Plu)	41
Figura 7	Diferentes tipos de sustrato recomendados para realizar pruebas de germinación estándar para especies de cereales (avena, trigo y cebada)	43
Figura 8	Pruebas de germinación de especies de cereales	44
Figura 9	Germinación de semillas al cuarto día después de iniciada la prueba	45
Figura 10	Germinación de semillas de trigo listas para evaluación	46
Figura 11	Desarrollo de plántulas normales	46
Figura 12	Plántulas anormales de cebada	47
Figura 13	Plántulas anormales de trigo	47
Figura 14	Prueba de germinación de avena	48
Figura 15	Prueba de germinación de trigos con potencial forrajero	50
Figura 16	Lotes donde se realizó la aplicación de cal (arriba) y materia orgánica (abajo)	53

Figura 17 Aplicación de herbicida preemergente (izquierda) y después de preparar el terreno (derecha) 54

Figura 18 Preparación de terreno de manera manual para la siembra de cereales 55

Figura 19 Formas de realizar la siembra de cereales 57

Figura 20 Tapado de semilla 58

Figura 21 Principales arvenses presentes cuando se establece un cultivo de cereales 61

Figura 22 Plagas que atacan los cultivos de cereales 64

Figura 23 Principales enfermedades que afectan los cereales 65

Figura 24 Volcamiento o acame de un cultivar de cereal 66

Figura 25 Germinación en campo de una espiga de cebada volcada 67

Figura 26 Punto (izquierda) y altura (derecha) de cosecha de cereales de grano pequeño 68

Figura 27 Trilla mecánica de semilla de cereales cosechada en un lote del CI Tibaitatá de AGROSAVIA 70

Figura 28 Beneficio y secado de semilla de cereales 71

Figura 29 Almacenamiento de semilla después de quitarle humedad 72

Figura 30 Limpieza de las semillas de cereal 73

Figura 31 Clasificación o selección manual de las semillas de cereal 73

Figura 32 Empaques para semillas de cereal 75

Figura 33 Distribución porcentual de los costos de producción de avena a escala semicomercial 86

Figura 34 Distribución porcentual de los costos de producción de semilla de avena a escala de pequeño productor 89

Lista de tablas

Tabla 1 Días para cosecha y tasa diaria de crecimiento de avenas precoces, intermedias y tardías, evaluadas en AGROSAVIA y usadas para la alimentación animal bovina del trópico alto colombiano en el estado de grano lechoso a pastoso 30

Tabla 2 Variedades de avena consignadas en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA 30

Tabla 3 Días para cosecha y TDC promedio de cebadas y trigos pertenecientes al Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA), con potencial para alimentación animal bovina del trópico alto colombiano, en estado de grano lechoso a pastoso, evaluados en el CI Tibaitatá 33

Tabla 4 Materiales de cebada consignados en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA 33

Tabla 5 Materiales de trigo consignados en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA 36

Tabla 6 Recomendaciones para realizar las pruebas de germinación en semillas de cereales 45

Tabla 7 Resultados de una prueba de germinación de avena Altoandina, utilizando cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, con un sustrato entre papel y una temperatura constate de 20°C (febrero de 2023) 49

Tabla 8 Densidad de siembra y número de semillas por hectárea de las especies de avena, cebada y trigo para la producción de semilla 56

Tabla 9 Nutrientes aplicados en los cultivos de cereales de grano pequeño evaluados por AGROSAVIA 59

Tabla 10 Porcentajes de rendimiento e impurezas de semillas de cebada y trigo obtenidas por desgrane manual y con trilladora mecánica 74

Tabla 11 Tipos de plagas y enfermedades que afectan las semillas de cereales durante el almacenamiento 74

Tabla 12 Formato para registrar las actividades de preparación del terreno 80

Tabla 13 Formato para registrar las actividades realizadas durante la siembra y el manejo del cultivo durante su ciclo vegetativo 81

Tabla 14 Formato para registrar las actividades de cosecha de los cereales 81

Tabla 15 Formato para registrar las actividades de poscosecha de los cereales 82

Tabla 16 Costos de producción de semilla de avena a escala semicomercial 84

Tabla 17 Distribución de costos de producción de semilla de avena a escala semicomercial 86

Tabla 18 Costo unitario de producción de semillas de cereal de grano pequeño a escala semicomercial 87

Tabla 19 Costos de producción de semilla de avena para un pequeño productor 87

Tabla 20 Distribución de costos de producción de semilla de avena a escala semicomercial 89

Tabla 21 Costo unitario de producción de semilla de avena, cebada y trigo a escala de pequeño productor 90





Los autores

Javier Castillo Sierra
Correo: jcastillos@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0797-3908

Ingeniero en Agroecología y magíster en Producción Alimentaria Sostenible y Eficiente de la Universidad de Aberyswyth, Gales. Ha trabajado en proyectos de investigación y transferencia de tecnología para sistemas productivos bovinos del trópico alto colombiano en el área de pastos y forrajes. Actualmente es investigador máster asociado adscrito a la Red de Ganadería y Especies Menores con sede en el Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Yesid Avellaneda Avellaneda
Correo: yavellaneda@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2471-5863

PhD y MSc en Producción Animal de la Universidad Nacional de Colombia y zootecnista de esta misma institución. Investigador máster asociado de la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA. Se ha desempeñado como investigador en nutrición y alimentación animal. Ha desarrollado trabajos de evaluación de recursos energéticos alternativos y aditivos funcionales para aves y cerdos, valoración de recursos alimenticios para ovinos y suplementación estratégica para sistemas de producción de bovinos de leche en el trópico alto colombiano.

Franklin Mayorga Cubillos
Correo: fmayorga@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1482-0280

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Genética y Mejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Experiencia en manejo de cultivos, caracterización y evaluación de rasgos morfoagronómicos y de calidad en especies como palma de aceite, uchuva, mora y cereales con fin forrajero para el trópico alto colombiano, análisis de estabilidad de genotipos, cruzamientos interespecíficos y mejoramiento genético convencional sobre poblaciones en campo.

Edgar Mancipe Muñoz
Correo: emancipe@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9831-673X

Zootecnista de la Universidad de La Salle y especialista en Gestión Ambiental de la Fundación Universidad de América. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación de la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA. Con experiencia en proyectos de investigación relacionados con suplementación estratégica y uso de recursos alimenticios alternativos para reducir emisiones de metano entérico para sistemas de producción de bovinos de leche, así como en proyectos de evaluación del crecimiento y el efecto de prácticas de manejo en gramíneas y cultivos forrajeros para el trópico alto.

Luis Orlando Albarracín Arias
Correo: loalbarracin@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2139-8022

Licenciado en Ciencias Sociales y Económicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Actualmente es profesional de investigación agropecuaria de la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA con sede en el Centro de Investigación Tibaitatá. Con experiencia en el área de pastos y forrajes, y sistemas agrosilvopastoriles para el trópico alto colombiano.

John Fredy Rodríguez Molina
Correo: jfRodríguezm@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3416-0243

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Cundinamarca, con experiencia en fisiología de semillas. Trabajó en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el Laboratorio Nacional de Semillas (LANASE), y su labor estuvo enfocada en el análisis de calidad física y fisiológica de semilla certificada y seleccionada. Está vinculado con AGROSAVIA desde 2018 como profesional de apoyo en el proyecto Bolsa de Semillas para la Paz. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el Banco de Germoplasma Vegetal de Semillas, que hace parte del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación en custodia de AGROSAVIA, y en el Departamento de Semillas, donde lleva a cabo pruebas de vigor para garantizar la calidad fisiológica de las ofertas de semillas de la corporación.

Edison Ferney Baquero Cubillos
Correo: ebaquero@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Cundinamarca, con experiencia en investigación básica y aplicada en fisiología de semillas, cultivo de tejidos y manejo de cultivares bajo condiciones semicontroladas. Experiencia enfocada al estudio de la germinación, multiplicación, latencia y almacenamiento de semillas, rescate de embriones y multiplicación *in vitro*, así como multiplicación de materiales de papa mediante la metodología de aeroponía.

Liliana Atencio Solano
Correo: latencio@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8425-1621

Ingeniera agrónoma y magíster en Ciencias Agronómicas con énfasis en Fisiología Vegetal de la Universidad de Córdoba, Colombia. Ha trabajado en investigación, en las áreas de fisiología vegetal y mejoramiento genético de plantas, en los sistemas de producción de arracacha, maíz y gramíneas forrajeras. Actualmente es investigadora máster asociada y se encuentra vinculada a la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) con sede en el Centro de Investigación Turipaná.

Gustavo García Gómez
Correo: ggarcia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7247-450X

Zootecnista y magíster de la Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Nutrición Animal de la Universidad Politécnica de Madrid. Durante sus 25 años de trabajo en AGROSAVIA, se ha dedicado a hacer investigación para sistemas de ganadería del trópico alto, medio y bajo, orientada al desarrollo de recomendaciones tecnológicas para el manejo de pastos y cultivos forrajeros y la evaluación de materias primas para alimentación bovina y de especies menores. Cuenta con experiencia en coordinación de equipos de investigación y transferencia de tecnología a nivel nacional e internacional. Actualmente está adscrito al Centro de Investigación Tibaitatá, donde lidera proyectos de investigación y vinculación tecnológica de cobertura nacional para pequeños y medianos ganaderos.







Agradecimientos

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), que a través de los proyectos "Implementación de estrategias de vinculación y transferencia de tecnología en la producción de cultivos forrajeros, producción y uso de ensilaje y suplementos alimenticios, que contribuyan a fortalecer sistemas de alimentación y producción ganadera en diversas regiones naturales de Colombia" y "Evaluación multilocacional de nuevo germoplasma forrajero" contribuyó a la realización de este manual. Agradecemos también a los asistentes de investigación Luz Stella Rodríguez Rozo y José Leonardo Téllez Huertas por su esfuerzo y esmero en campo para la producción de semilla. También, a las fincas de productores que permitieron el establecimiento, evaluación y cosecha para la elaboración de este manual. Finalmente, agradecemos al Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural (MADR) por promover y financiar estos proyectos.



Presentación

AGROSAVIA busca desarrollar tecnologías mediante la investigación científica para transformar de manera sostenible el sector agropecuario. Esta labor se complementa con la necesidad de difundir los resultados de investigación y ofertas tecnológicas. Por tal razón, este manuscrito se enfoca en la producción de semilla de calidad de materiales como avena, cebada y trigo para promover la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina del trópico alto colombiano.

Este manual presenta los resultados y experiencias de AGROSAVIA en la producción de semillas de cereales de grano pequeño en el trópico alto colombiano, con el fin de aumentar la productividad y garantizar la calidad de la semilla, especialmente para pequeños y medianos productores.

El presente manual inicia con la descripción, generalidades, importancia y principales características de la avena, la cebada y el trigo. Luego se aborda el proceso de producción de semilla que inicia con la planeación del cultivo, seguido de la selección y preparación del terreno, establecimiento del cultivo, desarrollo y mantenimiento del cultivo, cosecha, poscosecha y almacenamiento de la semilla (figura 1). Finalmente, el último capítulo realiza un análisis de los costos de producción de semilla acorde al proceso descrito.

Este documento está basado en la experiencia e investigaciones que AGROSAVIA ha venido desarrollando en cereales, especialmente en el altiplano cundiboyacense.

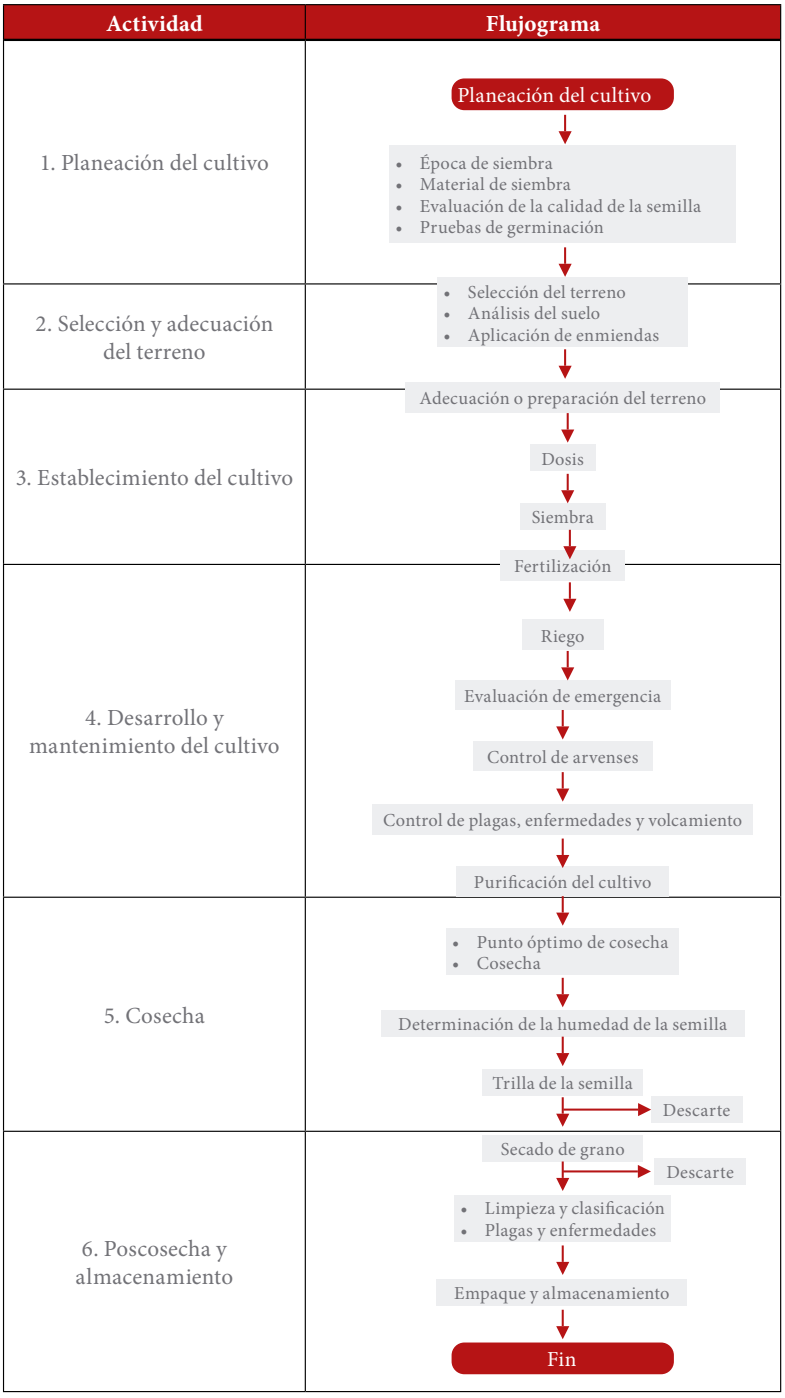


Figura 1. Flujograma de proceso para la producción de semilla de avena, cebada y trigo.
Fuente: Elaboración propia con base en la experiencia adquirida durante la evaluación de los materiales de avena, cebada y trigo







Capítulo I

Generalidades sobre los cereales de grano pequeño

Los cereales pequeños se definen como gramíneas anuales autógamas, como la avena (*Avena sativa*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el trigo (*Triticum aestivum*) y el triticale (x *Triticosecale* Wittmack). Estas especies son cultivadas para la alimentación humana, y también son suministradas como forraje para la alimentación animal y para la producción de concentrados para animales (Barraza Martín, 2019).

La cebada y el trigo fueron introducidos a Colombia por los españoles hacia mediados del siglo XVI (Patiño, 1969). En contraste, la avena no presenta referencias de introducción durante la dominación española (Patiño, 1969). Estos cereales se siembran en la región altoandina, entre los 1.800 a 3.200 m s. n. m., con intereses para la alimentación humana y animal, y para la producción de cerveza.

Actualmente, con las investigaciones realizadas en AGROSAVIA, enfocadas hacia la alimentación animal, la avena forrajera Altoandina se caracteriza por su buena producción de biomasa y relación hoja-tallo (Campuzano-Duque et al., 2020). Respecto a las cebadas forrajeras, se ha observado que sobresalen por su precocidad y buena producción de grano que ayuda a complementar la dieta de los animales. Finalmente, los trigos se caracterizan por su rusticidad y producción de grano.

Importancia del cultivo de cereales para la alimentación animal

El trópico alto colombiano se caracteriza porque produce más del 40 % de la leche a nivel nacional. Esta producción de leche se concentra en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Nariño (Superintendencia de Industria y Comercio [SIC], 2021).

Una de las principales problemáticas en los sistemas ganaderos bovinos de altura es el déficit de forraje, asociado a factores como la variabilidad climática, las heladas, la sequía, las inundaciones, el inadecuado manejo de los pastos, la competencia por la tierra y la falta de implementación de planes de finca que permitan reconocer el requerimiento de forraje durante el año. La falta de forraje de calidad lleva a adquirir suplementos alimenticios que suben los costos de producción, lo cual se ha acrecentado luego de la pandemia de covid-19 y la actual guerra entre Rusia y Ucrania.

Una estrategia para mitigar el déficit de forraje y los altos costos de producción es el uso de cereales de grano pequeño, que tienen potencial para usarse como fuente de forraje para épocas críticas y como suplemento en la dieta de los animales (Castillo et al., 2019). Lo anterior permite mejorar o mantener la producción de manera sostenible y competitiva.

La producción de semillas de cereal de calidad requiere ser incluida dentro del plan de finca para apoyar la producción de forraje que permita cumplir con los objetivos productivos del año.

Principales características productivas y desarrollo fenológico de los cereales de grano pequeño

Avena (*Avena sativa*)

La *Avena sativa* es una especie de grano pequeño originaria en Asia Menor (Coffman, 1961; Murphy & Hoffman, 1992). En Colombia es utilizada para la alimentación animal (Campuzano et al., 2018). Algunos la utilizan para pastoreo directo y otros para realizar ensilaje o henolaje. El consumo de este recurso alimenticio permite cubrir los requerimientos de materia seca (MS) de los animales o servir como complemento al forraje de pastoreo para lograr un mejor balance de la ración (Enciso et al., 2021).

Actualmente el cereal más estudiado y utilizado por los productores para la alimentación animal es la *Avena sativa* y es utilizada para enfrentar épocas críticas de forraje y para suplementar la dieta de los animales (figura 2).



Fotos: Javier Castillo

Figura 2. Avena forrajera. a. Cosecha de avena Altoandina; b. Avena Altoandina en estado de floración; c. Consumo de henolaje de avena Altoandia por el hato lechero de una finca en Lenguazaque (Cundinamarca).

La avena en Colombia ha sido clasificada como precoz, tardía e intermedia (tabla 1), en función del tiempo que se demora el cultivo en llegar a un estado fenológico de grano lechoso-pastoso, ideal para ensilar. Las avenas consideradas como precoces se caracterizan porque el tiempo de cosecha oscila alrededor de los 100 días después de la siembra, las avenas intermedias se cosechan cerca de los 135 días después de la siembra y las avenas tardías por encima de los 150 días después de la siembra. Es importante aclarar que los días para cosecha varían en función de las condiciones ambientales, incluyendo el suelo y el manejo agronómico del cultivo (Campuzano-Duque et al., 2022).

Tabla 1. Días para cosecha y tasa diaria de crecimiento de avenas precoces, intermedias y tardías, evaluadas en AGROSAVIA y usadas para la alimentación animal bovina del trópico alto colombiano en el estado de grano lechoso a pastoso

Avena	Días para cosecha	TDC (kg MS/ha/día)	Variedad
Precoz	90-110	30-50	Cayuse
Intermedia	120-140	52-67	Altoandina
Tardía	140-160	67-80	Everleaf

TDC: tasa diaria de crecimiento. MS: materia seca.
Fuente: Elaboración propia

Variedades de avena registradas en Colombia

A continuación, en la tabla 2 se indican las variedades de avena reportadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales.

Tabla 2. Variedades de avena consignadas en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA*

Variedad	Creador	Adaptación
ICA Cajicá	ICA	2.200-3.000 m s. n. m.
ICA Soracá	ICA	2.500-3.000 m s. n. m.
Obonuco Avenar	Corpoica e ICA	Nariño 2.400-3.200 m s. n. m.
Altoandina	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y AGROSAVIA	Región andina-altiplano cundiboyacense y nariñense

* Consultado en mayo de 2023.
Fuente: ICA (2023)

Sin embargo, la literatura reporta otras variedades en los años sesenta, como ICA Bacatá, ICA Gualcalá e ICA Soracá (Enciso et al., 2021). Además, en Colombia las casas comerciales importan otras avenas, como Wizard, Cayuse, Everleaf, Dorada y Green Máster, las cuales son utilizadas para alimentación animal.

Cebada (*Hordeum* sp.)

La domesticación de la cebada ocurrió en la creciente fértil de Israel-Jordania (Harlan & Zohary, 1966; Badr et al., 2000), y es de gran importancia para la alimentación humana y animal. En Colombia, la mayor producción de cebada con fines cerveceros ocurrió en el año de 1979 con una producción de 136.6 t (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya [Fenalce], 2023), pero a partir de la globalización del año 1991 la producción cayó significativamente y llegó a valores de 4,89 t en el 2023 (Fenalce, 2023).

Esta gramínea se clasifica según el número de hileras de granos en cebadas de dos y seis carreras (figura 3). Las cebadas de seis carreras tienden a ser más precoces y altas que las cebadas de dos carreras (AGROSAVIA, 2023).



Fotos: Javier Castillo y Edgar Mancipe

Figura 3. Cebada con dos carreras (izquierda) y seis carreras (derecha)

Algunos países como México reportan el uso de cebada sin aristas para la alimentación animal (González et al., 2021), ya sea para pastorear en el estado de embuchamiento, para ensilar en el estado de grano lechoso a pastoso o para cosechar el grano y molerlo para incluirlo en la dieta de los animales (figura 4). Los materiales de cebada del Banco de Germoplasma evaluados por AGROSAVIA han presentado en promedio una tasa diaria de crecimiento (TDC) de entre 30 y 50 kg de MS/ha por día (tabla 3).



Fotos: Javier Castillo

Figura 4. Cultivares de cebada con potencial forrajero en el altiplano cundiboyacense. a. Cebada en estado de floración; b. Espigas de cebada en estado de grano lechoso-pastoso; c. Cultivar de cebada próximo para cosecha de grano.

Tabla 3. Días para cosecha y TDC promedio de cebadas y trigos pertenecientes al Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA), con potencial para alimentación animal bovina del trópico alto colombiano, en estado de grano lechoso a pastoso, evaluados en el CI Tibaitatá

Especie	Días para cosecha	TDC (kg MS/ha/día)
Cebada	90-110	30-50
Trigo	120-140	46-60

TDC: tasa diaria de crecimiento. MS: materia seca.
Fuente: Elaboración propia

Variedades de cebadas registradas en Colombia

En el año 1952, la variedad Funza era la más común para la producción de cerveza en Colombia. En 1962, en la sabana de Bogotá, se lanzaron las variedades de cebada ICA-124 y Galeras (Zapata Belalcázar, 1969). Actualmente, la semilla Explorer es usada para la producción de cerveza industrial. En la tabla 4 se mencionan las variedades que se encuentran en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales.

Tabla 4. Materiales de cebada consignados en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA*

Variedad	Creador	Adaptación
Voyager	ICA y Bavaria	Altiplano cundiboyacense
Funza	ICA y Bavaria	1.900-3.200 m s. n. m.
FNC Cuchuco 163	Fenalce	Altiplano cundiboyacense
FNC Cuchuco 166	Fenalce	Altiplano cundiboyacense
Galeras	ICA y Bavaria	2.200-3.000 m s. n. m.
ICA Surbatá	ICA	2.400-2.800 m s. n. m.
ICA Tibaná	ICA	2.400-2.800 m s. n. m.
ICA Yanala	ICA	2.200-3.000 m s. n. m.
Mochaca	Agrofomento S. A.	2.600-3.000 m s. n. m.
Tibitó	Agrofomento S. A.	2.100-3.100 m s. n. m.
Unagro V PM6	Universidad Nacional	2.200-2.800 m s. n. m.
V124	ICA y Procebada	2.500-2.900 m s. n. m.
Quibenras	Malterías de Colombia e ICA	2.600-3.000 m s. n. m.

(Continúa)

(Continuación tabla 4)

Variedad	Creador	Adaptación
Facianar Esperanza	Universidad de Nariño	2.000-3.000 m s. n. m.
FNC Maltera 5	Fenalce	Altiplano cundiboyacense
FNC Maltera 2	Fenalce	Altiplano cundiboyacense
Metcalfe	Bavaria S. A.	Altiplano cundiboyacense
Explorer	Bavaria & Cía. S. C. A.	Altiplano cundiboyacense

*Consultado en mayo de 2023.
Fuente: ICA (2023)

Trigo (*Triticum aestivum*)

El trigo es originario de la creciente fértil de Medio Oriente que se extiende desde Jordania, Palestina y Líbano hasta Siria, Turquía, Irak e Irán (Harlan & Zohary, 1966). En Colombia, el trigo tuvo su época dorada entre 1920 y 1960, cuando se realizaron trabajos de mejoramiento genético a nivel nacional. La mayor producción de trigo se evidenció en el año 1960 con una producción total de 142 t (Fenalce, 2023). Sin embargo, la apertura económica condujo a una transformación en la economía nacional, lo que afectó la producción y el mejoramiento de nuevas variedades.

En el informe de AGROSAVIA (2023), se han identificado materiales de trigo con aristas y sin aristas (figura 5). La altura promedio de los trigos evaluados en AGROSAVIA varía desde los 70 hasta los 145 cm. El tiempo para cosechar el grano está por encima de los 150 días después de la siembra y requiere densidades de siembra superiores a la avena y la cebada.

Las tasas diarias de crecimiento de los trigos del Banco de Germoplasma variaron entre 40 y 60 kg de MS/ha por día. Es importante considerar que la semilla de trigo del Banco de Germoplasma evaluada en AGROSAVIA puede presentar latencia, es decir, dificultad para germinar por las condiciones propias de la semilla o por las condiciones ambientales.



Fotos: Javier Castillo

Figura 5. Cultivares de trigo con potencial forrajero. a. Trigo con buena relación de hoja-tallo; b. Trigo en estado de floración; c. Cultivar de trigo sin arista.

Variedades de trigo registradas en Colombia

Las variedades destacadas entre los años 1929-1960 son Picota, Bola y Diacol Nariño. En 1952 se lanza la variedad mejorada Menkemen. Entre 1961 y 1990 se lanzan las variedades Bonsa, Crespo, Tota, Tiba, Napo, Miramar, Yuriya, Sugamuxi y Samacá. Entre 1991 y 2000 se lanzaron las variedades Tenza, Hunza, Bochica, Yacuanquer, Gualmatán, Achalay, Obonuco Sequía 96 y Obonuco Sureño 97. Sobresalen las variedades Bochica e ICA Hunza, que son resistentes a la roya amarilla (Álvarez Sánchez & Chávez, 2017). En la tabla 5 se mencionan las variedades que se encuentran en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales.

Tabla 5. Materiales de trigo consignados en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA*

Variedad	Creador	Adaptación
Bochica	ICA	Altiplano cundiboyacense, 2.400-2.800 m s. n. m.
Bonza 63	ICA	2.400-2.700 m s. n. m.
Crespo 63	ICA	2.400-2.800 m s. n. m.
Facianar Promesa	U. de Nariño	Nariño, 2.000-3.000 m s. n. m.
FNC Galeras	Fenalce	Andina, mayor a 2.200 m s. n. m.
FNC Fénix	Fenalce	Andina, mayor 2.200 a m s. n. m.
FNC Tundama	Fenalce	Altiplano cundiboyacense, mayor a 2.500 m s. n. m.
ICA Achalay	ICA	Nariño, mayor a 2.400 m s. n. m.
ICA Engativá	ICA	2.200-2.800 m s. n. m.
ICA Gualmatán	ICA	Nariño, 2.000-3.000 m s. n. m.
ICA Hunza	ICA	Altiplano cundiboyacense, 2.200-2.800 m s. n. m.
ICA Samacá	ICA	2.300-2.700 m s. n. m.
ICA Sugamuxi	ICA	2.300-2.700 m s. n. m.
ICA Susata	ICA	2.200-2.800 m s. n. m.
ICA Tenza	ICA	Altiplano cundiboyacense, 2.400-2.900 m s. n. m.
ICA Yacuanquer	ICA	Mayor a 2.600 m s. n. m.
ICA Yuriya	ICA	2.200-2.700 m s. n. m.
ICA Zipa 68	ICA	2.300-2.700 m s. n. m.

(Continúa)

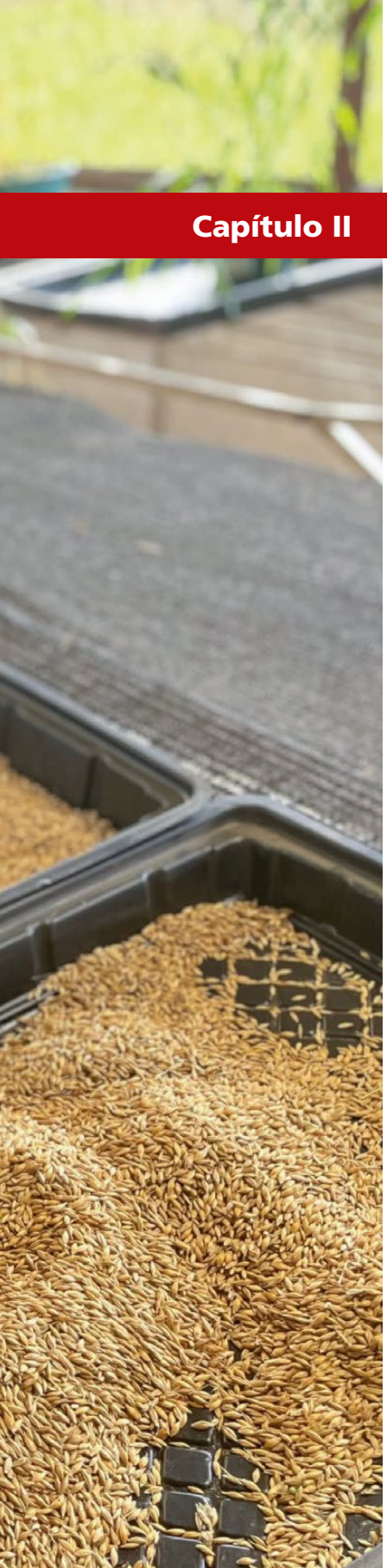
(Continuación tabla 5)

Variedad	Creador	Adaptación
Icata	ICA	2.000-3.000 m s. n. m.
Miramar 64	ICA	2.400-2.800 m s. n. m.
Napo 63	ICA	2.500-3.000 m s. n. m.
Obonuco Obando 98	ICA, Corpoica y Fenalce	Altiplano de Nariño
Obonuco Sequía 96	ICA, Corpoica y Fenalce	Altiplano de Nariño
Tiba 63	ICA	2.200-2.700 m s. n. m.
Tota 63	ICA	2.200-2.700 m s. n. m.

* Consultado en mayo de 2023.
Fuente: ICA (2023)







Capítulo II

Proceso para la producción de semilla de cereales de grano pequeño para condiciones del altiplano cundiboyacense

Las semillas son de vital importancia para la humanidad, pues son el principal método de propagación de plantas empleadas para innumerables fines, como alimentación, medicina, materia prima para industria, etc. (Duffus & Slaughter, 1980). En el mundo las semillas de cereales, es uno de los recursos más económicos del mundo con alto valor nutricional para la dieta de los humanos y los animales (Zhuang et al., 2018). Por lo anterior, producir semillas de cereal de calidad mediante la implementación de buenas prácticas agrícolas garantiza altos rendimientos y semilla de calidad para la alimentación animal o humana. Este capítulo muestra la metodología para la producción de semilla de cereales de grano pequeño basada en experiencias de AGROSAVIA en el altiplano cundiboyacense.

De acuerdo con las experiencias en AGROSAVIA, se sugiere que el manejo agronómico para las especies de trigo, cebada y avena es similar, por lo cual, a continuación, se presentan una secuencia de prácticas para las tres especies.

Planeación del cultivo de cereales

El uso de recursos como la tierra, construcciones, equipos y finanzas, aunado a insumos como los fertilizantes, permite producir semillas de cereales que se reflejan en ingresos económicos. Implementar buenas prácticas como planear la época de siembra, disponer de semilla de calidad, seleccionar zonas aptas para el cultivo, toma de muestras de suelo y planes de fertilización integral, entre otras, aumenta el rendimiento por unidad de superficie, produce semilla calidad y cuida el ambiente. Realizar seguimiento y conocer factores ambientales, sociales, técnicos y financieros ayuda a tomar decisiones e identificar oportunidades de acción como, por ejemplo, sembrar cuando inician las épocas de lluvia.

Proyectar o establecer metas sobre el rendimiento de la semilla es prioritario porque permite realizar acciones con motivación y compromiso para cumplir la meta. Tenga en cuenta que estas metas deben ser alcanzables y realistas. Luego, defina un plan de acción para iniciar con el establecimiento del cultivo.

Época de siembra

La época de siembra varía según las condiciones climáticas de la región. En este sentido, para garantizar un adecuado establecimiento de cereales es recomendable realizar la siembra cuando inicia la temporada de lluvias. Para el altiplano cundiboyacense, se recomienda realizar la siembra de cereales en marzo o en octubre, que son épocas de lluvias. Sin embargo, es importante estar actualizados sobre las noticias para enfrentar eventos climáticos como el fenómeno de la Niña y el Niño. Se recomienda garantizar la aplicación de riego cuando hay ausencia de lluvias y realizar drenajes cuando hay excesos de lluvias.

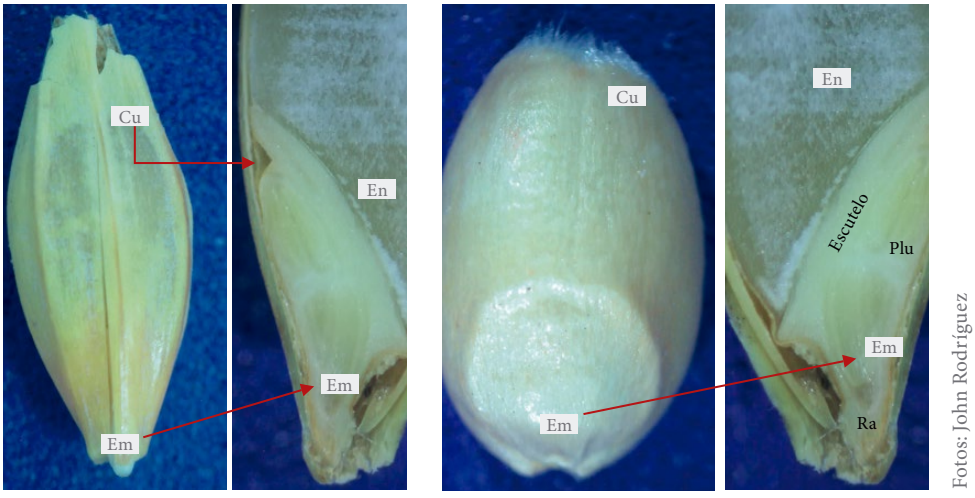
Material de siembra

Según el objetivo definido, garantice semilla de calidad, certificada y de pureza (es decir, que no esté mezclada con otras variedades) para garantizar un adecuado porcentaje de germinación y vigor. Se recomienda seleccionar una sola especie, es decir, solo avena, solo cebada o solo trigo por ciclo de cultivo.

Evaluación de la calidad de las semillas de avena, cebada y trigo

Las evaluaciones de semillas son pruebas que se realizan para conocer los atributos de calidad de un lote de semilla, en particular, los asociados a la variedad, la época y el lugar de producción. De manera general, se menciona la calidad de la semilla, cuya demarcación está asociada a la viabilidad, como primer parámetro, seguida por el potencial de germinación y vigor. La calidad física se relacionada con el contenido de humedad y con la integridad y pureza de las semillas. Sin embargo, existen otros parámetros no menos importantes, como la presencia de otras semillas y la condición sanitaria.

La calidad de la semilla ha sido definida por la resolución ICA 003168 del 2015 como un conjunto de atributos entre los que se destacan el físico, el fisiológico, el sanitario y el genético. La semilla se puede definir como una planta pequeña constituida por el embrión, con una reserva de alimento (endospermo o cotiledón) y una capa protectora o cubierta (figura 6).



Fotos: John Rodríguez

Figura 6. Partes de la semilla de cebada (izquierda) y trigo (derecha): embrión (Em); endospermo (En); cubiertas (Cu), radícula (Ra) y plúmula (Plu).

Los análisis de calidad les indican a los agricultores el estado fisiológico de la semilla que será usada en las producciones agrícolas a partir de los resultados obtenidos. Por otra parte, son garantes del valor de la semilla o del cumplimiento de la normatividad nacional para la comercialización. A partir del conocimiento de la calidad y las condiciones para la producción se puede establecer el manejo apropiado para optimizar la producción.

La metodología de evaluación de la calidad fisiológica por la prueba de germinación estándar incluye los requisitos del sustrato que se debe emplear, la temperatura, la humedad y la luz, a los cuales deben ser sometidas las semillas para lograr la máxima expresión del potencial de germinación.

Pruebas de germinación

Una prueba de germinación de semilla evalúa el crecimiento y desarrollo de una plántula hacia el estado en el cual es posible identificar sus estructuras fundamentales y establecer si puede continuar su desarrollo en condiciones favorables en campo. Al realizar una prueba de germinación, se busca conocer el poder germinativo de una muestra representativa del lote de semilla ofreciendo condiciones óptimas de temperatura, luz, humedad y sustrato.

La prueba de germinación para semillas de cebada, trigo y avena, de acuerdo con el método de referencia de la International Seed Testing Association ([ISTA], 2016), establece que como sustrato es posible emplear papel (papel de germinación o toallas) o una mezcla de suelo y arena. La temperatura óptima para el desarrollo de la semilla es de 20 °C. Cuando se emplea papel como sustrato, se deben realizar evaluaciones en el cuarto y el séptimo día después de siembra (figura 7).



Fotos: Edison Baquero

Figura 7. Diferentes tipos de sustrato recomendados para realizar pruebas de germinación estándar para especies de cereales (avena, trigo y cebada). a, b y c. Papel de germinación, método entre papel; d. Sobre papel de germinación; e y f. Mezcla de suelo y arena; g y h. Toallas de papel.

Cualquiera que sea el sustrato seleccionado, se hacen cuatro repeticiones de 25, 50 o 100 semillas dependiendo de la disponibilidad. Al emplear papel, las semillas son dispuestas y distribuidas sobre una toalla previamente humedecida y se cubren con otra. Posteriormente, se hacen rollos que son ubicados de forma vertical dentro de una bolsa para mantener la humedad durante la prueba. Si se emplea arena, las semillas se depositan sobre una capa de arena de al menos tres centímetros de espesor y se cubren con una capa de un centímetro. Posteriormente se llevan a un cuarto de crecimiento, una cámara de germinación o algún espacio en donde la temperatura sea de 20 °C (figura 8), con un fotoperiodo de al menos 10 horas de luz. En la tabla 6 se indican las condiciones óptimas recomendadas por la ISTA para realizar las pruebas de germinación estándar.



Fotos: John Rodríguez

Figura 8. Pruebas de germinación de especies de cereales. a. Cámara de germinación; b. Cuarto de crecimiento.

Una semilla viable inicia la germinación cuando es ubicada en condiciones óptimas de humedad, temperatura, oxígeno y luz. El proceso se da a partir de la absorción de agua que conlleva un hinchamiento de la semilla, el posterior ablandamiento de las cubiertas de la semilla y la emergencia de la raíz (figura 9).



Fotos: John Rodríguez

Figura 9. Germinación de semillas al cuarto día después de iniciada la prueba. a. Semillas de trigo sobre toalla de papel; b. Desarrollo de estructuras fundamentales de la plántula de trigo.

Tabla 6. Recomendaciones para realizar las pruebas de germinación en semillas de cereales: entre papel (EP), arena (S) y sobre papel (SP)

Cultivo	Especie	Sustrato	Temperatura (°C)	Conteo inicial (días)	Conteo final (días)	Recomendaciones para romper la dormancia
Avena	*Avena sativa*	EP-S	20	5	10	Precalentamiento; enfriamiento
Cebada	*Hordeum vulgare*	EP-S	20	4	7	AG_3, KNO_3, enfriamiento
Trigo	*Triticum aestivum*	SP-EP-S	20	4	8	Precalentamiento; enfriamiento; AG_3

AG_3: ácido giberélico. KNO_3: nitrato de potasio.
Fuente: Elaboración propia con base en International Seed Testing Association ([ISTA], 2016)

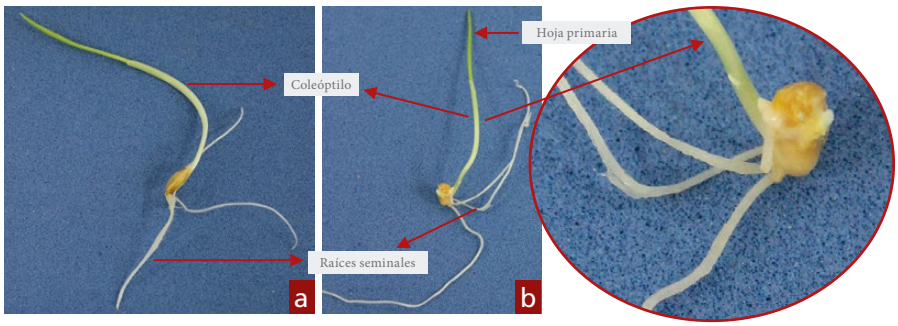
Cuando se emplea papel (toalla o papel de germinación) como sustrato, la evaluación de la germinación de semillas se realiza en dos periodos. La primera evaluación está relacionada con la energía germinativa y es un indicador del vigor de la semilla: entre más alto sea el porcentaje de plántulas normales en la primera evaluación, se puede interpretar como un alto vigor de la semilla. Cuando se emplea arena o mezcla, se hace la evaluación al final de la prueba (figura 10).



Fotos: Edison Baquero

Figura 10. Germinación de semillas de trigo listas para evaluación. a. Entre papel; b. En mezcla de suelo y arena.

Las evaluaciones consisten en revisar cada semilla puesta en la prueba. Las semillas que germinan se clasifican en plántulas normales o anormales, y esta categorización se fundamenta en el desarrollo de las estructuras fundamentales: las plántulas normales presentan adecuado desarrollo de raíces y brotes esenciales que permiten el desarrollo normal hacia una planta adulta en condiciones ambientales y de suelo favorables (figura 11), mientras que las plántulas anormales son incapaces de desarrollarse debido a deficiencias y fragilidad que presentan en el crecimiento de los órganos radical y apical (figuras 12 y 13). La ISTA hace tres clasificaciones de las plántulas anormales: dañadas, que no tienen alguna de sus estructuras esenciales; deformes o desequilibradas a causa de alteraciones fisiológicas o bioquímicas durante el proceso de producción, envejecimiento de las semillas o colecta de semilla sin madurez; y podridas o enfermas. Para los cereales (avena, cebada y trigo), se pueden presentar coleóptilos rotos, retorcidos, en forma de espiral, o raíces raquíticas con geotropismo negativo.



Fotos: John Rodríguez

Figura 11. Desarrollo de plántulas normales. a. Cebada; b. Trigo.



Fotos: John Rodríguez

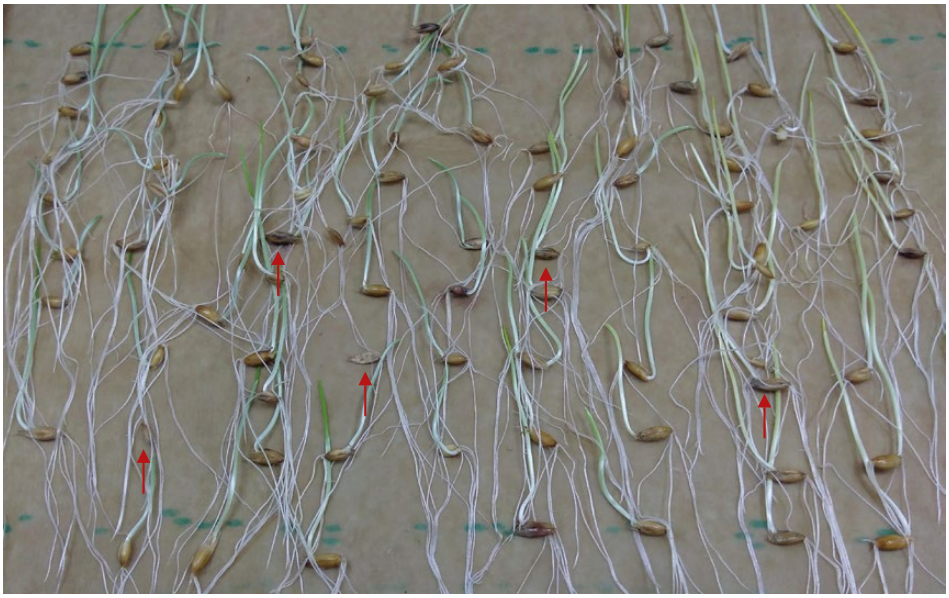
Figura 12. Plántulas anormales de cebada.



Fotos: John Rodríguez

Figura 13. Plántulas anormales de trigo.

Las semillas que no germinan en el último día de la evaluación se clasifican en frescas, duras y muertas. Por lo general, en semillas de cereales, por las características de la especie, se observan semillas frescas y muertas: las primeras se caracterizan por absorber agua produciendo hinchamiento de la semilla sin emergencia de radícula u otra estructura, mientras que las muertas presentan contaminación o descomposición (figura 14). Al encontrar un alto número de semillas sin germinar clasificadas como frescas, es recomendable realizar una prueba de la viabilidad por tetrazolio, que permitirá establecer la condición viva o muerta de cada semilla de acuerdo con la tinción que presente el embrión. Las semillas vivas indican que el lote de semilla de donde proviene la muestra presenta dormancia.



Fotos: John Rodríguez

Figura 14. Prueba de germinación de avena. Las flechas rojas indican las semillas sin germinar.

El resultado de la prueba de germinación se expresa en porcentaje, calculado a partir del promedio de las cuatro repeticiones que se obtienen del número de plántulas normales durante el tiempo establecido para la prueba, así como para las plántulas anormales y las semillas frescas y muertas. La suma de los porcentajes debe ser 100. En la tabla 7 se presenta un ejemplo de una prueba de germinación de cebada y el cálculo del parámetro de germinación.

Tabla 7. Resultados de una prueba de germinación de avena Altoandina, utilizando cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, con un sustrato entre papel y una temperatura constate de 20°C (febrero de 2023).

Repetición	Evaluación de germinación de plántulas normales			Evaluación de plántulas anormales	Semillas			Total
	Dia: 5	Dia: 8	Total		Frescas	Duras	Muertas	
1	29	56	**85**	**12**	0	0	3	**100**
2	29	63	**92**	**8**	0	0	0	**100**
3	25	57	**82**	**14**	0	0	4	**100**
4	28	50	**78**	**14**	0	0	8	**100**
Suma	111	226	**337**	**48**	0	0	15	**400**
Promedio (%)	**27,75**	**56,50**	**84,25**	**12**	**0**	**0**	**3,75**	**100**

Fuente: Elaboración propia

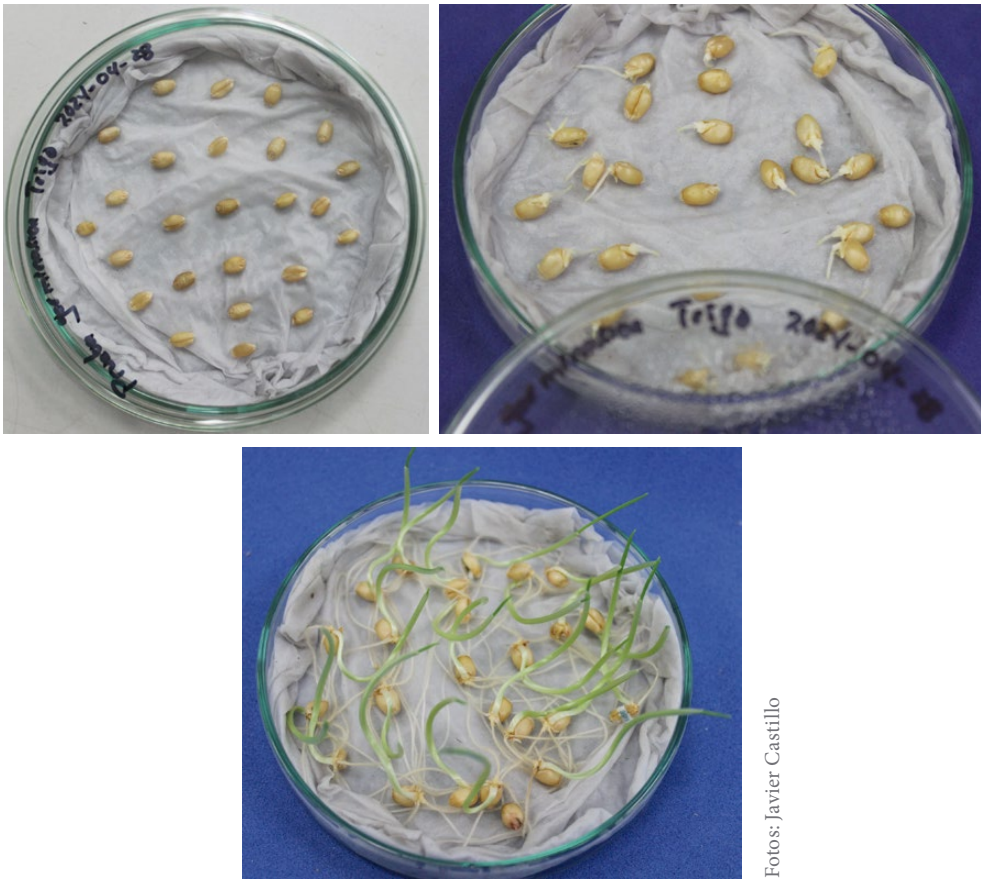
Prueba de germinación casera

Esta prueba le permitirá al agricultor determinar la calidad de la semilla que posee. Siembre semillas con porcentaje de germinación mayores al 80 %. Esta prueba también permite calcular la cantidad de semillas que debe o necesita sembrar en su lote o terreno (figura 15).

La prueba de germinación consiste en comprobar la capacidad de germinar que tiene la semilla que se va a sembrar. A continuación, se describe el paso a paso de dicha prueba:

1. Conseguir recipientes plásticos desechables (lavar bien y desinfectar con agua hirviendo o cloro).
2. Colocar en el fondo del recipiente una servilleta o toalla absorbente (recipiente base).
3. Humedecer la servilleta o toalla con atomizador, sin que esta se inunde (drenar el exceso si es necesario).
4. Colocar entre 25 y 30 semillas sobre la servilleta humedecida.
5. Tapar el recipiente y sellar con algún tipo de cinta adhesiva.
6. Marcar el recipiente con datos como: especie, procedencia de la semilla, número de semillas colocadas y fecha de inicio de la prueba.

7. Colocar el recipiente en un lugar seguro, oscuro y protegido de la entrada de corrientes de aire.
8. Revisar diariamente el nivel de humedad en la servilleta. Normalmente se adiciona agua dos veces al día (mañana y tarde), pero si cuentan con suficiente humedad no se realiza riego.
9. Tomar el dato del número de plantas germinadas el día 12 después de establecida la prueba y calcular el porcentaje, basado en el número inicial de semillas. Si se colocaron 25 semillas inicialmente y germinaron 21, el porcentaje de germinación es del 84 % (21 ÷ 25 * 100).



Fotos: Javier Castillo

Figura 15. Prueba de germinación de trigos con potencial forrajero.

Ejemplo: para establecer un cultivo de avena Altoandina se requieren 60 kg/ha de semilla, sin embargo, el porcentaje de germinación fue del 85 % (de 100 semillas germinaron 85). Para ajustar la densidad de semilla a sembrar se utiliza la siguiente formula:

$$x = \frac{60\ \text{kg/ha} * 100\ \%}{85\ \%} = 70{,}6\ \text{kg/ha}$$

El resultado nos indica que debemos sembrar 70,6 kg/ha de semilla de avena Altoandina.

Selección y adecuación del terreno

Para el establecimiento y manejo agronómico de los cereales es importante considerar las condiciones agroecológicas de la región (Merchancano Rosero et al., 2022).

Selección del terreno

Para seleccionar el terreno que se planea establecer se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- De acuerdo con la planeación previa, afirmar el área por sembrar y seleccionar un terreno único para el cultivo que se va a establecer, y facilitar el manejo.
- Se recomienda seleccionar terrenos con buena fertilidad en el suelo.
- Conocer el historial del terreno. Por ejemplo, cultivos anteriores, especies forrajeras, arvenses, plagas o enfermedades presentes en el lote y fertilizantes aplicados, entre otros.
- Usar preferiblemente un lote que no esté establecido con pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), o raigrás naturalizado (*Lolium* sp).
- Seleccionar terrenos o lotes que tengan fácil acceso a maquinaria y animales.
- En lo posible, priorizar terrenos con adecuada infraestructura vial para el acceso y con buen drenaje para evitar posibles encharcamientos.
- Se recomienda usar terrenos cuyas pendientes no sean superiores al 20 % (Merchancano Rosero et al., 2022). En lo posible, usar lotes con topografía plana.
- Evitar lotes que sean áreas de reserva o zonas de conservación.
- Identificar lotes con cercanía a reservorios de agua para facilitar el riego en caso de requerirlo. Debido a la variabilidad climática, para la producción de avena, cebada y trigo, es de gran importancia tener reservorios de agua y equipos de riego con el fin de garantizar su disponibilidad en los primeros estados fenológicos del cultivo.

- Seleccionar terrenos que tengan un adecuado cerramiento para evitar el ingreso de animales.
- El terreno seleccionado no debe haber sido sembrado con avena, trigo o cebada (Ponce-Molina et al., 2022). En su defecto, el tiempo de descanso respecto a siembras anteriores para producir semilla con cereales debe ser mínimo de seis meses.

Análisis de suelo

En las labores de planeación es importante realizar un análisis del suelo previo a la siembra para definir el plan de fertilización y la aplicación de enmiendas (si es necesario). Para ello, puede seguir las recomendaciones de AGROSAVIA.

El barreno es la herramienta más apropiada para el muestreo, ya que garantiza una cantidad y profundidad de muestra por punto bastante homogénea. El muestreo también se puede realizar con una pala o palín haciendo un hoyo de por lo menos 20 cm de profundidad (área de acción de las raíces).

Se toma aproximadamente 1 kg de la muestra homogenizada, se empaca en una bolsa y se etiqueta para el posterior envió al laboratorio (anexo 1). Es conveniente que los resultados obtenidos del análisis de suelos sean interpretados por un ingeniero agrónomo o agente extensionista a cargo del manejo del cultivo, quien realiza las recomendaciones para las enmiendas, la fertilización y la adecuación del terreno.

Aplicación de enmiendas

Cuando el suelo presenta un pH por debajo de seis es indispensable aplicar enmiendas calcáreas para asegurar un pH neutro que permita una mayor disponibilidad de nutrientes para lograr altos rendimientos de semilla y resistencia a enfermedades (Osorno Henao, 2012). Así mismo, esto mejora la actividad microbiana y la estructura del suelo (Ponce-Molina et al., 2022). La aplicación de cal (encalar) se debe realizar al menos dos meses antes de la siembra. La cantidad de cal para aplicar depende de los resultados del análisis de suelos. Así mismo, es importante realizar la aplicación de materia orgánica con el fin de mejorar la estructura del suelo y disminuir el uso de fertilizantes sintéticos a largo plazo (figura 16).

Se recomienda realizar la aplicación de cal y materia orgánica antes de la mecanización para que sea incorporada al suelo.



Fotos: Javier Castillo

Figura 16. Lotes donde se realizó la aplicación de cal (arriba) y materia orgánica (abajo).

Adecuación del terreno

Aplicación de herbicida preemergente

Las arvenses son competencia cuando el cultivo está emergiendo e iniciando su fase de macollamiento, es decir, cuando crecen tallos secundarios. Es importante controlar especies de gramíneas como el raigrás y el pasto kikuyo. Por lo anterior, se recomienda la aplicación de un herbicida 15 días antes de la preparación del suelo.

Cuando el terreno proviene de un cultivo de pasto kikuyo es importante sobrepastorear, y cuando rebroten las primeras hojas se debe aplicar un herbicida (Enciso Valencia et al., 2020). Luego se recomienda retirar los estolones del área de siembra con el fin de evitar competencia, lo cual se debe hacer por lo menos dos meses antes de la siembra, como manera eficiente para el control de arvenses (figura 17).



Fotos: Javier Castillo

Figura 17. Aplicación de herbicida preemergente (izquierda) y después de preparar el terreno (derecha).

Preparación del terreno

Preparación mecánica

Previo a la mecanización, es importante considerar que la preparación del suelo debe realizarse cuando el suelo tenga una humedad adecuada para garantizar una apropiada preparación y germinación de las semillas (Campuzano et al., 2018).

La preparación o adecuación del suelo constituye una labor de suma importancia para la siembra de cereales. El objetivo es dejarlo suelto, sin terrones grandes, facilitando de esta manera la buena emergencia y el posterior desarrollo del cultivo.

En el altiplano cundiboyacense, la mayor parte del cultivo de cereales se hace en zonas con pendientes menores al 20 %, por lo que es recomendable:

- En terrenos con pendientes, se recomienda realizar la preparación en contra de la pendiente (Enciso Valencia et al., 2020).
- Utilizar labranza vertical con uno o dos pases de cincel (Campuzano et al., 2018).
- Después, utilizar rastra sin traba para permitir la aireación de la capa subsuperficial de suelo, disminuir la compactación y hacer la cama para la semilla.
- En suelos fácilmente inundables se recomienda surcar o hacer zanjas en el área de siembra. Finalmente, se sugiere consolidar el suelo (apretar) para garantizar una adecuada cama para la semilla. Es importante caminar el lote y verificar que no se hunda el zapato o la bota en el suelo, pues podría profundizar demasiado la

semilla y no habría una germinación adecuada. Además, el anclaje de la planta en el suelo podría tardar o verse afectado, lo que resultaría en pérdidas porque podría ocurrir volcamiento del cultivo. Es importante aclarar que consolidar no significa compactar, ya que cuando se compacta el suelo la semilla tendrá dificultad para que la raíz penetre en las capas y esto afectará el desarrollo de los cereales.

Preparación manual

Cuando son áreas pequeñas, en muchos casos la consecución de maquinaria es difícil y no se justifica por el costo. Por lo anterior, algunos productores prefieren realizar la preparación del terreno de manera manual con azadón (figura 18).



Fotos: Javier Castillo

Figura 18. Preparación de terreno de manera manual para la siembra de cereales.

Establecimiento del cultivo

Dosis

La dosis de siembra varía según la especie y el peso de la semilla, y esta se debe ajustar de acuerdo con el porcentaje de germinación que presenta la semilla. En la tabla 8 se relaciona la densidad de siembra y el número de semillas de cereales sembrados al voleo o en surcos.

Tabla 8. Densidad de siembra y número de semillas por hectárea de las especies de avena, cebada y trigo para la producción de semilla

Especie	Kg/ha	Semilla/ha*
Avena	60-70	1.7500.000
Cebada	110-120	2.000.000
Trigo	140-150	3.600.000

*Datos obtenidos de la evaluación de materiales de cebada y trigo pertenecientes al Banco de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA) administrado por AGROSAVIA.
Fuente: Elaboración propia con base en evaluaciones realizadas en marco del proyecto "Evaluación multilocacional de nuevo germoplasma forrajero"

Siembra

Para la siembra de los cereales, recuerde que es importante usar semillas de calidad para garantizar una mayor productividad. De la calidad del material de siembra que se va a emplear depende la sanidad del cultivo y por ende el rendimiento de la cosecha. Se debe sembrar semilla con un porcentaje de germinación superior al 85 % (Campuzano et al., 2018), en buen estado físico, fisiológico, fitosanitario y genético. La siembra debe coincidir con la época de lluvias (Enciso Valencia et al., 2020) para garantizar un buen crecimiento, desarrollo y rendimiento, y cuidar que la cosecha coincida con la época seca con el fin de garantizar la calidad de la semilla obtenida.

Cuando se compra semilla comercial es necesario revisar la ficha técnica de la variedad para conocer parámetros de adaptación, por ejemplo, características agronómicas, metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) y región para la cual se adapta la variedad.

Tipo de siembra

Siembra con voleadora. Aplica la semilla de manera uniforme y rápida. Se ajusta la dosificación con una escala graduable (figura 19a).

Siembra en surcos. Este método es dispendioso, pero es más eficiente porque se tiene control del cultivo. Se pueden realizar labores más precisas como control de arvenses, fertilización eficiente y facilitar el acceso de personas, ya que esto también facilita la realización de drenajes. Es aconsejable que para terrenos muy secos y compactos se realice la siembra en surcos separados a 30 cm entre sí (figura 19b).

Siembra manual al voleo. Las semillas de cereales son ligeras, por lo cual es importante realizar subdivisiones en el lote y es conveniente dar brazadas cruzadas para que la semilla quede distribuida de manera uniforme (figura 19c).

También se puede realizar la siembra con una sembradora de precisión, sin embargo, la consecución de este implemento es difícil.



Fotos: Javier Castillo

Figura 19. Formas de realizar la siembra de cereales. a. Voleadora calibrada; b. Suelo surcado; c. Siembra de forma manual al voleo.

Tapado de la semilla y profundidad de siembra

Tapar las semillas garantiza la germinación y evita que las aves se las coman. El tapado de la semilla se debe realizar con implementos como cadenas, ramas de árboles o rastra liviana (figura 20). La profundidad de siembra debe ser siete veces el grosor de la semilla: para la avena, 2 a 3 cm (Campuzano et al., 2018; Enciso Valencia et al., 2020), para la cebada, 2 cm, y para el trigo, 2 cm.



Fotos: Javier Castillo

Figura 20. Tapado de semilla. a. Manual; b. Mecánica.

Plan de fertilización

Para aumentar la productividad y minimizar el impacto ambiental generado por la aplicación de fertilizantes es fundamental determinar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Teniendo en cuenta lo anterior, el plan de fertilización integrada en cultivos de cereales se debe implementar con base en el análisis de suelos y en el monitoreo del estado nutricional de las plantas.

En la tabla 9 se relacionan las recomendaciones de aplicación de minerales en cultivos de cereales de grano pequeño para obtener un rendimiento promedio de 3 a 3,5 $t.ha^{-1}$ de grano limpio de avena, trigo y cebada.

Para los cereales, es recomendable fraccionar las aplicaciones de nitrógeno (N) y potasio (K) durante el ciclo del cultivo. En la siembra se debe aportar el 40 % del total. El restante del mineral se puede aplicar en los estados de macollamiento (30 %) y embuchamiento (30 %).

La fertilización fosfatada (P) tienen una baja eficacia, menor al 20 %, debido a factores que promueven la fijación de este mineral en el suelo. Teniendo en cuenta las limitantes para este nutriente, la aplicación localizada (surcos) es más eficiente respecto a la aplicación a voleo y se recomienda la aplicación de su totalidad en la siembra, acorde a los resultados del análisis de suelo.

Nutrientes como azufre, magnesio y boro son indispensables y es importante realizar las aplicaciones de estos en su totalidad antes o en la siembra, según los resultados del análisis de suelo (tabla 7).

Tabla 9. Nutrientes aplicados en los cultivos de cereales de grano pequeño evaluados por AGROSAVIA

Nutriente	Especie*		
	Avena	Cebada	Trigo
	Dosis (kg/ha)		
N	150- 200	100-150	150-200
P_2O_5	70-80	80-100	60-70
K_2O	100-150	60-100	100-150
S	20	20	30
Ca	35	25	15
Mg	25	25	30
B	15	15	15

* Datos obtenidos de la evaluación de materiales de avena, cebada y trigo pertenecientes al Banco de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA) administrado por AGROSAVIA.
Fuente: Elaboración propia con base en evaluaciones realizadas en marco del proyecto "Evaluación multilocacional de nuevo germoplasma forrajero"

Desarrollo y mantenimiento del cultivo

Aplicación de riego

Para garantizar el crecimiento adecuado de los cereales es importante garantizar la humedad en el suelo, especialmente hasta el estado de inicio de floración. Así mismo, se deben controlar los niveles de humedad en el suelo con el fin de reducir la presencia de algunos patógenos.

Evaluación de emergencia, seguimiento y monitoreo del lote sembrado

La fecha de emergencia se define como la fecha en que más del 50 % de la población sembrada ha emergido y se observa que el coleóptilo está por encima del suelo (Castellanos-Navarrete et al., 2017). La evaluación de germinación se efectúa antes de que las plantas empiecen a formar hojas y se deben realizar al menos tres conteos por sitio en un área de 0,5 m^2. La cantidad de sitios para realizarla varía según el número de semillas sembradas en el lote, pero mínimo deben ser 30 evaluaciones por hectárea. Con estas evaluaciones se hace un análisis y esto permite tomar decisiones (resiembras, control de plagas, enfermedades y determinar el momento óptimo de cosecha).

Control de arvenses

El control de arvenses es importante en el cultivo de cereales porque estas compiten por luz, espacio, agua y nutrientes, lo cual disminuye la respuesta productiva. Un manejo integrado de arvenses tiene el objetivo de fomentar un buen manejo y control de las especies no deseadas, para obtener una buena producción de semilla de cereales. Es muy importante conocer las especies vegetales no deseadas, la magnitud del área afectada y la época oportuna para realizar el control.

Las principales arvenses que se presentan cuando se establece un cultivo de cereales son nabo amarillo (*Brassica campestris*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), senecio (*Senecio inaequidens*), lengua de vaca (*Rumex acetocella*), gualola (*Polygonum segetum*) y cerraja (*Sonchus oleraceus*). También, gramíneas como el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), la avena negra (*Avena fatua*) y el raigrás anual (*Lolium multiflorum*) (figura 21).



Nabo amarillo
(*Brassica campestris*)



Rábano
(*Raphanus raphanistrum*)



Senecio
(*Senecio inaequidens*)



Lengua de vaca
(*Rumex acetocella)*



Gualola o barbasco
(*Polygonum segetum* Kunth)



Cerraja
(*Sonchus oleraceus*)

Fotos: Javier Castillo

Figura 21. Principales arvenses presentes cuando se establece un cultivo de cereales.

Métodos de control

Es importante recalcar que no debemos esperar a que el cultivo de cereales compita con especies que se desarrollan de manera rápida porque la productividad se verá afectada de manera drástica, por lo cual es importante realizar prácticas de control.

Control preventivo

Se busca evitar la dispersión de las arvenses y por eso es importante:

- Realizar buenas prácticas de labranza en el suelo (Merchancano Rosero et al., 2022) o aplicar herbicidas antes de la siembra y al momento de la siembra para que las arvenses no prosperen.
- Retirar manualmente aquellas arvenses de porte alto y gran persistencia (p. ej., cardo).
- Evitar que las semillas de arvenses se mezclen con las semillas del cultivo.
- Rotación de cultivos: diferentes cultivos requieren diferentes prácticas de manejo, lo cual rompe el ciclo vegetativo de las arvenses (Boincean & Dent, 2019).
- En lotes establecidos con pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), se recomienda establecer un cultivo de papa antes de sembrar cereales.
- Manejo de residuos de cultivos (evitar que las arvenses germinen).
- Prevenir que la arvense produzca semilla: cuando la arvense emite su órgano floral, se recomienda cortarla con el fin de evitar que se reproduzca.

Control cultural de arvenses

- Es importante considerar la época y la densidad de siembra porque mejora el rendimiento del cultivo.
- Seleccionar semillas de calidad permite un mejor desarrollo del cultivo.
- Utilizar enmiendas y un adecuado plan de fertilización permite el apropiado desarrollo del cultivo y mejora el rendimiento por unidad de superficie.

Control mecánico de arvenses

Es posible controlar las arvenses con equipos o herramientas de uso común dentro de la finca, como:

- Rastrillo californiano
- Rastrillos
- Guadañadora
- Machete
- Azadón

Control químico

La aplicación de herbicidas debe integrarse con las prácticas de manejo mencionadas. El crecimiento rápido de las arvenses de hoja ancha conlleva que las avenas, trigos y cebadas compitan por luz y nutrientes. Por lo general, se recomienda realizar la aplicación de un herbicida preemergente (0,2 L/ha) 20 a 30 días antes del inicio de la mecanización.

Es importante el monitoreo del cultivo para la evaluación de arvenses. Por lo general, en el estado de macollamiento de los cereales (avena, cebada y trigo) se sugiere realizar la aplicación de un herbicida para arvenses de hoja ancha. El ingrediente activo utilizado en el control de estas arvenses es el metsulfurón-metil a razón de 12 g/ha.

Control de plagas y enfermedades

Plagas

La presencia de insectos plagas en el cultivo de cereales es grande, si bien en este documento solo se mencionan algunas que se han evidenciado en las nuevas experiencias de AGROSAVIA en el altiplano cundiboyacense. La chisa (*Ancognatha* spp.), la chinche de los pastos (*Collaria* sp.) y los áfidos (*Schizaphis graminum*) son algunas de las principales plagas observadas (figura 22). En las experiencias en los cultivos de cereales (avena, trigo y cebada) evaluados en el altiplano cundiboyacense no se han realizado aplicaciones de insecticidas para el control de insectos plaga. Así mismo, se debe tener en cuenta que los pájaros también afectan el rendimiento del cultivo. Por lo anterior, es importante realizar monitoreo constante al cultivo para definir el método de control. Si presenta alguna plaga en específico, es importante consultar con el agente extensionista de la zona.



Fotos: Javier Castillo

Figura 22. Plagas que atacan los cultivos de cereales. a. Larvas de chisa (*Ancognatha* spp.); b. Hoja de cebada tacada por la chinche de los pastos (*Collaria* sp.).

Enfermedades

La principal enfermedad que afecta los cereales es la roya (*Puccinia* sp.), que ocasiona grandes pérdidas en los cultivos de cereales para la producción de grano y forraje (Zillinsky, 1984) (figura 23). El uso de fungicidas en las hojas de los cereales es una manera eficaz de control, sin embargo, es importante considerar los costos y el momento de aplicación. En la experiencia de AGROSAVIA en el altiplano cundiboyacense para el control de roya de la hoja, se aplicó el ingrediente activo propiconazol a razón de 0,5 L/ha. Otra de las enfermedades que afecta a los cereales es el carbón volador (*Ustilago* sp.), y como medida de control preventivo se debe desinfectar la semilla antes de la siembra con ingredientes activos como carbendazim (0,5 g/kg) o benomil (0,4 g/kg) (Merchancano Rosero et al., 2022). La mancha gris (*Helminthosporium* sp.) es una enfermedad que se presenta en la avena forrajera Altoandina en el altiplano cundiboyacense, sin embargo, no ha sido necesario el control de esta enfermedad debido a la baja incidencia y severidad. El oídio o cenicilla (*Eryshipe graminis*) se presenta después del estado de macollamiento y su control se realiza con la aplicación de fungicidas cuando la severidad es alta (Merchancano Rosero et al., 2022). Una manera efectiva para el control de enfermedades es la selección de variedades que sean resistentes a estas para evitar la aplicación de fungicidas (Zillinsky, 1984).

También se reporta, y se ha evidenciado, el virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley yellow dwarf virus [BYDV]), que es transmitido por áfidos. Este virus se identifica porque se nota un color amarillo brillante en las hojas de cebada y trigo o enrojecimiento en las hojas de avena. Comienza en la punta de las hojas y se desarrolla hacia la base, y las plantas también presentan enanismo, mucho macollamiento y se observa la presencia de áfidos (Zillinsky, 1984).



Roya amarilla (*Puccinia striiformis*)

Mancha de la cebada (*Pyrenophora teres*)

Fotos: Javier Castillo

Figura 23. Principales enfermedades que afectan los cereales. a. Roya amarilla; b. Mancha de la cebada.

Volcamiento o acame

Los cereales pueden presentar volcamiento o acame desde que inician el estado de elongación de tallos. Esto puede ocurrir porque el suelo está muy suelto y las plantas no presentaron buen anclaje, lo cual indica que hace falta adaptar procesos de consolidación del suelo (leve compactación del suelo por medio de implementos), o por una alta densidad de siembra y falta de aplicación de nutrientes en la planta como el potasio (K) (figura 24).



Fotos: Javier Castillo

Figura 24. Volcamiento o acame de un cultivar de cereal.

Purificación del cultivo

Esta práctica busca eliminar plantas diferentes a las cultivadas. También se busca seleccionar las mejores plantas para su multiplicación y por ende es importante retirar las plantas con bajo vigor, enanas, enfermas, con problemas de volcamiento, con baja cobertura y con espiga vana. Lo anterior se hace para garantizar la pureza genética de la semilla. Este proceso se debe realizar durante todo el ciclo del cultivo.

Cosecha de semilla de cereales de grano pequeño

Cosechar cereales es una labor importante que garantiza la obtención de semillas de calidad, con alto rendimiento y bajo material de descarte. A continuación, se describen las actividades por realizar para obtener semillas con buena germinación, libres de plagas y enfermedades, que podrán ser cultivadas con éxito por los productores.

Punto óptimo de cosecha

Conocer el punto óptimo de cosecha es clave con el fin de evitar pérdidas de semilla.

Evite:

- El desgrane de las espigas en campo (figura 25).
- La germinación de la espiga en plantas volcadas.



Fotos: Javier Castillo

Figura 25. Germinación en campo de una espiga de cebada volcada.

El momento de recolección de las semillas de cereal varía debido a la precipitación, la temperatura ambiental y la aplicación de fertilizantes, por lo cual es importante programar la cosecha en épocas secas, con baja humedad en el ambiente.

Por lo general, el punto óptimo de cosecha depende de la especie. Las semillas se deben cosechar cuando llegan a su madurez fisiológica completa, momento en el que el tallo debajo de las espigas presenta un color blanquecino o amarillo y las semillas se desprenden rápidamente del raquis (eje principal de la inflorescencia) o, como indicador, al presionar la semilla con la uña esta no la penetra (figura 26) (Obrador Rousseau, 1984).

No coseche si la maduración no está completa. Se debe asegurar de que la humedad de la semilla no exceda un 10 %; sin embargo, algunos autores aceptan humedades hasta del 13 % (Ponce-Molina et al., 2022). De lo contrario, se requiere hacer un secado del material cosechado mediante oreo.

Cosecha

La cosecha se puede realizar de forma manual o mecánica. En este sentido, la cosecha manual se realiza en pequeños lotes cortando con hoz los tallos de las plantas a una altura entre los 15 a 25 cm del suelo (figura 26), buscando la facilidad de amarrar y trillar el grano. La cosecha mecánica de la semilla se realiza a escala comercial, para esto se utiliza una trilladora combinada y se ajusta la distancia del cilindro, así como las revoluciones del motor y la velocidad del ventilador para garantizar la trilla (Ponce-Molina et al., 2022).

Se recomienda realizar la cosecha después de la 9:00 a. m., cuando el rocío de la mañana haya disminuido, y preferiblemente en un día soleado. No se recomienda realizar la cosecha después de las lluvias (para esto el establecimiento del cultivo debe ser planificado con anterioridad para que la cosecha coincida con las épocas secas del año). La cosecha no debe tomar más de dos o tres días, de acuerdo con el área establecida, para evitar pérdidas por consumo de las semillas por ataques de pájaros.



Fotos: Edgar Mancipe

Figura 26. Punto (izquierda) y altura (derecha) de cosecha de cereales de grano pequeño.
Nota: antes de la cosecha se deben preparar las herramientas y la maquinaria que se va a utilizar para evitar contratiempos.

Determinación de la humedad de la semilla

Se debe determinar la humedad de la semilla al momento de ser cosechada, ya que este factor influye en la conservación del grano durante su almacenamiento. Un exceso de humedad está asociado a presencia de enfermedades (principalmente hongos) y afectación del valor nutricional y económico (calidad y peso) de la semilla. Algunas formas para determinar la humedad en campo son presionando con la uña o los dientes la semilla, o mediante el uso de un equipo portátil (higrómetro) que determina la humedad con mayor precisión.

Trilla de la semilla

Luego de cosechar las plantas para semilla, continúa el proceso de trillado o desgrane de los cereales, actividad que permite retirar el grano de la paja. La trilla se puede realizar de forma manual o mecánica:

Manual. Según el informe de AGROSAVIA de 2023, los tallos y espigas de las plantas cortadas en campo se introducen en un costal y se golpean con un mazo para que el grano se suelte. Es importante considerar que con este método se presentan altas pérdidas de semilla (figura 27).

Mecánico. Mediante el uso de una trilladora que funciona con motor eléctrico o a gasolina, se realiza la trilla del material cosechado (tallos y espigas). Esta consta de un cilindro con barras que gira a gran velocidad junto con uno cóncavo, de tal forma que las barras impactan a través del cilindro cóncavo y separan el grano de la espiga. La trilladora facilita el trabajo.



Foto: Leonardo Téllez

Figura 27. Trilla mecánica de semilla de cereales cosechada en un lote del CI Tibaitatá de AGROSAVIA.

Poscosecha y almacenamiento

Secado de la semilla

Si la semilla se cosecha con un porcentaje de humedad por encima del 10 % es importante realizar el secado para reducir el contenido de humedad. Por lo general, cuando la semilla se cosecha con humedad por encima de este porcentaje se presentan daños en la semilla al almacenarla (Ponce-Molina et al., 2022).

Tipos de secado

Secado natural. Por lo general, se busca una bodega o patio con adecuada ventilación (natural), donde se extiende el grano para que se pueda secar al aire o al sol. Se recomienda colocar un plástico, carpa o bandejas sobre la superficie para que la semilla no tenga contacto directo con el suelo. También es importante que la capa de semilla sea de máximo 5 cm de altura, y se debe mover o darle vueltas de manera periódica para garantizar un secado uniforme. Finalmente, se debe recoger en la tarde-noche para evitar que absorba humedad. Este proceso puede tardar de 2 a 3 días (figura 28a).

Recuerde que cuando hay demasiado sol, pero la humedad de la semilla es alta, no se debe empacar inmediatamente porque la temperatura acelera los procesos de respiración, lo cual deteriora la calidad del grano.

Secado artificial. Se puede utilizar un horno con aire circulante que permita regular la temperatura (15 a 20 °C) para extraer el contenido de humedad (figura 28b). Se debe limpiar el horno al terminar el proceso para evitar contaminación cruzada con otras semillas y problemas con plagas.



Fotos: Javier Castillo

Figura 28. Beneficio y secado de semilla de cereales. a. Manual; b. En horno.

Limpieza y clasificación

Una vez cosechada y trillada la semilla, se debe limpiar para retirar impurezas. Luego se realiza la clasificación y selección de la semilla para ser almacenada hasta su uso (figura 29).



Foto: Javier Castillo

Figura 29. Almacenamiento de semilla después de quitarle humedad.

Limpieza de la semilla

En AGROSAVIA, para el altiplano cundiboyacense, la limpieza y clasificación se realiza de forma manual. Se inicia con un pase por la zaranda, en la cual, por medio de movimientos de vaivén, se separan impurezas, de forma que el viento las arrastra.

Posteriormente se utiliza un soplador de torre, el cual, mediante una corriente de aire producida por un motor eléctrico, eleva la totalidad de la semilla y por efecto de la gravedad deposita en trampas elementos como semilla vana, semilla de malezas u otras gramíneas, tallos, hojas, insectos muertos y piedras (figura 30).

Se recomienda hacer aseo de los equipos y materiales utilizados antes y después de la limpieza de la semilla con el fin de evitar contaminaciones cruzadas (mezcla entre semillas de diferentes especies que promueve la propagación de enfermedades) entre especies.



Fotos: Javier Castillo y Edgar Mancipe

Figura 30. Limpieza de las semillas de cereal. a. Zaranda; b. Soplador de torre.

Clasificación de la semilla

Posterior a la limpieza, se realiza una clasificación o selección manual, donde se descartan semillas que estén partidas, rajadas, con manchas, muy pequeñas o que tengan una coloración diferente a la propia de cada especie (figura 31).

Además, se recomienda hacer evaluaciones de germinación periódicas de las semillas clasificadas, con el fin de realizar monitoreo de las condiciones de calidad de las semillas.



Foto: John Rodríguez

Figura 31. Clasificación o selección manual de las semillas de cereal.

Es importante que al finalizar las actividades de poscosecha de la semilla se tenga el registro del rendimiento de cada fase, aspecto que será utilizado para determinar la obtención de semilla por área cultivada. Para esto, se debe tener el peso de la cantidad de semilla obtenida después de la trilla y el peso de la cantidad de semilla obtenida después de hacer la limpieza y clasificación, así como tomar el peso de 100 semillas (unidades) después de tenerlas clasificadas (tabla 10).

Tabla 10. Porcentajes de rendimiento e impurezas de semillas de cebada y trigo obtenidas por desgrane manual y con trilladora mecánica

Especie*	Tipo de trilla	Rendimiento (%)	Impurezas (%)
Cebada	Manual	67,0	33,0
	Mecánica	75,2	24,8
Trigo	Manual	68,4	31,6
	Mecánica	90,2	9,8

* Datos obtenidos de la evaluación de materiales de cebada y trigo pertenecientes al Banco de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA) administrado por AGROSAVIA.
Fuente: Elaboración propia

Identificación de plagas y enfermedades

Después de realizar la limpieza y clasificación de la semilla se recomienda protegerla para evitar el ataque de plagas o enfermedades. Para esto, usualmente se aplica un insecticida y un fungicida. A continuación, se relacionan los principales agentes que pueden afectar las semillas de cereal (tabla 11).

Tabla 11. Tipos de plagas y enfermedades que afectan las semillas de cereales durante el almacenamiento

Plaga	Característica	Prevención
Hongos	Presencia de moho o esporas en la superficie del grano.	Controlar el contenido de humedad de los granos.
Gorgojo (*Sitophilus granarius*)	Perforación del grano. Presencia de insectos adultos en el exterior del grano.	Aplicación de fosfuro de aluminio, en dosis: • Pilas de grano embalado: 4-5 tabletas/m^3. • Barriles: ½ o 1 tableta/m^3.
Ratones	Presencia de individuos. Granos mordidos.	Uso de trampas, cebos, pegante.

Fuente: Elaboración propia

Empaque y almacenamiento

Almacenamiento

El proceso de poscosecha de las semillas de cereal finaliza con las actividades de empaque y almacenamiento.

Se pueden utilizar diferentes materiales para empacar la semilla:

- Bolsas de papel: tipo triple capa, con capacidad para 3, 5, 10, 15 y 20 kg (figura 32a).
- Frascos de vidrio: permiten un mejor control contra roedores e insectos (figura 32b).
- Bolsas trilaminadas: tienen un precio alto, pero previenen plagas, enfermedades y deterioro por luminosidad (figura 32c).



Fotos: Javier Castillo

Figura 32. Empaques para semillas de cereal. a. Papel; b. Vidrio; c. Trilaminados.

Es importante etiquetar el empaque indicando el nombre o código del material, la fecha de producción y si se le ha hecho algún tratamiento para evitar plagas y enfermedades.

Luego de empacar la semilla, esta debe ser almacenada de la forma más adecuada para conservarla por tiempos prolongados y garantizar su viabilidad y calidad. La forma ideal es mantenerla guardada en un cuarto frío, en un rango de temperatura de 0 a 4 °C, pero este método es costoso y poco disponible. De no ser posible esto, se recomienda almacenar la semilla debidamente empacada en lugares secos, en donde la humedad relativa no sea mayor al 50 %, con una temperatura ambiental no mayor a 15 °C y colocar el producto sobre estibas que eviten el contacto con el suelo.









Capítulo III

Costos de producción de semilla

Conocer la estructura de los costos de producción de semillas de cereales de grano pequeño le permite al pequeño productor de semilla para siembra identificar los componentes del proceso de producción (fases o recursos) que más inciden en el costo final. Lo anterior posibilita seleccionar estrategias que permitan incrementar la eficiencia productiva y reducir el costo de producción para ser más competitivos.

Registro de información en el cultivo de cereales de grano pequeño

Para poder hacer el cálculo de los costos de producción de semilla es necesario identificar correctamente los recursos utilizados en el proceso (servicios, insumos, materiales), así como la cantidad de estos, por lo que es importante tener un sistema de registros que permitan consignar la información de manera ágil y precisa. Además, el manejo de registros permite hacer trazabilidad del proceso de producción de semilla y dejar una memoria de cada lote de producción para tomar decisiones a futuro.

Cada productor puede diseñar sus propios registros, de acuerdo con sus necesidades y experiencias, o puede considerar los que vamos a presentar a continuación, que están diseñados para cada fase del proceso.

Registro de preparación del terreno

En este registro se consigna la información de todas las actividades ejecutadas en el lote antes de la siembra. Si la preparación es manual, se debe incluir la cantidad de jornales que se utilizaron, y si la preparación es mecánica se debe anotar cada una de las actividades tendientes a dejar el suelo listo para la aplicación de la semilla (tabla 12).

Tabla 12. Formato para registrar las actividades de preparación del terreno

Lote				Área (ha)		
Especie				Variedad		
Fecha	**Labor**	**Implemento**	**Duración**	**Ejecutor**	**N.º de pases**	**Observaciones**
15/01/2023	Desbrozado	Desbrozadora	2 h	John Ríos	1	Ninguna
17/02/2023	Roturado	Azadón	8 h	Roberto Gómez	1	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

Registro de siembra y manejo agronómico

Este registro permite consignar la información relacionada con las labores de manejo agronómico del cultivo, que tienen que ver con la siembra, el control de plagas y enfermedades, el control de arvenses, la elaboración de drenajes y los eventos no planeados que ocurren durante el cultivo. Además, en este se incluyen las visitas de seguimiento al cultivo, desde la siembra hasta la cosecha. Es importante consignar la información de la germinación que presenta el proveedor y la que se obtiene del ensayo de germinación previo a la siembra para evaluar la calidad del almacenamiento de la semilla y ajustar la dosis que se va a aplicar (tabla 13).

Tabla 13. Formato para registrar las actividades realizadas durante la siembra y el manejo del cultivo durante su ciclo vegetativo

Lote				Área (ha)				
Especie				Variedad				
Proveedor				Lote				
Germinación				Pureza				
Fecha	**Actividad**	**Tipo de aplicación**	**Duración**	**Producto**	**Dosis**	**Cantidad usada**	**Ejecutor**	**Observaciones**
4/03/2023	Siembra	Voleo	2 h	Avena Altoandina	80 kg/ha	20 kg	John Ríos	Ninguna
19/03/2023	Seguimiento		1 h				Javier Castillo	Germinación del 75 %
4/04/2023	Control de arvenses	Bomba de espalda	5 h	Partner	1 g/ha	0,25 g	Leo Téllez	Ninguna
14/04/2023	Seguimiento		1 h					Control de arvenses en un 45 %
16/05/2023	Fertilización	Manual	5 h	Urea	100 kg/ha	25 kg	Leo Téllez	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

Registro de cosecha

La información de este registro también se puede consignar en el registro de siembra y seguimiento agronómico, sin embargo, es importante incluir también algunas características de las plantas al momento de la cosecha como la altura, que se relaciona con el desempeño productivo del cultivo (tabla 14).

Tabla 14. Formato para registrar las actividades de cosecha de los cereales

Lote				Área (ha)			
Especie				Variedad			
Fecha	**Área cosechada**	**Forma de cosecha**	**Equipo**	**Duración de la actividad**	**Altura de las plantas (cm)**	**Ejecutor**	**Observaciones**
15/05/2023	1.000 m^2	Manual	Hoz	5 h	125	Leo Téllez	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

Registro de poscosecha

Como la poscosecha es una actividad que requiere de gran cantidad de tiempo a mediana y pequeña escala, por la falta de equipos de limpieza y la selección de semillas a la medida, en este registro se consigna el número de jornales dedicados a esta labor y el resultado de cada sesión de trabajo (tabla 15).

Tabla 15. Formato para registrar las actividades de poscosecha de los cereales

Lote				Área (ha)				
Especie				Variedad				
Fecha de cosecha				Humedad inicial				
Fecha	**Actividad**	**Método**	**Equipo**	**Duración de la actividad**	**Cantidad inicial**	**Semilla obtenida**	**Ejecutor**	**Observaciones**
12/04/2023	Trilla	Costal	Costal	4 h		1,2 kg	Stella Rodríguez	Ninguna
15/04/2023	Limpieza	Aire	Sopladora	4 h	1,2 kg	0,9 kg	Stella Rodríguez	Ninguna
16/04/2023	Almacenamiento	Nevera	Nevera			0,9	Stella Rodríguez	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

Conceptos básicos

A continuación, se presenta un listado con algunos conceptos básicos que se manejan para el cálculo de los costos de producción de semilla.

Mano de obra. Es el esfuerzo físico y mental que emplea una persona (un empleado o el productor) para elaborar, transformar o mantener un bien, de manera directa o indirecta. En el caso de la producción de semillas, se contabiliza con la unidad *jornal* y puede corresponder al esfuerzo para preparar el terreno, aplicar un agroinsumo, cosechar el material vegetal, hacer seguimiento al cultivo, hacer limpieza de la semilla o alguna labor logística.

Insumos. Son bienes que se adquieren y que son transformados para la producción de la semilla. Corresponden, por ejemplo, a la semilla certificada para la siembra, los fertilizantes y otros agroinsumos que intervienen en el proceso.

Materiales agrícolas. Son bienes que se usan para facilitar los procesos de producción y pueden ser utilizados en uno o varios ciclos de producción. Entre estos, tenemos estacas para el trazado, avisos para identificar los cultivos y lonas para recolectar el material vegetal o extraer la semilla, entre otros.

Maquinaria y equipos. Corresponden a las máquinas (tractores), equipos (bomba de espalda) o herramientas (azadón) que se utilizan para facilitar los procesos. En el caso de las máquinas grandes, que tienen una mayor vida útil, se establece un precio por hora de trabajo que incluye el costo del operario, el combustible, la depreciación y el valor del mantenimiento anual. En el caso de equipos y herramientas, se incluye un valor de depreciación y, para los primeros, uso de combustibles o lubricantes.

Depreciación. Es un valor que se asigna al uso de un equipo, herramienta o maquinaria por el desgaste que sufre durante el funcionamiento y que está relacionado con la vida útil de este. Ese valor sirve como ahorro para su nueva compra.

Costos variables. Corresponden a aquellos gastos que se relacionan directamente con la cantidad de semilla que se va a producir (o el área que se va a sembrar). En ese sentido, si se siembra más área para producir más semilla, se debe usar más maquinaria, más jornales, más insumos, más tiempo de uso y así hay más depreciación.

Costos fijos. Son aquellos gastos que no cambian durante el proceso y no dependen de la cantidad de semilla que se va a producir o del área que se va a sembrar. En este ítem se incluyen los pagos de impuestos, arriendo o administración.

Costo total. Es la suma de los costos variables más los costos fijos.

Costo por unidad. Es el costo de producción de un kilogramo de semilla de avena, trigo o cebada. Se calcula como el costo total dividido por la cantidad de semilla producida.

Canasta de costos en la producción de semilla

La canasta de costos corresponde a la distribución detallada de los gastos en que se incurre para la producción de semilla. Se agrupan de diferentes maneras, como por la fase del proceso o por el tipo de recurso que se va a utilizar (insumos, mano de obra y servicios, entre otras). A continuación, se presenta la canasta de costos para la producción de semilla a escala semicomercial, como se realiza en AGROSAVIA, con un procesamiento

de semilla semimecanizado. Posteriormente, se presenta la estructura de costos para un pequeño productor con beneficio de la semilla de manera artesanal.

Costos de producción de semilla a escala semicomercial (experiencia AGROSAVIA)

Los costos presentados corresponden a la producción de semilla de avena. La diferencia con respecto a la producción de semilla de cebada y trigo corresponde a la dosis de siembra (60 kg para avena, 120 kg para cebada y 150 kg para trigo) y la aplicación de un fungicida en caso de ataque por roya de la hoja (tabla 16).

Tabla 16. Costos de producción de semilla de avena a escala semicomercial

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo total (COP)
Costos variables				
Mecanización				
Desbrozado	Horas	2	$68.000	$136.000
Pase de rastra	Horas	2	$68.000	$136.000
Cincel rígido	Horas	2,5	$68.000	$170.000
Rastrillo pulidor	Horas	1,2	$68.000	$81.600
Siembra				
Siembra manual	Jornales	2	$55.000	$110.000
Tapado con rastrillo pulidor	Horas	2	$68.000	$136.000
Semilla	Kg	60	$8.320	$499.200
Fertilización				
Siembra				
Aplicación manual de fertilizantes	Jornales	1	$55.000	$55.000
DAP	Bultos	4	$223.000	$892.000
Urea	Bultos	1	$148.000	$148.000
Macollamiento				
Aplicación manual de fertilizantes	Jornales	0,7	$55.000	$38.500
Urea	Bultos	2	$148.000	$296.000
Prefloración				
Aplicación manual de fertilizantes	Jornales	0,3	$55.000	$16.500
Urea	Bultos	2	$148.000	$296.000
Control de arvenses				
Aplicación de herbicidas con bomba	Jornales	1,5	$55.000	$82.500

(Continúa)

(Continuación tabla 16)

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo total (COP)
Control de arvenses				
Depreciación de bomba	Días	1	$320	$320
Herbicida	Frasco 22 g	1	$8.100	$8.100
Coadyuvante	Litro	0,3	$33.600	$10.080
Control de roya				
Aplicación de herbicidas con bomba	Jornales	1,5	$55.000	$82.500
Depreciación de bomba	Días	1	$320	$320
Fungicida	Litro	0,5	$109.400	$54.700
Coadyuvante	Litro	0,3	$33.600	$10.080
Cosecha				
Cosecha manual con guadaña	Jornales	10	$55.000	$550.000
Gasolina	Galón	8	$12.500	$100.000
Depreciación y mantenimiento guadaña	Día	10	$814	$8.137
Recolección y traslado	Jornales	20	$55.000	$1.100.000
Poscosecha				
Limpieza de semilla	Jornales	55	$55.000	$3.025.000
Depreciación, mantenimiento y funcionamiento	Días	10	$1.500	$15.000
Costales para limpieza	Costales	10	$1.500	$15.000
Insecticida	Frasco 1 kg	0,036	$175.200	$6.314
Canecas para almacenamiento	Depreciación	1,43	$195.000	$278.571
Costos fijos				
Arrendamiento	Ha/mes	6	$65.000	$390.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se presenta la distribución de la canasta de costos para la producción de semilla de avena. Como se puede observar, los mayores rubros corresponden a la siembra, asociados principalmente a la fertilización, y la poscosecha. Estos dos ítems equivalen al 31 y el 38 % de los costos de producción respectivamente (figura 33). Además, dentro de la estructura de costos, la aplicación de fertilizantes corresponde al 20 % de los costos totales, por lo que encontrar alternativas de fertilización impactará positivamente en el costo de producción de semilla.

Tabla 17. Distribución de costos de producción de semilla de avena a escala semicomercial

Ítem	Subtotal (COP)	Total (COP)
Costos variables		
Preparación del terreno		$523.600
Siembra y manejo		$2.737.300
• Siembra	$745.200	
• Fertilización	$1.743.500	
• Control de arvenses	$101.000	
• Control de roya	$147.600	
Cosecha		$1.758.140
Poscosecha		$3.339.885
Costos fijos		
Arriendo		$390.000
Total		**$8.748.925**

Fuente: Elaboración propia

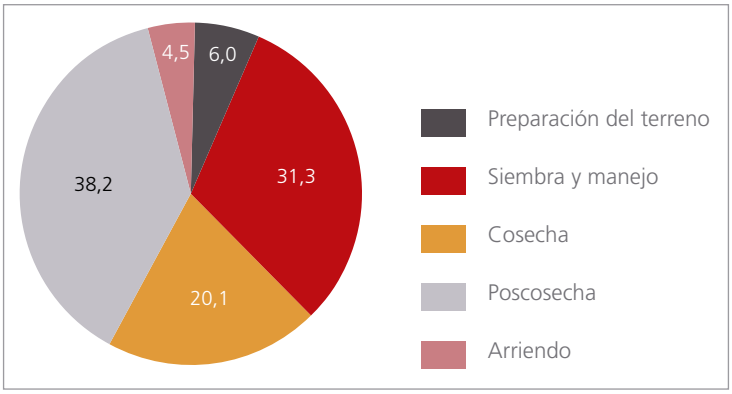


Figura 33. Distribución porcentual de los costos de producción de avena a escala semicomercial.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos generados en AGROSAVIA de la siembra de diez hectáreas de avena Altoandina en el CI Tibaitatá

Costo unitario. Teniendo en cuenta un rendimiento en producción de semilla limpia de 2.600, 2.700 y 2.500 kg de semilla/ha para avena, cebada y trigo respectivamente, y ajustando el costo de la semilla de acuerdo con la dosis de siembra, los costos unitarios para producir un kg de semilla se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Costo unitario de producción de semillas de cereal de grano pequeño a escala semicomercial

Ítem	Avena (COP)	Cebada (COP)	Trigo (COP)
Costo total	$8.748.925	$9.002.125	$8.713.375
Rendimiento (kg/ha)	2.600	2.700	2.500
Costo unitario/kg	$3.365	$3.334	$3.485

Fuente: Elaboración propia

Costos de producción de semilla para un pequeño productor

Los costos presentados a continuación corresponden a la producción de semilla de avena Altoandina. Como se asume una producción de 2.600 kg de semilla por hectárea y, en este ejemplo, el ganadero va a producir la semilla para posteriormente sembrar una hectárea con avena para producir forraje, el área por establecer es de 385 m^2 (((80 kg/ha para producir forraje ÷ 80 % de germinación) * 10.000) ÷ 2.600 kg de semilla/ha). A escala de un pequeño productor, se cambia principalmente la mecanización del terreno por una intervención manual con azadón, dada la pequeña área por establecer. AGROSAVIA ha investigado sobre la utilización de compostaje en el cultivo de avena, como reemplazo de los fertilizantes de síntesis química, sin embargo, en este ejercicio estos últimos se continúan utilizando debido a la corta duración del cultivo (tabla 19).

Tabla 19. Costos de producción de semilla de avena para un pequeño productor

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo lote (COP)
Costos variables				
Mecanización				
Preparación manual	Jornales	3	$55.000	$165.000
Siembra				
Siembra manual	Jornales	0,125	$55.000	$6.875
Tapado manual	Jornales	0,375	$55.000	$20.625
Semilla	Kg	2,3	$8.320	$19.200
Fertilización				
Siembra				
Aplicación manual de fertilizantes	Jornales	0,125	$55.000	$6.875
DAP	Bultos	0,154	$223.000	$34.342
Urea	Bultos	0,0385	$148.000	$5.698

(Continúa)

(Continuación tabla 19)

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo lote (COP)
Costos variables				
Macollamiento				
Aplicación manual de fertilizantes	Jornales	0,0625	$55.000	$3.438
Urea	Bultos	0,077	$148.000	$11.396
Prefloración				
Aplicación manual de fertilizantes	Jornales	0,0625	$60.000	$3.750
Urea	Bultos	0,077	$148.000	$11.396
Control de arvenses				
Control manual de arvenses	Jornales	1	$55.000	$55.000
Depreciación de herramienta	Día	1	$320	$320
Cosecha				
Cosecha manual con guadaña	Jornales	1	$55.000	$55.000
Depreciación	Día	1	$814	$814
Recolección y traslado	Jornales	1,5	$55.000	$82.500
Poscosecha				
Limpieza de semilla	Jornales	2	$55.000	$110.000
Costales para limpieza	Costales	1	$1.500	$1.500
Insecticida	Frasco de 1 kg	0,002	$175.200	$316
Uso de canecas para almacenamiento	Depreciación	0,06	$195.000	$10.725
Costos fijos				
Impuesto	Mes	6,00	$2.200	$13.200

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se presenta la distribución de los costos para la producción de semilla de avena a escala de pequeño productor. Como se puede observar, los mayores rubros corresponden a la siembra, asociados principalmente a la fertilización, y la poscosecha. En el caso del pequeño productor, los costos son similares entre rubros por fases del proceso, donde lo más costoso es el manejo agronómico del cultivo (29 %) y lo más económico es el costo fijo asociado al pago de impuestos (figura 34).

Además, la producción de semilla valoriza el trabajo del pequeño productor, que constituye el 82,3 % de los costos totales, mientras que en la escala semicomercial es del 57,8 %.

Tabla 20. Distribución de costos de producción de semilla de avena a escala semicomercial

Ítem	Subtotal (COP)	Total (COP)
Costos variables		
Preparación del terreno		$165.000
Siembra y manejo		$178.915
• Siembra	$46.700	
• Fertilización	$76.895	
• Control de arvenses	$55.320	
Cosecha		$138.314
Poscosecha		$122.541
Costos fijos		
Impuestos		$13.200
Total		**$617.969**

Fuente: Elaboración propia

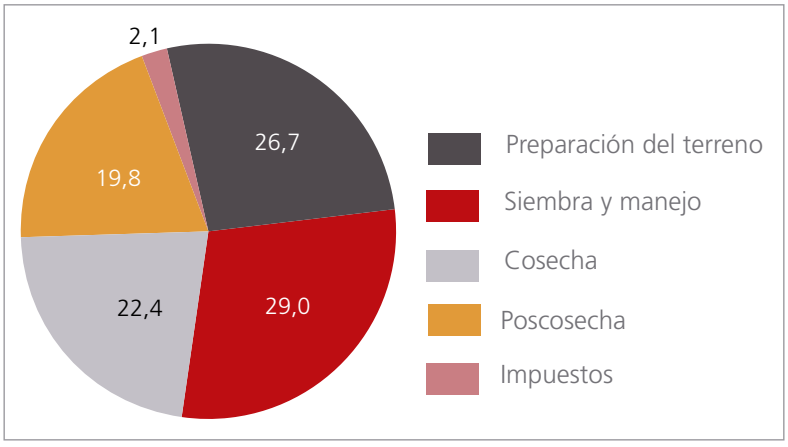


Figura 34. Distribución porcentual de los costos de producción de semilla de avena a escala de pequeño productor.
Fuente: Elaboración propia

Costo unitario. Como se indicó, la densidad de siembra es diferente para estas tres especies, lo que obliga a producir más semilla en el caso del trigo, seguido de la cebada, en comparación con la avena. Para lograr este requerimiento se deben sembrar 556 m^2 de cebada y 750 m^2 de trigo. Así las cosas, el costo de producción por kilogramo de semilla es similar para producir avena, cebada o trigo (tabla 21) y constituye un ahorro de entre un 22 y un 26 % en comparación con la compra de semilla comercial.

Tabla 21. Costo unitario de producción de semilla de avena, cebada y trigo a escala de pequeño productor

Ítem	Avena (COP)	Cebada (COP)	Trigo (COP)
Costo total	$617.969	$880.872	$1.104.548
Rendimiento (kg/área)	100	150	188
Costo unitario/kg	$6.180	$ 5.872	$5.890

Fuente: Elaboración propia


MASSEY FERGUSON
290



Glosario

A continuación, se describen algunas definiciones de términos para comprender mejor el proceso de producción de semilla de cereales.

Coleóptilo. Parte de la semilla en forma de funda que protege el brote del embrión en las monocotiledóneas (Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero ([INSPV], 1978).

Cultivar. Nombre genérico que se utiliza para referirse indistintamente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando como materiales comerciales para siembra (ICA, 2015).

Embrión. Planta pequeña contenida en una semilla, presenta un eje más o menos diferenciado y cotiledón unido (ISTA, 2016).

Endospermo. Tejido nutritivo de las semillas monocotiledóneas (INSPV, 1978).

Embuchamiento. Estado en el que la espiga empieza a emerger o se presenta un engrosamiento de la vaina de la hoja bandera.

Escutelo. En monocotiledóneas, es la parte especializada del cotiledón. Tiene forma de escudo, y por este los nutrientes del endospermo son absorbidos hacia el embrión (INSPV, 1978).

Grano lechoso a pastoso. Los granos tienden a ser firmes y al presionarlos producen una masa de color blanco. En los cereales, se caracterizan por su color verde limón y los granos acumulan almidones.

Germinación. Proceso fisiológico que da como resultado la emergencia de la radícula.

Gluma. Envoltura de la inflorescencia de cereales como la avena, la cebada y el trigo.

Macollamiento. Formación de brotes o tallos secundarios que se producen de una semilla de avena, cebada o trigo.

Plántula anormal. Son plántulas que no tiene la capacidad de convertirse en planta debido a que sus estructuras fundamentales presentan defectos o contaminación (ISTA, 2016).

Plántula normal. Son plántulas que presenta buen desarrollo y sanidad de sus estructuras fundamentales, con la capacidad de convertirse en plantas al ser puestas en condiciones óptimas de humedad, luz y temperatura (ISTA, 2016).

Productor de semilla para la siembra. Persona natural o jurídica que se dedica a la producción o multiplicación de semillas producto del mejoramiento genético, plántulas o plántulas de vivero para ser comercializadas o sembradas en el país (ICA, 2015).

Registro Nacional de Cultivares Comerciales. Inscripción ante el ICA de cultivares obtenidos por el mejoramiento genético como consecuencia de la aplicación de conocimientos científicos del mejoramiento genético, con el fin de autorizar su producción y comercialización para la subregión natural donde fueron previamente evaluados y aprobados (ICA, 2015).

Semilla. Óvulo fecundado y maduro o cualquier otra parte vegetativa de la planta de un cultivar obtenido por el mejoramiento genético como consecuencia de la aplicación de conocimientos científicos que se use para la siembra o propagación (ICA, 2015).

Semilla básica. Es la semilla obtenida a partir de la semilla genética, producida bajo la supervisión de un fitomejorador o entidad creadora del cultivar, que cumpla los requisitos para esta categoría y sea sometida al proceso de certificación (ICA, 2015).

Referencias

Álvarez Sánchez, D., & Chaves, D. (2017). El cultivo de trigo en Colombia: su agonía y posible desaparición. *Revista de Ciencias Agrícolas, 34*(2), 125-137. https://doi.org/10.22267/rcia.173402.77

Badr, A., Sch, R., Rabey, H. E., Effgen, S., Ibrahim, H. H., Pozzi, C., Rohde, W., & Salamini, F. (2000). On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution, 17*(4), 499-510. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330

Barraza Martín, M. P. (2019). *Calidad fisiológica de semilla de cebada comparada con otras especies de cereales de grano pequeño producida en Zaragoza, Coahuila*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45729

Boincean, B., & Dent, D. (2019). Crop rotation. In *Farming the Black Earth: Sustainable and Climate-Smart Management of Chernozem Soils* (pp. 89-124). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22533-9_5

Campuzano, L. F., Castro, E., Castillo, J., Torres, D., Cuesta, P. A., Portillo, P. A., Nieto, D. F., & Yepes, D. B. (2018). *Avena Forrajera Altoandina: nueva variedad de avena forrajera para el trópico alto colombiano.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Campuzano-Duque, L. F., Bejarano-Garavito, D., Castillo-Sierra, J., Torres-Cuesta, D. R., Cortés, A. J., & Blair, M. W. (2022). SNP Genotyping for Purity Assessment of a Forage Oat (*Avena sativa* L.) Variety from Colombia. *Agronomy, 12*(7), 1710. https://doi.org/10.3390/agronomy12071710

Campuzano-Duque, L. F., Castro-Rincón, E., Torres-Cuesta, D., Castillo-Sierra, J., Nieto-Sierra, D., & Portillo-López, P. A. (2020). Altoandina: nueva variedad forrajera para la zona andina en Colombia. *Agronomía Mesoamericana, 31*(3), 581-591. https://doi.org/10.15517/am.v31i3.38999

Castellanos-Navarrete, A., Chocobar-Guerra, A., Cox, R., Fonteyne, S., Govaerts, B., Jespers, N., Kienle, F., Sayre, K. D., Enyanche Velázquez, F., & Martinez, B., & Verhulst, N. (2017). *Protocolos para mediciones de plantas en las plataformas de investigación*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). http://hdl.handle.net/10883/18900

Castillo, J., Benavides, J., Vargas, J., Avellaneda, Y., & García, G. (2019). Applied research on dairy cattle feeding systems in Colombian high tropics. *Revista de Ciencias Agrícolas, 36*(2), 108-122. https://doi.org/10.22267/rcia.193602.122

Coffman, F. A. (1961). Origin and history. In *Oats and Oat Improvement* (pp. 15-40). The American Society of Agronomy. https://doi.org/10.2134/agronmonogr8.c2

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2023). *Incremento de la oferta forrajera a través de la liberación de nuevos materiales y el desarrollo de estrategias integrales de manejo para aumentar la competitividad de la ganadería en Colombia*. [Informe final de proyecto]. AGROSAVIA.

Duffus, C., & Slaughter, C. (1980). *Seeds and their uses*. John Willey & Sons.

Enciso Valencia, K. J., Castillo Sierra, J., Burkat, S., Avellaneda, Y., Vargas Martínez, J. J., Campuzano, L. F., & Mejía Kerguelén, S. L. (2020). *Evaluación económica de la avena forrajera Altoandina para sistemas lecheros del trópico alto de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403886

Enciso, K., Castillo, J., Albarracín, L. O., Campuzano, L. F., Sotelo, M., & Burkart, S. (2021). *Avena sativa* AV25-T (Altoandina) Supplementation as Alternative for Colombia's High-Altitude Dairy Systems: An Economic Analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 5*, 758303. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.758308

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya [Fenalce]. (2023). *Datos al grano: Cereales, Leguminosas y Soya 2023-A*. Fenalce. https://fenalce.co/wp-content/uploads/2023/10/Datos-al-Grano-2023A.pdf

González, M. G., Díaz, M. R. Z., Hernández, S. S., Zurita, R. H., Mercado, R. G., & Martínez, I. R. (2021). Mejoramiento genético de cebada en el INIFAP (1985-2020). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12*(25), 15-20. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2807

Harlan, J. R., & Zohary, D. (1966). Distribution of wild wheats and barley: the present distribution of wild forms may provide clues to the regions of early cereal domestication. *Science, 153*(3740), 1074-1080. https://doi.org/10.1126/science.153.3740.1074

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015). *Resolución 003168. "Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica o unidades".*

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2023). Registro Nacional de Cultivares. https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Evaluacion-Agronomica-y-Control-en-Comercializacio/REGISTRO-NACIONAL-DE-CULTIVARES.xlsx.aspx?lang=es-CO

Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero [INSPV]. (1978). *Manual para evaluación de plántulas en análisis de germinación*. INSPV.

International Seed Testing Association [ISTA]. (2016). *International Rules for Seed Testing*. ISTA.

Merchancano Rosero, J. D., Castro Rincón, E., Hernández Oviedo, F., Portillo López, P. A., & Cadena Pastrana, A. M. (2022). *Cultivo y ensilaje de avena* (Avena sativa *L.) en el trópico alto del departamento de Nariño*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405156

Murphy, J. P., & Hoffman, L. A. (1992). The origin, history, and production of oat. In H. G. Marshall & M. E. Sorrells (Eds.), *Oat Science and Technology* (pp. 1-28). The American Society of Agronomy. https://doi.org/10.2134/agronmonogr33.c1

Obrador Rousseau, J. (1984). *Cosecha de granos: trigo, maíz, frijol y soya*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. https://www.cd3wdproject.com/VLIBRARY/X0051S/X0051S00.HTM

Osorno Henao, H. (2012). *Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín]. Repositorio UN. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9810

Patiño, V. (1969). *Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial, tomo IV: plantas introducidas*. Imprenta Departamental de Cali. https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/2093514/

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). *Trigo* (Triticum aestivum *L.): Manual de manejo del cultivo y conservación de suelos*. [Boletín Divulgativo n.° 004]. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Superintendencia de Industria y Comercio [SIC]. (2021). *Análisis del sector lácteo en Colombia: evidencia para el periodo 2010-2020*. SIC, serie Estudios Económicos Sectoriales. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032022/ES-SLC_Version-publica.pdf

Zapata Belalcázar, M. (1969). *Programa Nacional de Cebada 1969*. Instituto Colombiano Agropecuario. http://hdl.handle.net/20.500.12324/29179

Zhuang, X., Zhao, C., Liu, K., Rubinelli, P. M., Ricke, S. C., & Atungulu, G. G. (2018). Cereal Grain Fractions as Potential Sources of Prebiotics: Current Status, Opportunities, and Potential Applications. En S. C. Ricke, G. Atungulu, C. Rainwater, & S. Park (Eds.), *Food and Feed Safety Systems and Analysis* (pp. 173-191). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811835-1.00010-5

Zillinsky, F. J. (1984). *Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). http://hdl.handle.net/10883/1105



Anexo

¡Antes de sembrar, el suelo debe analizar!

SERVIENTREGA
Centro de Soluciones

efecty

Siga las siguientes instrucciones:

Acérquese a un centro de soluciones Servientrega- Efecty habilitado, realice el pago por concepto de análisis de fertilidad de suelos Agrosavia y reciba una bolsa de seguridad para depositar su muestra.

Tome la muestra en terreno y diligencie el formato de la bolsa de acuerdo con las recomendaciones del instructivo.

Lleve la muestra a un punto Servientrega. Asegúrese de que la muestra se envíe con la tirilla de pago. Conserve la copia de su pago en Efecty para cualquier solicitud o reclamo.

Realice el pago correspondiente por concepto de envío de la muestra, de acuerdo con las tarifas establecidas por Servientrega. Dirección de Envío: AGROSAVIA Centro de Investigación Tibaitatá, km 14 vía Bogotá-Mosquera, Cundinamarca.

TENGA EN CUENTA QUE...

El tiempo de entrega de resultados es de 15 días hábiles (al correo electrónico indicado en la bolsa), a partir de la entrega de la muestra en el punto Servientrega.

Importancia del ANÁLISIS DEL SUELO:

Para evitar la poca rentabilidad de un cultivo, es necesario conocer los nutrientes específicos que requiere su suelo para lograr la mayor efectividad. En este sentido el análisis de fertilidad de suelos permite, en conjunto con el conocimiento del cultivo, determinar las necesidades de adición de fertilizantes o enmiendas para suplir dichas necesidades y corregir las condiciones adversas, sirviendo como herramienta de decisión y contribuyendo al incremento productivo.

El Análisis de Fertilidad de Suelos Incluye: Determinación de pH, conductividad eléctrica, acidez Intercambiable - pH menor 5,5, materia orgánica, bases intercambiables (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio), Fósforo disponible, microelementos (Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc), Azufre disponible, Boro disponible, determinación de capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), interpretación de resultados y recomendación integral de fertilización química para un cultivo por muestra.

Mayor información:

A través del correo electrónico suelos@agrosavia.co, en la línea telefónica (1) 4227300, extensión 1369, o en nuestra página web www.agrosavia.co

¡Antes de sembrar, el suelo debe analizar!

Procedimiento para la **toma de muestras y análisis de suelos**

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

En terreno:

1. Seleccione un área homogénea dentro de la finca teniendo en cuenta: relieve, cultivo, aplicación de enmiendas o fertilizantes, color y textura del suelo.



2. Escoja un recorrido en el campo que cubra todo el terreno; los recorridos comúnmente utilizados son diagonales, tipo zeta o zig zag, y tome varias muestras durante el recorrido. Se recomienda tomar entre 20 a 30 submuestras de suelo.



3. En los sitios donde tome las submuestras, limpie la capa vegetal para evitar contaminación de la muestras de suelo.



4. Realice hoyos con pala a una profundidad de 20 a 30 cm para cultivos anuales, y de 40 a 60, para frutales, arbóreos y otros cultivos de raíz profunda.



5. Tome la muestra de la pared del hoyo.



6. Con un bisturí, o cuchillo limpio, retire los bordes de la submuestra de suelo para evitar contaminación de la muestra.



7. Coloque la muestra dentro de un balde limpio.



8. Después de tomar todas las submuestras en el área homogénea, mezcle con las manos limpias hasta homogeneizar todo el suelo.



9. En la bolsa que reclamó en Servientrega, coloque aproximadamente 1 kg de suelo y cierre muy bien la bolsa, tal como se indica en esta.



10. Diligencie la información que aparece en la bolsa, no olvide firmarla.







Terminó de diseñarse
en julio de 2024, Bogotá, D. C., Colombia

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

La producción de semillas de cereales como la avena, la cebada y el trigo constituye una estrategia fundamental para promover la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina en el trópico alto colombiano. En este contexto, el presente manual presenta las investigaciones y experiencias acumuladas por AGROSAVIA en el ámbito de la producción de semillas, con el objetivo primordial de incrementar la productividad y garantizar la calidad de la semilla, especialmente orientada a pequeños y medianos productores.

El manual abarca de manera integral la descripción, generalidades, importancia y principales características de la avena, la cebada y el trigo. A continuación, se detalla el proceso de producción de semillas, desde la planeación del cultivo hasta el almacenamiento de esta, incluyendo la selección y preparación del terreno, el establecimiento del cultivo, su desarrollo y mantenimiento, la cosecha, la poscosecha y el almacenamiento adecuado de la semilla. Finalmente, el documento realiza un análisis exhaustivo de los costos de producción de semilla de acuerdo con el proceso descrito.

Toda la información contenida en este manual se sustenta en la amplia experiencia e investigación desarrollada por AGROSAVIA en el campo de los cereales, con un enfoque particular en el altiplano cundiboyacense.

BAC
BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@agrosavia.co**
TELÉFONO: **(57 1) 422 73 00** EXT. **1257 o 1274**

www.agrosavia.co

Distribución gratuita
Prohibida su venta