



Cultivo y ensilaje de avena (*Avena sativa* L.) en el trópico alto del departamento de Nariño

**José Domingo Merchancano Rosero
Edwin Castro Rincón
Filadelfo Hernández Oviedo
Paola Andrea Portillo López
Álvaro Mauricio Cadena Pastrana**

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Cultivo y ensilaje de avena (*Avena sativa* L.) en el trópico alto del departamento de Nariño

José Domingo Merchancano Rosero

Edwin Castro Rincón

Filadelfo Hernández Oviedo

Paola Andrea Portillo López

Álvaro Mauricio Cadena Pastrana

Mosquera, Colombia, 2022

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Cultivo y ensilaje de avena (*Avena sativa* L.) en el trópico alto del departamento de Nariño./ José Domingo Merchancano Rosero [y otros cuatro] -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

86 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos

ISBN e-Book: 978-958-740-515-6

ISBN: 978-958-740-516-3

1. Avena sativa 2. Fenología 3. Valor nutritivo 4. Costos de producción 5. Forrajes. 6. Nariño (Colombia). I. Merchancano Rosero, José Domingo II. Castro Rincón, Edwin III. Hernández Oviedo, Filadelfo IV. Portillo López, Paola Andrea V. Cadena Pastrana, Álvaro Mauricio.

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 Obonuco. Kilómetro 5, vía Pas-to-Obonuco, Nariño. Código postal 520038, Colombia.

Esta publicación es resultado del Convenio 20190462 entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.

Colección: Transformación del Agro.

Fecha de recepción: 17 de marzo de 2021

Fecha de evaluación: 4 de octubre de 2021

Fecha de aceptación: 7 de diciembre de 2021

Primera edición: 2.000 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, en marzo de 2022

Printed in Bogota, Colombia

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co

Edición: Verónica Barreto Riveros y Jorge Enrique Beltrán

Corrección de estilo: Amalia Tapiero Barreto

Diagramación: Javier Barbosa

Fotografía de cubierta: Filadelfo Hernández Oviedo

Citación sugerida: Merchancano Rosero, J. D., Castro Rincón, E., Hernández Oviedo, F., Portillo López, P. A., & Cadena Pastrana, Á. 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>

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
www.agrosavia.co



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

Contenido

Los autores	11
Introducción	13

Capítulo I

Origen de la avena forrajera	17
Origen y descripción de la planta de avena	17
Estados fenológicos de la avena	18
Taxonomía de la avena	19
Variedades cultivadas	20

Capítulo II

Cultivo de avena para ensilaje	27
Condiciones agroecológicas	27
Preparación del suelo	28
Siembra y fertilización	33
Manejo de arvenses	38
Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)	40

Capítulo III

Ensilaje de avena forrajera	49
Dificultades en el ensilaje de forrajes	49
Valor nutricional de los ensilajes	50
Tipos de silos	53
Características de un buen ensilaje	57
Fases bioquímicas del ensilaje	58
Aditivos para el ensilaje	59

Pasos para elaborar ensilajes de calidad	61
Pérdidas durante el ensilaje	66
Suministro de ensilaje	67

Capítulo IV

Costos de producción en el cultivo y ensilaje de avena	71
Glosario	75
Referencias	79

Lista de figuras

Figura 1	Planta de avena (<i>A. sativa</i>)	18
Figura 2	Variedad Avena Forrajera AGROSAVIA Altoandina	21
Figura 3	Planta de avena forrajera ICA Cajicá	22
Figura 4	Variedad de avena forrajera Obonuco Avenar	23
Figura 5	Variedad de avena forrajera Cayuse	24
Figura 6	Variedad de avena forrajera Dorada	25
Figura 7	Prácticas asociadas al manejo de suelos en el cultivo de avena	28
Figura 8	La cobertura y las arvenses evitan la erosión y conservan la humedad del suelo	30
Figura 9	Siembra al voleo de semilla de avena forrajera	34
Figura 10	Semilla de avena forrajera	35
Figura 11	Promedios mensuales de lluvias y evaporación entre 1958 y 2017 en tres estaciones meteorológicas del Ideam ubicadas en el municipio de Pasto (Nariño)	36
Figura 12	Promedios mensuales de lluvias y evaporación entre 1958 y 2017 en tres estaciones meteorológicas del Ideam ubicadas en el municipio de Ipiales (Nariño)	36
Figura 13	Promedios mensuales de lluvias y evaporación entre 1958 y 2017 en tres estaciones meteorológicas del Ideam ubicadas en el municipio de Cumbal (Nariño)	37
Figura 14	Clasificación botánica de las principales plantas arvenses observadas en el cultivo de avena	39
Figura 15	Síntomas de BYDV en la planta de avena	41
Figura 16	Planta de Avena (<i>Avena sativa</i>) afectada por BYDV	42
Figura 17	<i>Puccinia coronata</i> (<i>Puccinia coronata</i> f. sp. <i>avenae</i> Corda) en avena	46
Figura 18	Cultivo de avena en estado de grano lechoso y pastoso	50

Figura 19	Elaboración de un silo tipo horno forrajero en forma artesanal	55
Figura 20	Silo tipo búnker	56
Figura 21	Proceso de ensilaje en bolsas plásticas negras	57
Figura 22	Se extiende una capa de protección para el silo respecto del suelo, y el material a ensilar se dispone en capas	63
Figura 23	Compactación del forraje picado en el silo de bolsa plástica	64
Figura 24	Maduración del forraje picado por más de 30 días en bolsas de silo completamente cerradas	65
Figura 25	Suministro de ensilaje después de completar la fase de fermentación	65

Lista de tablas

Tabla 1	Estados fenológicos del cultivo de avena	19
Tabla 2	Herbicidas pre- o posemergentes recomendados para control de arvenses de hoja ancha en avena para forraje o grano	38
Tabla 3	Rango de valores nutricionales en varios porcentajes de ms de ensilajes de avena y maíz	51
Tabla 4	Características de calidad, químicas, organolépticas y físicas de los ensilajes	58
Tabla 5	Tipos de aditivos utilizados para preservar o mejorar la fermentación y la calidad de los ensilajes	61
Tabla 6	Modelo para seguimiento y cálculo de los costos de producción de avena forrajera para ensilaje en bolsas plásticas	72



Los autores

Edwin Castro Rincón

ecastro@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>

Zootecnista de la Universidad Nacional de Colombia, magíster y doctor en Ciencias de la Producción Animal con énfasis en nutrición de rumiantes de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado durante catorce años en AGROSAVIA en las áreas de evaluación de pasturas en ganadería doble propósito y lechería especializada del trópico alto, integración de leguminosas y sistemas silvopastoriles en sistemas ganaderos, producción de bovinos de leche en ajuste y validación de sistemas de producción de leche basados en pasturas, así como en conservación de bancos de germoplasma de razas ovinas criolla y mora. Estuvo en el grupo que desarrolló y liberó la variedad de Avena Forrajera AGROSAVIA Altoandina para las ganaderías del trópico alto de Colombia. Actualmente es investigador PhD del Centro de Investigación Obonuco de AGROSAVIA.

Paola Andrea Portillo López

pportillo@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-1189-9173>

Profesional en Zootecnia y magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño. Tiene experiencia en trabajo de campo con grandes y pequeños animales y ha aplicado procedimientos de mejoramiento de la calidad de los sistemas de producción, manejo de pastos y forrajes y nutrición animal. También ha desarrollado investigaciones relacionadas con validación y ajuste de opciones tecnológicas agropecuarias, uso y manejo de nuevas especies forrajeras, desarrollo de estrategias para el fortalecimiento y soporte de la cadena de valor láctea de Colombia, así como con la implementación y evaluación de sistemas de alimentación y suplementación estratégica. Igualmente, ha adelantado trabajos de investigación regional sobre las innovaciones de pequeños agricultores en la cadena de valor del cuy (*Cavia porcellus*). Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrita a la Red de Ganadería de AGROSAVIA.

Álvaro Mauricio Cadena Pastrana

amcadena@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-3836-5171>

Ingeniero Agroforestal de la Universidad de Nariño y MSc en Desarrollo Rural de la Universidad Nacional de Costa Rica. Cuenta con experiencia en procesos de investigación participativa, extensión rural, servicios ecosistémicos, adopción e impacto de tecnologías agropecuarias y turismo rural. Se ha desempeñado como docente e investigador de la Universidad de Nariño y en la actualidad es profesional de transferencia de tecnología del centro de investigación Obonuco de AGROSAVIA.

José Domingo Merchancano Rosero

jmerchancano@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-5798-9663>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Nariño y especialista en Mejoramiento Genético y Producción de Trigo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt) de México. Cuenta con una vasta experiencia en mejoramiento genético, investigación y producción de cultivos de cereales menores, forrajes, arveja, quinua y papa (en Fenalce, ICA, Corpoica y AGROSAVIA), así como en gestión y organización de empresas asociativas campesinas agroecológicas. Es coautor de seis variedades de trigo y una de triticale. Es autor de ocho cartillas técnicas sobre el cultivo de trigo, tres manuales sobre producción orgánica y BPA de quinua, y un manual de producción de semilla de arveja.

Filadelfo Hernández Oviedo

fhernandez@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-1549-4926>

Profesional en Zootecnia. Tiene conocimiento en manejo de pastos y forrajes y nutrición animal. Cuenta con experiencia de investigación en implementación y evaluación de sistemas de alimentación y suplementación estratégica de base forrajera en sistemas de producción de ganado bovino del trópico alto, manejo y evaluación de nuevas especies forrajeras y establecimiento de sistemas silvopastoriles del trópico bajo y alto. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Ganadería de AGROSAVIA.

Introducción

El rendimiento de los sistemas ganaderos depende en gran medida de la producción de forraje, considerado la fuente más económica de alimento. Su producción está relacionada directamente con eventos climáticos, tales como las épocas de altas y bajas precipitaciones, durante las cuales el forraje puede escasear y, por lo tanto, ocasionar pérdidas en la producción animal (Gavilanes, 2011). La avena (*Avena sativa* L.) es una gramínea cultivada para la alimentación humana y animal, y en el trópico alto de Colombia es ampliamente utilizada para el pastoreo y la fabricación de ensilajes que, elaborados con la tecnología apropiada, son inocuos y de excelente calidad nutricional. Adicionalmente, son suplementos obtenibles a bajo costo en las explotaciones ganaderas y pueden sustentar la alimentación de bovinos durante las temporadas extremas de sequía o invierno.

En Nariño, el 96 % de los productores de leche se concentra en pequeños predios menores a cinco hectáreas (minifundios). La cuenca lechera de Nariño (Pasto, Cumbal, Guachucal, Sapuyes, Túquerres, Ipiales, Aldana y Pupiales) está representada por aproximadamente 66 asociaciones de productores con quienes se puede aplicar una estrategia de vinculación tecnológica y de acompañamiento (Alomía & Chamorro, 2013; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2016a).

La ganadería de leche especializada en el trópico alto de Nariño sustenta alrededor de 31.474 productores y 115 empresas asociativas y particulares que deben mitigar efectos de la variabilidad climática y la estacionalidad de la oferta forrajera. Su sustento depende, en buena medida, de la oferta de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), especie forrajera naturalizada de excelente adaptación que, sin embargo, es vulnerable a heladas y registra baja producción en suelos degradados, poco fértiles y con ausencia de riego y compactación. Lo anterior puede conllevar mermas productivas e inestabilidad en la producción de leche, así como en sus precios y rentabilidad, aspectos atribuidos a los incrementos en los costos por el uso de suplementos como concentrados comerciales (Corpoica, 2016a).

El ensilaje de una línea de avena (Obonuco Avenar) de Corpoica (2003) demostró que esta variedad es una alternativa de bajo costo para afrontar las épocas críticas del año cuando hay déficits de forraje ocasionados por la sequía. En comparación con vacas alimentadas únicamente con kikuyo, las vacas que recibieron 35 % de ensilaje de avena al día en la dieta de forraje incrementaron la producción de leche de 20 a 22 litros. Además, la capacidad de carga aumentó de 3,4 vacas/ha a 4,6 y 5,4 vacas/ha cuando se suministraron porcentajes de 35 y 70 % de ensilaje en la dieta, respectivamente. En dos meses de evaluación, la productividad fue mayor en vacas a las que se les suministró ensilaje de avena en la dieta de forraje: por un lado, se obtuvieron rendimientos de 4.080 l/ha en vacas cuya dieta se basó únicamente en pastoreo de kikuyo y, por otro lado, de 6.072 y 6.156 l/ha en vacas que recibieron al día 35 y 70 % de ensilaje de avena en la dieta de forraje, respectivamente (Corpoica, 2016a).

El ensilaje es una actividad poco común en las diferentes regiones del departamento de Nariño. Por ejemplo, en el municipio de Pasto únicamente el 22,5 % de los hatos implementan esta práctica. No obstante, el ensilaje de avena contribuye al incremento de la producción de todos los sistemas de lechería especializada y al mejoramiento de los márgenes de utilidad de los ganaderos, ya que reduce sustancialmente los costos de producción y las cantidades de suplementos energéticos de la dieta. La producción de leche en el trópico alto es estacional habida cuenta de la reducción en cantidad y calidad nutritiva del forraje de las pasturas en los veranos, épocas durante las cuales los cultivos como la avena forrajera y la alfalfa pueden suplir el déficit de materia seca de los hatos lecheros (Corpoica, 2016a).

El presente manual recopila y divulga las técnicas actualizadas para la producción adecuada y eficiente de avena forrajera, en especial las relativas a su uso como ensilaje. La información aquí consignada fue generada, en su mayoría, por las investigaciones realizadas en los últimos 25 años por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (en su momento Corpoica, ahora AGROSAVIA) y por el conocimiento que aportó el proyecto “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, desarrollado entre los años 2016 y 2019 por AGROSAVIA con el financiamiento del Sistema General de Regalías (SGR).

Este documento incluye, además, los avances técnicos sobresalientes del proyecto de producción de leche desarrollado por AGROSAVIA entre 2015 y 2019, el cual consistió en la adaptación de tecnologías de Nueva Zelanda a las condiciones del trópico alto nariñense. Este innovador modelo de producción combinó la experiencia, el

conocimiento y la tecnología neozelandesas con las condiciones agroambientales y socioculturales del territorio colombiano. Este nuevo modelo de producción lechera pretende incrementar sosteniblemente la producción y mejorar la calidad de la leche, disminuir los costos de producción y mejorar la rentabilidad, adoptar habilidades para el manejo de leche cruda, utilizar pasturas de bajo costo, crear un plan de desarrollo sostenible para la finca y masificar el modelo de extensión de los productores mediante el acompañamiento, el empoderamiento y la educación. Uno de los muchos ejemplos que dieron cuenta del desarrollo exitoso del proyecto fue que las familias productoras (campesinas e indígenas) participantes del proyecto aumentaron su productividad e ingresos y mejoraron la calidad de la leche producida.

Es importante destacar que las recomendaciones técnicas aquí consignadas se fundamentan en los principios generales del desarrollo sostenible, entendido como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1987). Teniendo en cuenta esta definición, el desarrollo sostenible reúne tres dimensiones de análisis interdependientes: la económica, la ambiental y la social. En este sentido, el desarrollo sostenible consiste en el fomento de un modelo socialmente equitativo en los beneficios, económicamente viable y ambientalmente responsable y respetuoso (ONU, 1987, p. 23).

Objetivos

Este manual se elaboró con el propósito de apoyar a los productores en el logro de los siguientes objetivos:

- Vincular la nueva variedad de avena forrajera altoandina y los avances recientes de la investigación de AGROSAVIA en la producción y el aprovechamiento de forrajes en los sistemas de producción bovina de la cuenca lechera de Nariño.
- Capacitar a los productores lecheros en conocimientos y prácticas para la producción de ensilaje de avena de calidad durante épocas de lluvia para su posterior administración en épocas secas.
- Estabilizar o reducir las pérdidas en la producción de leche y peso vivo en épocas de extrema sequía o invierno.
- Estabilizar o mejorar los ingresos económicos de los productores de leche.



Capítulo I

Origen de la avena forrajera

Origen y descripción de la planta de avena

La avena ocupa el quinto lugar en la producción mundial de cereales, lo cual la convierte en el cereal más importante en zonas templadas y del trópico alto. Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia central, sin embargo, no llegaron a tener la importancia que tuvieron cereales como el trigo o la cebada en épocas tempranas pues, antes de ser cultivadas, las avenas fueron maleza de estos cultivos. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en el antiguo Egipto y no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por esta civilización. Por su parte, los restos más antiguos de cultivos de avena se localizaron en Europa central y están datados entre los años 3000 a 2000 a. de C., en la Edad de Bronce (Infoagro, 2020a).

La planta de avena posee un sistema radicularseudofasciculado, agrupado en manojitos, más desarrollado y abundante que en otras gramíneas cultivadas (figura 1). Tiene tallos rectos huecos, con nudos, denominados cañas, de 50 a 150 cm de altura, con poca resistencia al vuelco y con capacidad de



macollar. Las hojas son planas, alargadas, lanceoladas y de hasta 40 cm de longitud, con un limbo estrecho y largo color verde azulado que permite distinguirla de la cebada o el trigo. En el extremo distal de cada tallo forma inflorescencias llamadas panículas, constituidas por muchas espiguillas individuales. En cada espiguilla se produce el fruto, denominado cariópse o grano, que mide en promedio 15 mm 3 mm (figura 1). Es una planta autógama con polinización cruzada menor a 5 %. Se conoce con los nombres de: avena, avena blanca, avena común, avena cultivada, avena doméstica o avena ladilla. Asimismo, existen diversas especies del género *Avena* (Watson & Dallwitz, 2008).



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 1. Planta de avena (*A. sativa*).

Estados fenológicos de la avena

Las etapas de crecimiento y desarrollo de la avena, independientemente de su variedad, localización o época climática del año, se identifican por el número de hojas en desarrollo. Igualmente, las diferentes etapas de desarrollo se clasifican por medio de un sistema empleado para cereales de grano pequeño, en el cual se les asignan

números de cero al nueve a las plantas de acuerdo con su estado (tabla 1). (Reeves & Sraon, 1976).

Tabla 1. Estados fenológicos del cultivo de avena

Etapa de desarrollo	Días aproximados después de germinación	Características en la planta
0	Primera etapa visible	<i>Germinación</i> : hinchamiento de la semilla y germinación a través de la superficie del suelo.
1	1	<i>Desarrollo de la plántula</i> : salida para llegar a ser visible.
2	5	<i>Amacollamiento</i> : iniciación y desarrollo de nuevos brotes
3	37	<i>Elongación del tallo</i> : los nudos son visibles encima del suelo.
4	48	<i>Embucho</i> : la panícula se ubica en una vaina de la hoja bandera
5	58	<i>Panícula</i> : existe un extendimiento de la hoja bandera
6	60	<i>Floración</i> : el polen es diseminado y existe un desarrollo de semilla.
7	68	<i>Grano lechoso</i> : llenado del grano, desarrollando un líquido lechoso.
8	74	<i>Grano masoso</i> : los granos alcanzan a ser firmes.
9	80	<i>Madurez fisiológica</i> : los granos están completamente desarrollados.

Fuente: Elaboración propia con base en Reeves & Sraon (1976)

Taxonomía de la avena

La avena (*A. sativa*) es una especie fanerógama descrita por Carlos Linneo y publicada en *Species Plantarum* (1753) (Trópicos, 2020). “*Avena*” es un nombre genérico que deriva del latín y significa “alimentación”; “*sativa*” también proviene del latín y significa “cultivada” (Biesiekierski, 2017; Watson & Dallwitz, 2008).

La clasificación taxonómica de la especie más cultivada es descrita a continuación (Trópicos, 2020):

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: *Avena*
- Especie: *sativa*

Sinonimia: *Avena fatua* subsp. *macrantha*; *Avena fatua* subsp. *sativa*; *Avena georgica*; *Avena macrantha*; *Avena nodipilosa*; *Avena orientalis*; *Avena praegravis*; *Avena sativa* subsp. *contracta*; *Avena sativa* subsp. *macrantha*; *Avena sativa* subsp. *orientalis*; *Avena sativa* subsp. *praegravis*; *Avena sativa* var. *sativa*; *Avena sativa* var. *macrantha* (PlantList, 2020; Anthos, 2020; World Checklist of Selected Plant Families, 2020).

Variedades cultivadas

En el mundo existen numerosas variedades nativas de avena utilizadas para producir grano o forraje de las cuales se han desarrollado cultivares mejorados genéticamente (Stevens et al., 2004). En Colombia hay tres variedades de avena registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2020): ICA Cajicá, ICA Soracá (Arias et al., 1969) y Obonuco Avenar (liberada por Corpoica). La variedad Avena Forrajera AGROSAVIA Altoandina, de la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), aún no aparece en el registro de 2020 del ICA. En el comercio también se encuentran las variedades Dorada, Cayuse, Everleaf y Kona (Impulse semillas, 2020; Sáenz Fety, 2020).

A continuación, se describen las variedades:

Altoandina: variedad liberada por AGROSAVIA en 2018 que se adapta a altitudes de 2.200 a 3.200 m. La altura de la planta oscila entre 120 y 157 cm y el volcamiento varía de 0 a 13 %. La densidad de siembra recomendada para semillas con una germinación mínima de 85 % es de 80 kg/ha para producir forraje y de 60 kg/ha para producir semilla (figura 2). El forraje es apto para pastoreo, corte o ensilaje, en un corte produce entre 80 y 100 t/ha de forraje verde y puede asociarse con vicia. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 111 y 165 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. El cultivo requiere de 75 a 90 mm de lluvias o riego al mes, es tolerante royas y tiene un contenido de proteína cruda de 8 a 12 %. Asimismo, el contenido de Fibra detergente neutro (FDN) y Fibra detergente ácido (FDA) varía entre 48 y 65 % y 26 y 45 %, respectivamente (AGROSAVIA, 2018b).



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 2. Variedad Avena Forrajera AGROSAVIA Altoandina.

ICA Cajicá: variedad liberada en 1965 que se adapta a altitudes de 2.400 a 3.200 m. El volcamiento varía de 10 a 63 %. La densidad de siembra recomendada es de 65 a 80 kg/ha, la pradera es apta para pastoreo, corte o ensilaje, produce entre 50 y 70 t/ha de forraje verde y puede asociarse con vicia (figura 3). La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 102 y 165 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. Tiene una moderada susceptibilidad a royas y un contenido de proteína cruda 8 a 12 %. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 48 y 65 % y 26 y 45 %, respectivamente (Arias et al., 1969; AGROSAVIA, 2018b; Impulsemillas, 2020).



Foto: Paola Andrea Portillo López

Figura 3. Planta de avena forrajera ICA Cajicá.

ICA Soracá: variedad liberada en 1969 que se adapta a altitudes de 1.800 a 3.200 m en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño. La altura promedio de la planta es de 150 cm y el volcamiento varía de 0 a 30 %. La densidad de siembra recomendada para semillas con una germinación mínima de 85 % es de 80 kg/ha para producir forraje y de 60 kg/ha para producir semilla. La pradera es apta para pastoreo y grano y en un corte produce entre 50 y 60 t/ha de forraje. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 90 y 105 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. El grano alcanza madurez en 160 días. Requiere de 75 a 90 mm de lluvias o riego al mes. Es moderadamente resistente a royas del tallo y un contenido de proteína cruda 7 a 11 %. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 57 y 61 % y 36 y 41 %, respectivamente (Arias et al., 1969).

Obonuco Avenar: variedad liberada por Corpoica en 2003 que se adapta a altitudes de 2.200 a 3.200 m. La altura de la planta oscila entre 114 y 171 cm y el volcamiento varía de 20 a 65 % (figura 4). La densidad de siembra recomendada para semillas con una germinación mínima de 85 % es de 80 kg/ha para producir forraje y de



Foto: Paola Andrea Portillo López

Figura 4. Variedad de avena forrajera Obonuco Avenar.

60 kg/ha para producir semilla. La pradera es apta para pastoreo, corte o ensilaje, produce entre 80 y 100 t/ha de forraje verde y puede asociarse con vicia. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 102 y 122 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. Requiere de 75 a 90 mm de lluvias o riego al mes. Tiene tolerancia moderada a royas y un contenido de proteína cruda de 8 a 12 %. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 48 y 65 % y 26 y 45 %, respectivamente (AGROSAVIA, 2018b).

Cayuse: es una variedad importada que se adapta a altitudes de 2.200 a 3.200 m. La altura de la planta oscila entre 140 y 167 cm y el volcamiento varía de 20 a 65 %. La densidad de siembra recomendada cuando se establece sola es 75 kg/ha y cuando se establece asociada con vicia es 65 kg/ha. La pradera es apta para pastoreo, corte o ensilaje y produce por corte entre 45 y 65 t/ha de forraje (figura 5). La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 137 y 180 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. Requiere de 75 a 90 mm de lluvias o riego al mes. Es susceptible a royas y tiene un contenido



Foto: Paola Andrea Portillo López

Figura 5. Variedad de avena forrajera Cayuse.

de proteína cruda de 8 a 12 %. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 48 y 65 % y 26 y 45 %, respectivamente (AGROSAVIA, 2018b; Sáenz Fety, 2020).

Dorada: variedad forrajera mejorada de crecimiento erecto, hojas anchas y tallos firmes que se adapta a altitudes de 2.400 a 3.400 m. La densidad de siembra recomendada para semillas con una germinación mínima de 85 % es de 60 a 75 kg/ha para producir forraje y de 40 kg/ha para producir semilla (figura 6). La pradera es apta para pastoreo, corte o ensilaje. En un corte produce entre 80 y 100 t/ha de forraje y puede asociarse con vicia o arveja forrajera, en cuyo caso produce de 10 a 15 kg/ha. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 100 y 120 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. La producción oscila entre 80 y 90 t/ha, tiene baja tolerancia a royas, buena tolerancia a sequía y contiene de 7 a 11 % de proteína cruda. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 57 y 61 % y 36 y 41 %, respectivamente (Impulse semillas, 2020).



Foto: Paola Andrea Portillo López

Figura 6. Variedad de avena forrajera Dorada.

Everleaf: variedad importada que se adapta a altitudes de 2.200 a 3.200 m. La densidad de siembra recomendada cuando se establece sola es 75 kg/ha y cuando se establece asociada con vicia es 65 kg/ha. La pradera es apta para pastoreo, corte o ensilaje y produce por corte entre 45 y 55 t/ha de forraje. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 140 y 170 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. Requiere de 75 a 90 mm de lluvias o riego al mes, su tolerancia a royas es baja y contiene de 7 a 11 % de proteína cruda. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 57 y 61 % y 36 y 41 %, respectivamente (Sáenz Fety, 2020).

Kona: variedad importada que se adapta a altitudes de 2.200 a 3.200 m. La densidad recomendada cuando se establece sola es 75 kg/ha y cuando se establece asociada con vicia es 65 kg/ha. La pradera es apta para pastoreo, corte o ensilaje y produce por corte entre 45 y 55 t/ha de forraje. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga apariencia lechosa y pastosa, entre 125 y 150 días después de la siembra; en esta instancia puede realizarse el proceso de ensilaje. Requiere de 75 a 90 mm de lluvias o riego al mes, tiene una baja tolerancia a royas y contiene de 7 a 11 % de proteína cruda. Asimismo, el contenido de FDN y FDA varía entre 57 y 61 % y 36 y 41 %, respectivamente (Sáenz Fety, 2020).



Capítulo II

Cultivo de avena para ensilaje

Condiciones agroecológicas

Un ecosistema o sistema productivo es resiliente cuando se recupera después de sufrir cambios drásticos en su ambiente y retoma su desempeño productivo o de crecimiento habitual (Panel Montpellier, 2012). En este sentido, todo sistema productivo tiene límites que pueden superarse al contemplar su integridad, diversidad y capacidad productiva (Ayarza, 2015).

Cada tipo de forraje cultivado para ensilaje es diferente; por lo tanto, de manera previa al cultivo es necesario conocer las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como las condiciones agroecológicas de la zona, para seleccionar la variedad que mejor se adapta al entorno. Diversos cultivos —como los de maíz, cebada o avena— pueden usarse para ensilaje, sin embargo, requieren de prácticas culturales, fertilización y manejo de plagas, enfermedades y arvenses (Gamero et al., 2015).

La avena es una planta rústica que se adapta a diferentes condiciones del suelo, sin embargo, se establece mejor en suelos profundos, arcillo arenosos,

ricos en calcio (Ca), con un drenaje adecuado y buena retención de humedad. La avena presenta mejor adaptación que otros cereales a un suelo cuyo pH oscile entre 5 y 7 y suele sembrarse en tierras recién aradas y con un buen contenido de materia orgánica. Asimismo, es común establecer cultivos de avena en suelos con pendientes no superiores a 20 % en los cuales se pueda realizar una preparación adecuada de acuerdo con la zona. El lote debe tener condiciones favorables de drenaje, porosidad y, en lo posible, debe prepararse con labranza vertical, la cual debe realizarse con el cincel rígido, que trae consigo beneficios en la descompactación y mejoras en la profundidad efectiva del suelo superior a 30 cm. Usualmente, hay que garantizar una disponibilidad de agua mayor a 500 mm en el ciclo del cultivo.

Preparación del suelo

El suelo es un componente esencial en los sistemas de producción agropecuaria, pues contribuye al mejoramiento de la productividad y sostenibilidad. Por tal motivo, es fundamental promover sistemas agropecuarios polifuncionales, que sean productivos, sostenibles y diversos y, en consecuencia, mejoren las condiciones del suelo: su eficiencia en el uso de nutrientes y agua disponibles y en el incremento de la oferta y calidad de los servicios ecosistémicos; entre ellos, el relacionado con la mitigación de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y óxido nítrico (N₂O). (Montiel & Ibrahim, 2016). A continuación, se presenta un esquema de los principios básicos para el manejo de suelos, los cuales deben tenerse presentes para contribuir a la productividad y la resiliencia frente al cambio climático (Pound, 2000; Montiel & Ibrahim, 2016) (figura 7).

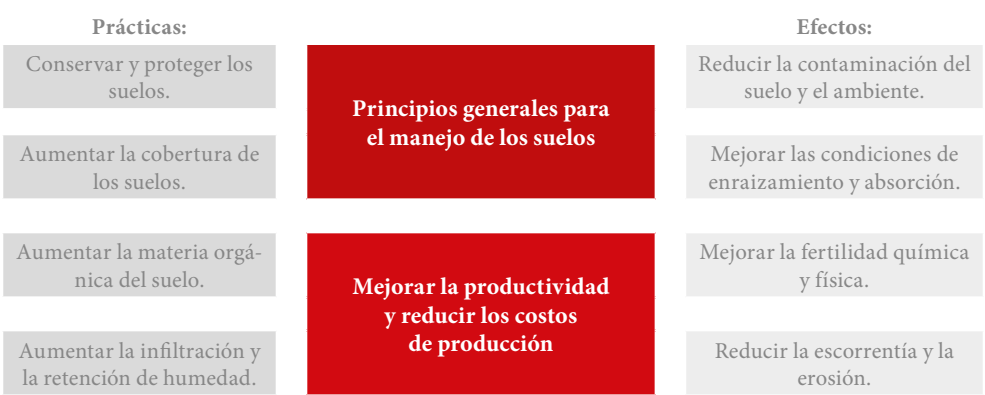


Figura 7. Prácticas asociadas al manejo de suelos en el cultivo de avena.
Fuente: Elaboración propia con base en Pound (2000) y Montiel & Ibrahim (2016)

Todo lo anterior debe implementarse para mejorar la productividad y reducir los costos de producción (Food and Agriculture Organization [FAO], 2015). A continuación se describen las prácticas a aplicar:

Conservar y proteger los suelos: fincas con suelos degradados se han recuperado gracias a la materia seca de las plantas, que aportan sus nutrientes al suelo rápidamente. También hay plantas que se degradan lentamente, con lo cual brindan cobertura al suelo y producen un efecto residual (Julca et al., 2006). Los métodos para la recuperación de suelos son de gran utilidad, por ende, un aspecto importante para que estos sean aplicados es la capacitación de los productores con el fin de que aprendan a analizar las causas de la degradación de sus suelos. El proyecto de manejo regional integrado de ecosistemas silvopastoriles, desarrollado con fondos de Global Environment Facility (GEF) en Colombia, Costa Rica y Nicaragua, utilizó como una de sus estrategias el pago por servicios ambientales (PSA) para establecer sistemas silvopastoriles que contribuyeran a la rehabilitación de pasturas degradadas para proteger los suelos, almacenar carbono, fortalecer habilidades de conservación y generar alternativas de desarrollo local a través de los servicios ambientales (Montiel & Ibrahim, 2016).

Reducir la contaminación del suelo y del ambiente: la agricultura de conservación tiene en cuenta la calidad e inocuidad de insumos y productos, un aspecto muy descuidado en la producción agropecuaria debido al abuso de agroquímicos detectados en el ambiente, los suelos y los productos agropecuarios. Esta situación produce contaminación, deterioro y afecta la composición de los alimentos para humanos y animales (Juste, 2018).

Prácticas de labranza de conservación: es frecuente que los cultivadores de avena descuiden las labores de preparación y fertilización del suelo. No obstante, si el suelo se prepara y fertiliza cuidadosamente, el cultivo de avena tendrá un mejor rendimiento productivo, sobre todo en los años de altas precipitaciones. Se recomienda preparar el suelo con un mes de anticipación como mínimo para que la biomasa incorporada con la labranza tenga una descomposición temprana. Cuando no se prepara el suelo a tiempo antes de la siembra de avena, suele tener lugar la inmovilización de nutrientes como el nitrógeno (N), el azufre (S) y el fósforo (P), lo cual causa deficiencias temporales de estos. Por tal motivo, es necesaria la labranza de conservación, que puede hacerse con dos pases de arado, un pase de cincel o un pase de arado de discos y dos a tres pases de rastra pesada o rastrillo liviano (FAO, 2005). Lo ideal es cultivar avena en suelos en los que haya habido otros cultivos como papa, leguminosas o cereales previamente. Si la siembra de avena tiene lugar después de que se hayan establecido leguminosas como

la arveja, de manera previa a la época de siembra se debe mecanizar con una arada cruzada. Por otro lado, si el anterior fue un cultivo limpio, como papa, será necesario un solo pase de arado y uno de rastrillo; en estas condiciones no es necesario realizar muchas labores de labranza (Pound, 2000).

Aumentar la cobertura de los suelos: es definida como la cubierta vegetal viva del suelo, establecida temporal o permanentemente, que puede cultivarse en asociación con otras plantas de manera intercalada, en relevo o rotación (figura 8). Algunos ejemplos de cultivos de cobertura no leguminosas son, por ejemplo, la avena negra (*Avena strigosa*), la avena amarilla (*Avena byzantina*), el rábano (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) y el raigrás italiano (*Lolium multiflorum*). Las principales funciones de los cultivos de cobertura son: reducir la degradación de los recursos naturales y de los residuos de insumos agrícolas, evitar pérdidas de suelo por erosión y sedimentación y contrarrestar la deforestación y la pérdida de agrobiodiversidad. Además, reducen la pérdida de fertilidad ocasionada por el quemado y mejoran la infiltración del agua (Pound, 2000).



Foto: Filadelfo Hernández Ovicdo

Figura 8. La cobertura y las arvenses evitan la erosión y conservan la humedad del suelo.

Mejorar las condiciones de enraizamiento y absorción: las raíces de las plantas absorben los nutrientes mediante dos procesos sucesivos: en primer lugar, los nutrientes se mueven desde el suelo hasta la superficie de las raíces y, en segundo lugar, los nutrientes se trasladan desde el exterior hacia el interior de las raíces. Cuando los nutrientes entran en la planta pueden moverse hacia arriba, a las hojas, y promover el crecimiento y desarrollo vegetales. Para que las raíces de las plantas crezcan en el suelo, deben encontrar y absorber los nutrientes cercanos para desarrollar un nuevo tejido radicular (Bonadeo et al., 2017; Margulis & Sagan, 2020).

Se conocen cuatro formas en que las raíces absorben nutrientes desde el suelo:

- **Interceptación de raíz:** hace referencia al flujo de los nutrientes del suelo a la superficie de la raíz. En este caso, no tienen que moverse hacia la interfase porque están disponibles para la absorción. Es la forma menos efectiva de contacto de las raíces con los agregados del suelo, los minerales y la materia orgánica; ahora bien, corresponde únicamente al 1 o 2 % de la absorción (Bonadeo et al., 2017).
- **Flujo de masa:** Ocurre mediante la transpiración de las hojas. El flujo de masa explica cómo los nutrientes de las plantas (98 %) se mueven del suelo a la superficie de la raíz. La disolución de nutrientes en la solución del suelo es la principal condición que les permite moverse mediante el flujo de masa (Salas, 2002).
- **Difusión:** Para algunos nutrientes y iones específicos, el mecanismo de movimiento principal es el de difusión lenta. En el suelo, el gránulo de fertilizante comienza con una concentración muy alta alrededor y con el tiempo los nutrientes y iones se alejan lentamente de la zona de alta concentración a una de baja concentración lejos del gránulo. El fósforo (P), el potasio (K) y el zinc (Zn) son los principales nutrientes y iones que se mueven por difusión (Salas, 2002).
- **Quelatos:** Los iones metálicos de micronutrientes como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), cobalto (Cb) y níquel (Ni) se mueven como consecuencia de la acción de quelatos. Los quelatos son producidos de forma natural por una amplia variedad de microorganismos, sin embargo, también existen quelatos sintéticos (Infoagro, 2020).

Aumentar la materia orgánica del suelo: el manejo integrado de suelos (MIS) puede mitigar los efectos negativos al potenciar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para mejorar la fertilidad, incrementar la disponibilidad de agua, brindar una cubierta vegetal, optimizar los ciclos de nutrientes e impulsar las prácticas de conservación. Con frecuencia, los productores aplican el MIS agropecuario y la

labranza de conservación para mejorar y conservar los niveles de materia orgánica en los suelos (Montiel & Ibrahim, 2016).

Mejorar la fertilidad química y física: la investigación avanza en la identificación de especies nativas e introducidas, como las gramíneas (debido a su mayor disponibilidad de nitrógeno), que optimicen la productividad de los cultivos. También se contempla la utilización de leguminosas como trébol blanco (*Trifolium repens*), alfalfa (*Medicago sativa*) y vicia (*Vicia* spp.), entre otras, como medios para mejorar la fertilidad del suelo, abastecer nitrógeno fijado o reciclado con más efectividad e identificar micorrizas efectivas para la captura de nutrientes (fósforo y azufre) en asociación con pasturas (Montiel & Ibrahim, 2016).

Aumentar la infiltración y la retención de humedad: en una investigación realizada en Nariño, las curvas de retención de humedad mostraron que un suelo con pastura presentó menos contenido de humedad frente a un suelo testigo y un suelo en uso agrícola. Estos hallazgos se explicaron por la reducción de la porosidad total debido a la alta carga animal y los altos periodos de ocupación de la pastura (Volverás et al., 2016). Remover los suelos mediante labranza adecuada ayuda a mejorar su porosidad, infiltración y retención de humedad.

Reducir la escorrentía y la erosión: en el trópico alto de Nariño se presentan serios problemas de escorrentía y erosión por el uso inadecuado de implementos de labranza. Aflojar el suelo y eliminar las coberturas al inicio de la temporada de lluvias genera terrones y agregados, susceptibles a desprendimiento y arrastre por agua de escorrentía. La reducción de labranza, la rotación de cultivos, los cultivos de cobertura y el descanso de los suelos son factores que reducen la escorrentía y la erosión y aumentan la infiltración y otras propiedades físicas y químicas. En suelos de Nariño ubicados en praderas, Volverás et al. (2016) encontraron que el cambio de uso del suelo y la rotación de cultivos de trigo y maíz aumentó, durante 25 y 70 años, el nivel de escorrentía a 95 y 97 %, respectivamente, en comparación al testigo en el que solo había pastura. A partir de estos hallazgos, los autores infirieron que algunas propiedades hídricas del suelo se afectaron en menos de 25 años por el uso intensivo del suelo.

Mejorar la productividad y reducir los costos de producción: la agricultura de conservación constituye la piedra angular de la agricultura climáticamente inteligente y se identifica como una de las medidas para mitigar el cambio climático, ya que incrementa los ingresos y la productividad, disminuye los costos de producción y

reduce la huella de carbono, con lo cual ayuda a mejorar el contenido de humedad en los suelos (Montiel & Ibrahim, 2016). Asimismo, existen una serie de prácticas, guías y herramientas dirigidas a incrementar la resiliencia y la productividad de los sistemas de producción agropecuarios que, a la vez, reducen y eliminan emisiones. En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se hacen esfuerzos para generar bases de datos de prácticas y métodos de adaptación al cambio climático; la base de prácticas Teca y la Wocat de la FAO siguen esa línea (FAO & Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional [GIZ], 2012).

En conclusión, las mejores prácticas de mecanización para el establecimiento de la avena incluyen los aspectos y recomendaciones que se enunciarán a continuación y están basados en diferentes estudios de AGROSAVIA y otras entidades:

Siembra y fertilización

Siembra de la avena

La avena se destaca por su tolerancia al estrés hídrico, por su elevada tasa de crecimiento inicial y por mantener su calidad en los estados reproductivos (Tomaso, 2009). Es una planta poco resistente al frío que en el trópico alto de Colombia se siembra entre los meses de enero y marzo y de septiembre a octubre (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 2020).

La densidad de siembra óptima oscila entre 200 y 300 plantas/m² y la cantidad de semilla a sembrar suele ser variable, sin embargo, se pueden considerar las dosis de 50 a 70 kg/ha con semilla certificada o seleccionada y con 85 % de germinación mínima. En áreas con suelos pobres o con deficiencias de humedad se debe aumentar la densidad a 80 kg/ha. Por ser una semilla muy ligera se debe distribuir de forma uniforme, sembrarla al voleo y dar dos pases cruzados para que la semilla quede mejor distribuida y tapada a no más de 5 cm de profundidad (figura 9). En suelos compactos y secos, cuando se dispone de sembradora mecánica, se aconseja la siembra en surcos separados 20 o 30 cm (AGROSAVIA, 2018b; Infoagro, 2020b).



Foto: Filadelfo Hernández Ovicdo

Figura 9. Siembra al voleo de semilla de avena forrajera.

Las semillas: son la base para nuevas plantas, por lo cual deben estar limpias física, fisiológica, genética y sanitariamente (Doria, 2010). Cualquier deficiencia en cualquiera de estos cuatro aspectos afecta la emergencia, la sanidad, la calidad y los rendimientos del cultivo. Por ejemplo, el carbón cubierto, ocasionado por *Ustilago levis*, no se manifiesta en el exterior y el aspecto de las plantas es normal, sin embargo, en el interior los granos están llenos de polvo negruzco que puede causar la intoxicación de los animales (figura 10). Otra enfermedad que pueden padecer los granos es el carbón desnudo, causado por *Ustilago avenae*, que destruye toda la panícula y deja solo el raquis. Para prevenir la incidencia de estas enfermedades es fundamental utilizar semillas certificadas o desinfectar antes de la siembra las semillas con productos a base de los ingredientes activos Carbendazim o Benomil (Infoagro, 2020a). (Syngenta España, 2020).

Épocas de siembra: entre las prácticas culturales a emplear en épocas lluviosas, se debe fomentar la siembra de variedades de avena resistentes a royas, manchas foliares y tolerantes a volcamiento; en épocas menos lluviosas se debe incentivar la siembra de variedades tolerantes a sequía, más precoces y con moderada tolerancia a las enfermedades limitantes. En años normales en el trópico alto de Nariño, la distribución de



Foto: Filadelfo Hernández Ovicdo

Figura 10. Semilla de avena forrajera.

lluvias es adecuada para el cultivo: las precipitaciones tienen lugar entre febrero y abril en el primer semestre y entre septiembre y noviembre en el segundo semestre. Ahora bien, de diciembre a febrero también se presentan heladas en las zonas altas —ubicadas por encima de los 2.900 m de altitud— (figuras 11, 12 y 13). Los valores de lluvia situados por debajo de las curvas de evaporación indican escasez de precipitaciones y posible deficiencia de humedad en el suelo. Como se mencionó anteriormente, las épocas de lluvias normales tienen lugar entre febrero y abril en el primer semestre y entre septiembre y noviembre en el segundo semestre. La siembra de las variedades de avena con buena tolerancia a las enfermedades más limitantes en la época y zona adecuadas contribuye a la reducción del número de aspersiones (Beltrán et al., 2017).

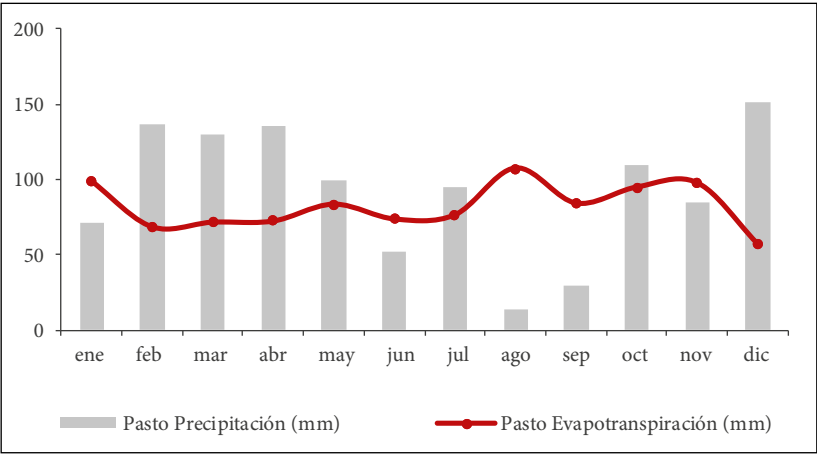


Figura 11. Promedios mensuales de lluvias y evaporación entre 1958 y 2017 en tres estaciones meteorológicas del Ideam ubicadas en el municipio de Pasto (Nariño).
Fuente: Elaboración propia con base en Ideam (2017)

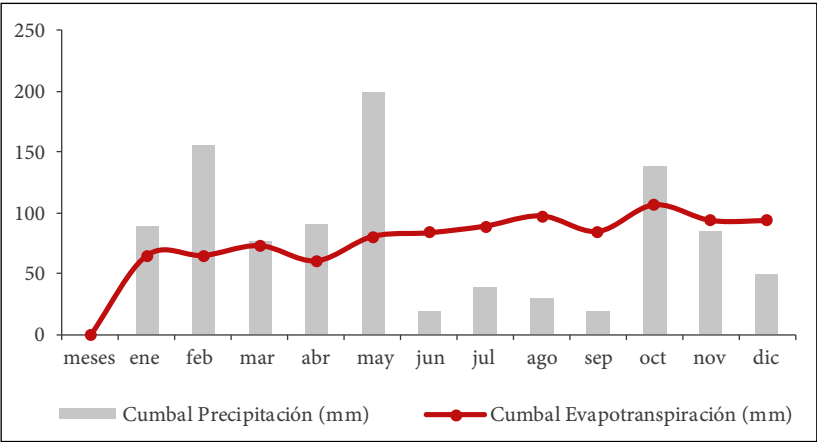


Figura 12. Promedios mensuales de lluvias y evaporación entre 1958 y 2017 en tres estaciones meteorológicas del Ideam ubicadas en el municipio de Ipiales (Nariño).
Fuente: Elaboración propia con base en Ideam (2017)

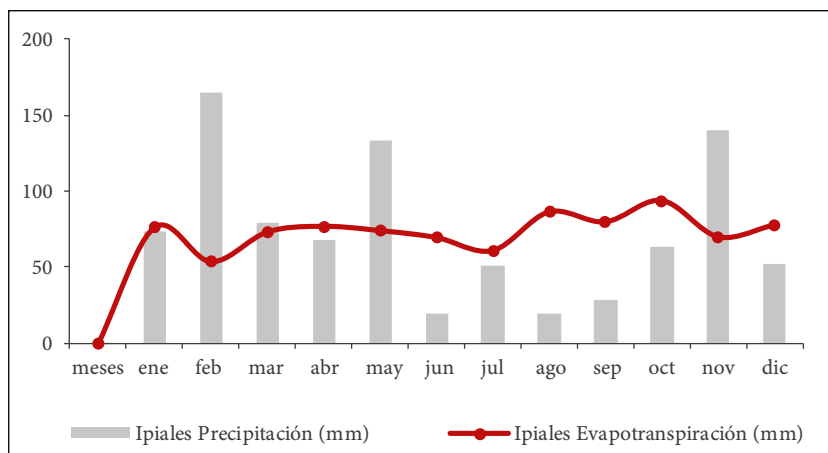


Figura 13. Promedios mensuales de lluvias y evaporación entre 1958 y 2017 en tres estaciones meteorológicas del Ideam ubicadas en el municipio de Cumbal (Nariño).

Fuente: Elaboración propia con base en Ideam (2017)

Fertilización de la avena

El sistema radicular de la avena es profundo y de buen crecimiento, por lo que le permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo. La combinación de fuentes de fertilización orgánica e inorgánica representa una alternativa confiable en el corto plazo para garantizar los requerimientos nutricionales de la avena forrajera (Torres et al., 2016). La avena responde muy bien a la fertilización con nitrógeno, aunque es sensible al volcamiento cuando se aplican altas dosis de este elemento. Para producir una tonelada de forraje fresco de avena se requieren 3,75 kg/t de N; 1,12 kg/t de P_2O_5 ; 4,0 kg/t de K_2O ; 0,38 kg/t de MgO y 0,5 kg/t de S. Estas cantidades responden a una fertilización de restitución. Para rendir 1,0 t/ha de grano, el cultivo de avena requiere 33 kg de N, 17 kg de P_2O_5 y 30 kg de K_2O (Infoagro, 2020a). Es necesario hacer el análisis químico para ajustar las cantidades de los tres elementos principales de acuerdo con la riqueza del suelo (Bertsch, 2003; Ciampitti & García, 2007).

La siembra debe realizarse con un fertilizante completo adecuado a forrajes y la fuente de nitrógeno debe ser aplicada durante la fase de crecimiento vegetativo hasta los 30 días, cuando la avena comience a macollar; esto es necesario cuando se observa baja población de plantas por m^2 y el cultivo se destina para forraje. Es fundamental tener en cuenta la altura de las plantas de las variedades a usar para evitar el volcamiento. Ahora bien, si se destina el cultivo para grano, el exceso de nitrógeno alarga el ciclo del cultivo, por esto no es conveniente aplicarlo, porque se corre el riesgo de que el grano esté vacío o sea vano. El nitrógeno y el potasio deben ser aplicados de manera

fraccionada en tres etapas del cultivo: al momento de la siembra (40 %), durante el macollamiento (30 %) y en el inicio de la floración (30 %). Se recomienda aplicar el fósforo en su totalidad al momento de la siembra.

Las enmiendas: en suelos pobres en calcio (Ca) y magnesio (Mg) —ubicados con frecuencia en el flanco oriental de la cordillera— donde predominan suelos ácidos y con tendencia arenosa (por ejemplo, en los municipios de Ipiales, Potosí, Córdoba, Puerres, Funes, Tangua, Pasto y La Cruz), aproximadamente 60 o 30 días antes de la siembra se recomienda aplicar cal dolomítica o dolomita en dosis de 500 a 1.000 kg/ha para corregir las deficiencias frecuentes de Mg y reducir la relación Ca/Mg (mayor a 4,0). El encalado es una práctica destinada a mejorar la productividad de los suelos ácidos, pues neutraliza los cationes acidificantes con enmiendas básicas que poseen Ca y Mg. Esta práctica es necesaria debido a la toxicidad por aluminio y a la acidificación que se presenta (Guerrero, 2012).

Manejo de arvenses

El cultivo de avena necesita del control de arvenses para mantenerse libre de estas plantas durante los primeros 60 días de cultivo, por lo tanto, las arvenses más competitivas deben manejarse mediante las prácticas de buena labranza, la rotación con cultivos anteriores limpios, el pastoreo de la pradera antes del cultivo de avena o la aplicación de herbicidas adecuados. Incluso si el cultivo de avena está destinado al forraje, es necesario manejar las arvenses cuando aparezcan durante el cultivo, pues son competitivas y pueden reducir la cantidad y la calidad del forraje. Asimismo, la mayoría de arvenses tienen factores antinutricionales, como nitritos o nitratos, que causan problemas en los animales que las consumen. Por todo lo anterior, debe dársele importancia al control de arvenses en los cultivos de avena. En la tabla 2 se presentan los herbicidas recomendados para el control de arvenses de hoja.

Tabla 2. Herbicidas pre- o posemergentes recomendados para control de arvenses de hoja ancha en avena para forraje o grano

Ingredientes activos	Dosis producto comercial
Metsulfuron metil	15 g/ha diluidos en un litro de agua (posemergente)
Metsulfuron metil + chlorsulfuron	10 a 15 g/ha diluidos en un litro de agua (posemergente)
Chlorsulfuron	10 a 12 g/ha diluidos en un litro de agua (posemergente)

Fuente: Elaboración propia con base en fichas técnicas de las casas productoras

Clasificación botánica de arvenses

Se han reportado diferentes arvenses en el trópico alto de Nariño para los cultivos de avena (figura 14). Las especies observadas corresponden a las reportadas por varios autores en estudios realizados en zonas similares (Sánchez & Villaneda, 2009).

	Nombre común: corazón herido Nombre científico: <i>Polygonum nepalense</i> Familia: Polygonaceae
	Nombre común: lengua de vaca Nombre científico: <i>Rumex crispus</i> Familia: Polygonaceae
	Nombre común: nabo silvestre Nombre científico: <i>Brassica rapa</i> Familia: Brassicaceae
	Nombre común: cardo Nombre científico: <i>Cirsium vulgare</i> Familia: Asteraceae

Foto: Filadelfo Hernández Ovicdo

Figura 14. Clasificación botánica de las principales plantas arvenses observadas en el cultivo de avena.

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

Consiste en la combinación, por parte de los productores, de métodos eficaces, posibles, económicos y amigables con el medio ambiente para controlar o reducir los daños ocasionados por plagas, enfermedades y arvenses limitantes del cultivo (Badii et al., 2007). En el MIPE se deben aplicar productos agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y arvenses con el fin de mitigar la contaminación, la intoxicación, así como la afectación del cultivo, las personas y su entorno. Es necesario, entonces, considerar los criterios de aplicación y manejo, lo cual parte de conocer el grado de toxicidad y el riesgo que conlleva la utilización de los agroquímicos seleccionados. El conocimiento de estos aspectos ayuda a mantener en buenas condiciones los sitios e implementos de almacenamiento y mejora las condiciones de bioseguridad relacionadas con la manipulación de las sustancias; es clave realizar el triple lavado y la disposición adecuada de empaques y envases una vez se apliquen los agroquímicos. De esta manera se fortalecen los esquemas de manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses (FAO, 2022).

Principales plagas

Las principales plagas del cultivo de avena consisten en áfidos que transmiten varios virus, entre los cuales se destaca el virus del enanismo amarillo de la cebada, conocido como Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV), que es el más limitante. Asimismo, los comedores de raíces, como chizas o cuzos son comunes (por ejemplo, *Astaena* spp. o *Ancognatha scarabaeoides*). Adicionalmente, durante el almacenamiento los insectos gorgojos constituyen una plaga que afecta la calidad y emergencia del grano para semilla.

Áfidos o pulgones: el virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV, por sus siglas en inglés) es propagado por áfidos o pulgones en los cereales y (*Macrosiphum avenae*; *Rhopalosiphum maidis*). El BYDV es conocido en todo el mundo y fue detectado por primera vez en Estados Unidos, en 1951 (figuras 15 y 16). Los daños ocasionados por este virus son severos e irregulares y sus síntomas en la avena se observan desde la segunda semana después de la emergencia: la extremidad de las hojas desarrolladas presenta rugosidad, las hojas se enrojecen y cuando aparece la hoja bandera esta adquiere una coloración rojiza púrpura con secamiento en las variedades sensibles. Hay años en que existe una gran cantidad de pulgones vectores pero su virulencia es

baja y la presencia de la enfermedad es irregular. Cuando las plantas afectadas alcanzan un porcentaje alto en campo, los rendimientos disminuyen significativamente (Biurrun et al., 2010).

Los áfidos vectores deben controlarse cuando las plantas tengan entre una y tres hojas y se observen las primeras poblaciones que inoculen el virus en las primeras dos semanas del cultivo. En esta instancia se deben aplicar insecticidas sistémicos específicos para insectos chupadores. Los productos recomendados por su toxicidad moderada o baja y por su especificidad son: tiametoxam (10 a 15 g i.a./ha); tiacloprid (70 a 75 g i.a./ha); tau fluvalinato (2,5 a 5,0 g i.a./ha) y pirimicarb (100 a 125 g i.a./ha) (Universidad Nacional de Costa Rica [UNA IRET], 2020). Se recomienda rotar con cultivos de hoja ancha.



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 15. Síntomas de BYDV en la planta de avena.



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 16. Planta de Avena (*Avena sativa*) afectada por BYDV.

El control natural basado en parásitos de plagas y en microorganismos antagónicos de enfermedades es el medio más efectivo para mantener el equilibrio natural y ambiental. Es necesario conocer en campo este tipo de controladores vivos para realizar prácticas de cultivo que puedan favorecer el establecimiento y la presencia continua de los controladores naturales (Bettiol et al., 2014).

Existen varias opciones de control natural. Los pulgones presentan numerosos enemigos naturales, como los depredadores, parásitos y hongos (*Entomophthora aphidis*), los cuales ejercen fuerte presión y mantienen las poblaciones por debajo de los umbrales de daño. Los coccinélidos o mariquitas depredadoras (como *Eriopis connexa*, *Coleomegilla quadrfasciata*, *Hippodamia convergens*, *Coccinella ancoralis* y *Cycloneda sanguinea*) y las crisopas (*Chrysoperla carnea*) son los enemigos naturales por excelencia. Además, los parásitos dípteros (por ejemplo, *Baccha clavata* y *Allograpta exotica*) y los micro himenópteros (como *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi*, *Aphidius abdominalis*, *Diaeretiella rapae* y *Aphelinus asychis*) son efectivos.

Chizas o cuzos: en varias regiones del trópico alto de Colombia existen más de 50 especies de chizas del orden Coleoptera, concretamente de la familia Melolonthidae, que atacan varios cultivos. Conocidos también como gallinas ciegas, mojoyes, cuzos, morrongos, marceños, cuaresmeros o gusanos blancos, son especies con grandes poblaciones que aparecen en los meses de lluvias entre septiembre y diciembre. Los estados larvales se desarrollan dentro del suelo y se alimentan de materia orgánica y cuando el contenido de esta es bajo se alimentan de las raíces de los cultivos (Yepes, 2011). En varios municipios del trópico alto de Nariño se presentan larvas de coleópteros comedores de raíces que afectan varios cultivos, como el de avena, con frecuencia reducen entre 60 y 90 % la población de plantas y afectan los rendimientos y la calidad del grano, en especial en suelos que han sufrido procesos de degradación y pérdida de materia orgánica (Lucero et al., 2006).

En las regiones ganaderas de Antioquia y Nariño predominan las especies *Astaena nitidula*, *Astaena pigydialis* y *Ancognatha scarabaeoides*. Otros géneros y especies importantes son: *Phyllophaga* spp., *Macroductylus mexicanus*, *Manopus biguttatus*, *Isonychus* spp., *Barybas* spp., *Cyclocephala* spp., *Heterogomphus* spp., *Golofa* spp., *Anomala* spp., *Plectris* spp. y *Clavipalpus ursinus*. Los daños que causan son complejos y tienen lugar en varias regiones y cultivos como los de papa, forrajes, pasturas, entre otros. Los adultos y las larvas causan daños en alrededor 300 especies de plantas (Pardo, 2002; Vallejo et al., 2000; Acevedo, 2005; Lucero et al., 2006; Palacio, 2010).

Para el control biológico de *Astaena* spp., es factible aplicar microorganismos entomopatógenos nativos como: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Steinernema* sp. Estos hongos logran la mortalidad hasta del 28 % frente a la aplicación de Clorpirifos (Lorsban 2,5 % DP en dosis de 20 a 30 kg/ha), con lo cual se obtiene una mortalidad del 29 %. Estos hongos también afectan a las especies *Ancognatha* spp. y *Phyllophaga* spp.

El nematodo *Steinernema* sp. (90 nematodos/ml) alcanza una mortalidad del 79 %. La aplicación de estos microorganismos contribuye a disminuir la contaminación ambiental por insecticidas y a mejorar las características de los suelos (Lucero et al., 2006).

Gorgojos del grano almacenado: en almacenamiento de granos, la plaga más común y una de las más destructivas en época de cosecha y almacenamiento de cereales es el gorgojo del trigo o gorgojo del grano (*Sitophilus granarius*). Estos insectos se alimentan del endosperma de los granos, lo cual produce pérdidas importantes en los rendimientos y en la calidad de los granos almacenados y, en consecuencia, en

la emergencia de plantas. El gorgojo del grano mide entre 3 y 4 mm, no vuela y las hembras perforan los granos, donde depositan los huevecillos (entre 50 a 250), que demoran de 4 a 14 días en incubar dependiendo de la temperatura ambiente y la humedad relativa. Asimismo, tardan entre 4 y 6 semanas en pasar de huevo a adulto y viven entre 7 y 8 meses (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1993).

Otra especie es el gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae*), frecuente en climas cálidos. Los adultos y larvas se alimentan de forma voraz de granos de arroz y otros cereales, como la avena. El gorgojo de arroz es similar al del trigo, salvo que presenta alas y vuela con facilidad. El adulto mide de 2,5 a 3,5 mm y el color varía de café a negro. Las hembras perforan el grano y depositan en cada perforación un huevecillo, que cubren con una secreción que no permite su rápida identificación. La hembra alcanza su máxima oviposición tres semanas después de emerger y deposita de 300 a 400 huevos que tardan entre 4 y 6 semanas en pasar a adultos. La larva, carente de patas, se alimenta y se transforma en pupa y en adulto dentro del grano. El adulto puede vivir entre 4 y 5 meses (FAO, 1993).

Para prevenir y controlar gorgojos en grano almacenado es necesario identificarlos, conocer sus condiciones de propagación y su biología. Las medidas de manejo son la higiene y las inspecciones periódicas. Igualmente, el grano para semilla se debe almacenar muy limpio, con baja humedad (menor de 13 %) y a bajas temperaturas (menor de 10 °C). También hay que conservarlos en pequeñas cantidades y en contenedores metálicos con tapas herméticas. Si hay sospechas de una infestación, hay que buscar minuciosamente a los adultos en los agujeros del grano (FAO, 1993).

Principales enfermedades

Para el manejo de las enfermedades que afectan las semillas, se recomienda el tratamiento antes de la siembra, la rotación con otros cultivos, la vigilancia periódica del cultivo y el manejo de las enfermedades con base en la evaluación previa en campo y la utilización de productos de baja toxicidad. A continuación, se describen las enfermedades que más afectan los cultivos de avena:

Roya anaranjada (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*): afecta específicamente a los cultivos de avena y es su principal limitante. Las uredosporas son de color anaranjado

vivo y las pústulas suelen ser pequeñas, aunque algunas alcanzan casi 1 cm (figura 17). Las infecciones iniciales se observan antes del primer mes, pero su severidad aumenta en el segundo mes cuando inicia el encañamiento; en esta instancia se observa una madurez anticipada del cultivo con reducciones en el peso y la calidad del grano.

Los días soleados y cálidos (15 a 20 °C), con temperaturas nocturnas entre 12 y 18 °C y con rocío y viento, son factores que facilitan la diseminación de las esporas que infectan nuevas plantas y, por lo tanto, son condiciones favorables para la infección del cultivo. Esta roya posee numerosas razas y es muy variable, por esto, ningún cultivar es resistente a todas las razas existentes. En este sentido, el manejo de la enfermedad debe basarse en la utilización de variedades resistentes o moderadamente resistentes. La avena también es sensible a la roya negra, la fusariosis (*Fusarium* spp.), el pie negro, los nematodos (*Heterodera avenae*) y la septoria (*Septoria* spp.). En el caso de ataques tempranos de royas, con lecturas de severidad en las hojas superiores a 10 %, se deben aplicar productos con los ingredientes activos diclobutrazol y mancozeb (30 y 120 g i.a. /ha) y triadimefon (250 a 500 g i.a. /ha) con 15 días de periodo de carencia.

Carbón cubierto (*Ustilago avenae*): este hongo no se manifiesta en el exterior, por lo que el aspecto de las plantas es normal, sin embargo, en el interior los granos están llenos de polvo negruzco que, con frecuencia, intoxica a los animales que lo consumen. Como control preventivo se deben desinfectar las semillas antes de la siembra con productos adecuados como carbendazim (0,5 g i.a./kg) o benomil (0,4 g i.a./kg) (AGROSAVIA, 2018a).

Oídio o cenicilla (*Erysiphe graminis* f.sp. *avenae*): las plantas afectadas presentan manchas cloróticas y grises sobre las hojas, vainas, tallos y espiguillas que, después, se ven como pequeños puntos negros. El periodo crítico se ubica entre el inicio del encañamiento (30 días) y la aparición de la panoja (60 días). Reduce la tasa de fotosíntesis; aumenta la respiración y la transpiración; disminuye el crecimiento y el vigor y disminuye la calidad del grano y el forraje. Se desarrolla con una elevada humedad relativa (80 a 100 %) y durante periodos fríos y húmedos a temperaturas entre 15 y 22 °C (Perdiguer Brun, 2013; Agroes.es, 2020). Las aplicaciones excesivas de nitrógeno favorecen el ataque, la ausencia de agua favorece la entrada, la luminosidad estimula la penetración y la oscuridad potencia el desarrollo del micelio y, en consecuencia, de la enfermedad.



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 17. *Puccinia coronata* (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae* Corda) en avena.

Para el manejo del óidio en semillas con un 85 % de germinación mínima, no se deben sembrar más de 60 kg/ha; igualmente, hay que controlar la fertilización con nitrógeno, que debe aplicarse en dosis menores a 100 kg/ha. En cuanto al control químico y cuando lo justifique la evaluación de severidad, se pueden aplicar fungicidas específicos con triadimefon (125 g i.a./ha), triadimenol (125 g i.a. /ha), tebuconazol (250 g i.a./ha), diniconazol (2,0 % tratamiento de semilla), carbendazim (400 g i.a./ha) o flusilazol (200 g i.a./ha) (Infoagro, 2020a; Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional [IRET-UNA], 2020).

AGROSAVIA provee algunos organismos, como tricotec (*Trichoderma koningiopsis* Th003), que pueden controlar enfermedades del suelo y plagas del follaje, y contribuir al mejoramiento de la eficiencia de la fertilización.





Capítulo III

Ensilaje de avena forrajera

Dificultades en el ensilaje de forrajes

Los ensilajes que se comercializan en Colombia como suplemento nutricional para el ganado bovino deben mejorar su calidad. Por ende, la Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), la Asociación de Ganaderos (Asoganaderos), la industria y AGRO-SAVIA aunaron esfuerzos para mejorar la calidad de los ensilajes tanto en clima cálido como en el trópico alto del país. Las entidades mencionadas se han enfocado en el objetivo mencionado porque los bovinos en Colombia se alimentan con material deficiente e incomparable al comercializado en países pioneros en la producción de leche. Si se quieren tener ensilajes aptos para el hato bovino, es necesario reconocer las causas de las deficiencias del suplemento nacional y la importancia de este alimento en la producción de leche (Villegas et al., 2019).

La capacidad de almacenamiento del alimento animal está limitada por los altos costos de los plásticos. En Colombia se empaca en bolsas de plástico de 50 kg, mientras que en otros países se guardan hasta 4.000



toneladas en un silo búnker (Villegas et al., 2019). Otra limitante es la disponibilidad de riego que no se ha modernizado y no se utiliza en muchos cultivos de forraje por la dificultad de acceder a agua de calidad y a servicios de energía de buena calidad que permitan el funcionamiento del sistema de aplicación de riego en las épocas críticas de la zona y del cultivo forrajero.

Valor nutricional de los ensilajes

A diferencia del maíz, la maduración de la avena se da en la parte alta de la panoja, donde se concentra la mayor parte de granos, lo cual asegura la buena calidad del ensilaje. Para lograr un alto rendimiento del forraje, la materia seca (MS) y obtener un ensilaje de calidad, se debe cosechar la avena cuando el primer tercio de la panoja se encuentre en estado pastoso, lo cual se percibe por su tono marrón. En este estado de madurez, más de la mitad de los granos (aproximadamente 60 %) se encuentra en estado lechoso y pastoso: entre los nudos 4 y 6 desde la base de la panoja. Al tener más granos en estado lechoso y pastoso se obtiene mejor ensilaje y se mejora la nutrición (figura 18). En todos los ensilajes se busca obtener entre 25 y 30 % de materia



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 18. Cultivo de avena en estado de grano lechoso y pastoso.

seca y aunque algunos productores no creen posible lograr este porcentaje con avena, las investigaciones han demostrado que es cuestión de realizar adecuadamente el trabajo de madurez, cosecha y empacado del silo (Carulla, 2016).

Por su alto nivel de fibra bruta (FB), FDN, FDA y lignina y su bajo contenido de almidón, la avena (*A. sativa*) —adecuada para forrajes de vacas de leche, conejos, caballos y cerdas gestantes— es un cereal de menor valor energético comparado con el maíz y la cebada. En la tabla 3 se pueden detallar los valores nutricionales del ensilaje de avena en comparación con los del ensilaje de maíz (Vargas et al., 1965; Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [Fedna], 2019).

Tabla 3. Rango de valores nutricionales en varios porcentajes de MS de ensilajes de avena y maíz

Forrajes	Ensilaje de avena				Ensilaje de maíz			
Valores nutricionales sobre MS (%)	20-25	25-30	30-35	>35	20-25	25-30	30-35	>35
Materia seca (MS) (%)	22,50	27,50	32,50	35,00	22,50	27,50	32,50	35,00
Humedad (%)	77,50	72,50	67,50	65,00	77,50	72,50	67,50	65,00
Cenizas (% MS)	9,58	9,07	7,57	7,17	6,31	4,51	4,18	4,01
Proteína bruta PB (% MS)	10,10	8,91	8,32	8,66	8,41	7,68	7,13	6,95
NH4 (% MS)	-	-	-	-	0,25	0,21	0,23	0,23
Extracto etéreo EE (% MS)	4,10	3,60	3,40	3,10	4,35	4,40	4,20	3,76
Fibra bruta FB (% MS)	38,20	31,30	29,60	29,70	27,00	25,20	24,50	23,70
Fibra detergente neutro FDN (% MS)	60,60	60,10	57,10	59,20	53,70	48,20	46,00	44,90
Fibra detergente ácido FDA (% MS)	41,30	38,80	35,90	36,10	33,30	29,10	26,80	25,30
LAD (% MS)	4,90	5,10	5,50	5,60	3,74	3,28	3,22	3,21
Almidón (% MS)	2,90	1,93	2,64	2,64	20,80	28,00	31,80	34,20
Energía metabolizable EM3 x Mcal/kg MS	2,21	2,19	2,16	2,04	2,35	2,45	2,46	2,46
Energía Neta Lactancia ENL Mcal/kg MS	1,36	1,35	1,33	1,24	1,47	1,54	1,55	1,55
UFL UF/kg MS	0,66	0,71	0,77	0,66	0,87	0,95	0,95	0,95
UFC UF/kg MS	0,63	0,64	0,70	0,66	0,81	0,89	0,91	0,91
Energía metabolizable EM Mcal/kg MS	2,19	2,14	2,16	2,02	2,39	2,53	2,54	2,54
Energía neta metabolizable ENM Mcal/kg MS	1,32	1,28	1,30	1,17	1,51	1,63	1,65	1,65
Energía neta (ENC Mcal/kg MS)	0,75	0,71	0,72	0,61	0,92	1,02	1,04	1,04
DEG (% PB)	62,00	68,00		66,00	64,00		60,00	
Digestibilidad DIG INT (% PB)	65,00				70,00			

(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Forrajes	Ensilaje de avena				Ensilaje de maíz			
pdia (% ms)	2,80	2,40	2,30	2,40	2,00	2,00	1,90	1,90
pdie (% ms)	6,50	6,20	6,10	5,90	6,40	6,70	6,60	6,80
pdin (% ms)	6,10	5,40	5,10	5,30	5,20	4,80	4,70	4,30
lys (% pdie)	2,83				6,90			
met (% pdie)	0,67				1,97			
Vitaminas								
Vitamina E (mg/kg)	13-20				-			
Vitamina B3 (Niacina) (mg/kg)	2,4				-			
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg/kg)	1,4				-			
Vitamina B6 (mg/kg)	1,0				-			
Ácido Fólico (µg)	6,0				-			
Biotina (mg/kg)	0,18				-			
Colina (mg/kg)	-				-			
Minerales								
Calcio Ca (% ms)	0,52				0,31			
Potasio (% K)	0,38				-			
Magnesio (% Mg)	0,20				0,15			
Sodio (% Na)	0,05				-			
Fósforo (% P)	0,31				0,18			
Azufre (% S)	0,20				-			
Hierro (mg/kg)	58 - 80				-			
Manganeso (mg/kg)	44				-			
Zinc (mg/kg)	25				-			
Cobre (mg/kg)	45				-			

Fuente: Elaboración propia con base en Vargas et al. (1965); Fedna (2019)

Estado ideal para realizar el ensilaje: los cereales que forman grano (maíz, sorgo, avena, cebada, trigo y triticale) poseen baja capacidad *buffer* y altos contenidos de carbohidratos solubles que contribuyen a una rápida y abundante formación de ácido láctico: una condición ideal para la elaboración de ensilajes; es por este motivo que, en los aspectos mencionados, superan a los forrajes de leguminosas y otras gramíneas (McAllister & Hristov, 2000). La cosecha de avena para ensilar debe hacerse cuando el grano se encuentre en estado lechoso y pastoso, esté lleno y contenga entre 25 y 30 % de ms.

Tipos de silos

Ensilar es una práctica o método de almacenamiento para preservar o conservar productos agrícolas (forraje fresco, residuos de plantas y material vegetativo de gramíneas, leguminosas o arbóreas aptas para la alimentación animal) en un tipo de estructura o sistema llamado silo. Esta estructura garantiza las condiciones que facilitan el proceso de fermentación anaerobia (sin aire) o degradativa, procesos realizados con el fin de mantener la composición nutricional del material biológico, cuyo producto final es el ensilaje (Corpoica, 1988; Cárdenas et al., 2004; Uribe, 2009).

Existen dos tipos básicos de estructuras de almacenamiento o silo: los horizontales y verticales. Entre los horizontales están los silos de superficie, de montón, búnker y de trinchera. Dentro de los silos verticales se destaca el cilíndrico de torre, también conocido como aéreo. En ganaderías de economía familiar campesina se han construido silos en canecas y bolsas plásticas negras.

La selección del tipo adecuado de silo depende de los siguientes aspectos:

- Condiciones y disponibilidad económica de los productores.
- Mano de obra disponible.
- Eficiencia en la conservación del valor nutritivo del forraje.
- Facilidad de cargue y descargue al sitio definitivo.
- Nivel de compactación de aire.
- Costos de inversión y operación.
- Condiciones de cerrado y ensilado y valorización de la propiedad (Corpoica, 2003).

A continuación, se describen los diferentes tipos de silo:

Silo de montón: son muy utilizados en las pequeñas explotaciones ganaderas y también se conocen como silo parvo, de pila o almiar. Es un silo muy económico, pero en el cual se puede perder hasta el 30 % del contenido si no se maneja adecuadamente. Para establecerlo, debe seleccionarse un sitio plano y alto, de fácil drenaje y libre de materiales contaminantes. Debajo del silo se debe poner un tendido de plástico grueso calibre N° 8 que cumpla el papel de piso o soporte. Después debe rellenarse el silo con el material picado en capas de 20 a 50 cm; entre cada capa, que se apisonará muy bien, se deben agregar los aditivos que mejorarán la fermentación y conservación. Cuando el montón alcanza la altura adecuada, se procede a tapar el

silo de manera hermética con otro plástico calibre N° 8. Se recomienda hacer canales de drenaje de agua alrededor del montón de silo. Asimismo, el suelo que se remueve de estos canales se puede colocar como cierre de las paredes laterales del montón (Contexto Ganadero, 2020; Corpoica, 2003; FAO, 2005).

Materiales e insumos: para la construcción de este tipo de silo y la preparación del ensilaje se necesitan picadora, balanza, baldes plásticos, carpa plástica, plásticos N° 8, palas, termómetros, rastrillos, tractor y canecas.

Insumos y proporciones: se requiere melaza en una cantidad de 5 % del peso del material forrajero a ensilar y urea en una cantidad de 3 % del peso del material forrajero a ensilar. Además, se requieren 2,5 m de plástico por cada metro cúbico que se realice de silo (FAO, 2005).

Silo de trinchera: es una estructura construida por debajo del nivel del suelo. Las paredes deben estar ligeramente inclinadas, pueden ser de suelo expuesto o estar recubiertas con cemento; su base debe tener una pendiente de aproximadamente 5 % y estar acanalado hacia el centro para facilitar el drenaje de líquidos. Como en la elaboración del silo de montón, se dispone el material picado en capas de 20 a 50 cm y entre cada capa, que se apisona muy bien, se agregan los aditivos que mejorarán la fermentación y conservación. Después de esto se tapa de forma hermética para facilitar los procesos fermentativos y lograr un excelente material conservado. Al terminar el silo, se debe dejar sobresalir la estructura sobre el nivel del suelo dándole forma curva para que, sobre el plástico que lo cubre, escurra el agua de lluvia. Se deben hacer canales de drenaje de agua alrededor del silo de manera que el suelo que se remueva de los canales se utilice como sellante del plástico que se pone sobre el montón. Es el silo más adecuado para almacenar grandes volúmenes de forraje (Corpoica, 2003).

Horno forrajero: es una adaptación que se hace del silo de trinchera en pequeñas ganaderías, pues es de fácil y económica construcción. Para su elaboración se realiza la apertura de un hueco en el suelo, de forma cuadrada o rectangular, con una ligera pendiente en las paredes y en el piso y con un canal interior para el drenaje de líquidos (figura 19). Este silo permite hacer el llenado con la planta entera (sin picar) y cosechada de forma manual, se extiende en capas de 50 cm de espesor hasta completar el silo. Las etapas para seguir y los cuidados que se deben tener son los mismos que los de los silos horizontales. El horno forrajero debe tener un volumen



Foto: Paola Andrea Portillo

Figura 19. Elaboración de un silo tipo horno forrajero en forma artesanal.

mínimo de 4 y 10 m³ que permita almacenar entre 2.800 y 7.000 kg de forraje (Corpoica, 2003).

Silo tipo búnker: también se conocen como silos horizontales y su construcción se realiza sobre el nivel del suelo. Las paredes laterales (elaboradas en materiales como ladrillo, madera, láminas de zinc u otro material disponible) y la base forman un trapecio invertido, estructura que facilita la compactación del material a conservar (Corpoica, 2003). La elaboración de la estructura de estos silos tiene un costo inicial alto que debe ser amortizado por más de 10 años; sin embargo, es muy práctico para el ensilaje de altos volúmenes de forraje, por lo que se utiliza maquinaria para compactar (figura 20).



Foto: Paola Andrea Portillo

Figura 20. Silo tipo búnker.

Silo en bolsas plásticas: Consiste en un ensilaje empacado en bolsas plásticas negras calibre N° 6 de 90 cm de largo por 80 cm de ancho que puede almacenar alrededor de 50 kg de forraje. Este sistema facilita el ensilado, su distribución a los animales y la comercialización (Corpoica, 2003).

Una de las ventajas que trae consigo ensilar en bolsas de plástico es que se facilita la conservación de pequeñas cantidades de forraje por periodos prolongados de tiempo, lo cual evita las pérdidas en el suministro. Este aspecto diferencia el ensilaje en bolsas plásticas del ensilaje tradicional, donde después de cosechar y picar deben aprovecharse grandes volúmenes de forraje en un corto tiempo, lo cual genera más pérdidas por el proceso de destapado. Lo anterior permite a los pequeños productores administrar cantidades de forraje conservado por un periodo más largo de días, especialmente en época seca (figura 21). El forraje ensilado puede incluir arvenses con hojas suculentas de los cultivos agrícolas y bordes de caminos y canales, que pueden ser secados al aire y a la sombra antes de ser triturados y ensilados (Lane, 1999).



Foto: Filadelfo Hernández Oviedo

Figura 21. Proceso de ensilaje en bolsas plásticas negras.

Características de un buen ensilaje

Los buenos ensilajes de avena son aquellos forrajes almacenados de manera óptima en silos destinados a ser utilizados en épocas en las que escasean las pasturas. Por lo tanto, el ensilaje suple las necesidades de forraje de calidad, pues es un método para conservar los nutrientes del forraje, no para mejorarlos. En este sentido, no es un concentrado ni constituye un alimento completo para la alimentación de rumiantes; es una alternativa de suplementación que sirve para mantener la producción animal en los periodos de escasez de forraje. Por lo tanto, no se puede generar la falsa expectativa de que los parámetros productivos de los animales incrementarán significativamente con una abundante administración de forrajes ensilados (Corpoica, 2003).

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, el ensilaje debe cumplir con ciertos parámetros de calidad nutricional y de inocuidad para que, al ser suministrado a los bovinos, permita mantener o incrementar el peso y la producción de leche y carne cuando escaseen las precipitaciones; es por esto que el forraje de las pasturas no es suficiente para sostener los niveles productivos de los hatos. Adicionalmente, los parámetros de mayor

relevancia para la calidad del ensilaje son: el pH, el amonio relacionado al nitrógeno total (Nl-Is/N total), la temperatura, el análisis microbiano, el ácido láctico, el ácido acético, el ácido butírico y la cantidad de bacterias productoras de lactato. Los parámetros de calidad nutricional del ensilaje son materia seca, proteína cruda, energía metabolizable (kcal o Mjoul) y fibras (FDN, FDA, FC), además de las características organolépticas fácilmente identificables como el olor y color (Villalba et al., 2011).

Después de los 30 días de ensilado el forraje se estima una detención de los procesos fermentativos al interior del silo, donde la temperatura baja, el pH se estabiliza y el material ensilado adquiere un color caramelo y un olor similar al guarapo, característico de la fermentación de los carbohidratos (tabla 4).

Tabla 4. Características de calidad, químicas, organolépticas y físicas de los ensilajes

Características	Buena calidad	Mala calidad
Químicas		
* pH	Menor de 4,2	Mayor de 5,2
* Nitrógeno amoniacal (%)	Menor de 1,0	Mayor de 4,0
* Ácido láctico (%)	Mayor de 6,0	Menor de 5,2
* Ácido acético (%)	Menor de 2,0	Mayor de 3,5
* Ácido butírico (%)	Menor de 0,5	Mayor de 0,8
Físicas		
* Color	Amarillo verdoso	Pardo o negro
* Olor	Agradable	Pútrido o podrido
* Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
* Humedad (%)	68 a 72	65 a 78

Fuente: Elaboración propia con base en Demarquilli (1981), Guerrero & Edmundo (2012) y Xian et al. (2015)

Fases bioquímicas del ensilaje

El ensilaje se logra a partir de la fermentación láctica en condiciones anaeróbicas (en ausencia de oxígeno). Las bacterias de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje que producen el ácido láctico y el ácido acético (en una menor cantidad). Dichos ácidos bajan el pH del material, lo cual impide la presencia de microorganismos que causen pudrición (Weinberg & Muck, 1996; Oude et al., 1999). Una vez que ha sido almacenado, compactado y cubierto, el material atraviesa cuatro fases bioquímicas:

Fase 1 - aeróbica: relativamente corto y de pocas horas. En esta fase disminuye rápidamente el oxígeno atmosférico restante en el forraje debido a la respiración y la acción de los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras

y enterobacterias. Se presenta una alta actividad enzimática de proteasas y carbohidrasas cuando el jugo del forraje fresco se mantiene en el rango normal de pH (6,0 a 6,5). Las buenas prácticas de cosecha y el llenado de silo reducen las pérdidas de nutrientes (CHS) provocadas por la respiración aeróbica y proveen una mayor cantidad de nutrientes para la fermentación láctica (Erazo & Zambrano, 2014).

Fase 2 - Fermentación: se genera al producirse un ambiente anaeróbico o sin oxígeno. Puede durar varios días o semanas dependiendo de las características y condiciones del material ensilado. Si la fermentación se desarrolla bien, la actividad de las BAC aumentará y será la población predominante. Por causa de la producción de ácido láctico y acético, el pH bajará a valores de 3,8 a 5,0. Este proceso depende de los aditivos aplicados al inicio del ensilado (Erazo & Zambrano, 2014).

Fase 3 - Estable: En ausencia de oxígeno, el silo permanece sin grandes cambios. Se reduce la población de los microorganismos de la fase 2. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven en estado inactivo; los clostridios y bacilos sobreviven como esporas. Algunas proteasas, carbohidrasas y microorganismos especializados como *Lactobacillus buchneri* toleran ambientes ácidos y tienen actividad lenta. Para minimizar el deterioro del ensilado durante esta fase se debe procurar que la estructura esté bien cubierta; sus roturas deben ser reparadas (Erazo & Zambrano, 2014).

Fase 4 - Deterioro aeróbico: se presenta al abrir el silo y cuando el ensilaje tiene su primera exposición al ambiente y, por consiguiente, al aire; esta fase es inevitable cuando se extrae y distribuye el ensilaje. El periodo de deterioro se da en dos etapas: la primera obedece a la degradación de los ácidos orgánicos que se conservan en el ensilaje por acción de levaduras y bacterias que producen ácido acético y causan aumento en el pH; en la segunda etapa se aumenta la temperatura y se promueve la actividad de microorganismos, como bacilos, que dañan el ensilaje (Erazo & Zambrano, 2014). La segunda etapa incluye la actividad de los microorganismos aeróbicos facultativos, como mohos y enterobacterias. Las pérdidas por deterioro pueden ser observadas y oscilan entre 1,5 y 4,5 % de ms diaria (Honig & Woolford, 1980). El deterioro del silo puede reducirse con el rápido suministro del ensilaje.

Aditivos para el ensilaje

En la elaboración de ensilaje, es muy frecuente el uso de aditivos que enriquezcan nutricionalmente el silo y faciliten el proceso de fermentación. A continuación, se

mencionan los diferentes aditivos que se utilizan y sus beneficios (Montero et al., 1990).

Aditivos biológicos: son los inoculantes y las preparaciones de enzimas, productos naturales que no conllevan ningún riesgo para el ambiente o durante su manipulación. Su uso se ha difundido bastante en las últimas décadas, por lo que se dispone de diversos productos comerciales en el mercado que varían en su eficacia (tabla 5). Se recomienda aplicar la dosis indicada y seguir el método de aplicación descrito para alcanzar su máxima eficacia (Bolsen, 1999).

Ingredientes alimenticios: son ricos en elementos y de fácil fermentación, por ejemplo, el azúcar, la melaza, el guarapo. Los sustratos provistos de forrajes con valores bajos de materia seca (MS) y de azúcares permiten mejorar el proceso de fermentación del ensilaje. Los granos y sus subproductos, tales como maíz molido, harina de sorgo, salvado de arroz, harina de yuca, pulpa de cítricos, entre otros, pueden ser aditivos y suplir, en parte, un sustrato fermentable; pueden influir sobre la fermentación puesto que absorben el exceso de humedad o efluente. Para optimizar su eficacia y reducir las pérdidas de nutrientes, es recomendable usarlos en tasas relativas altas (mayor de 25 % MS) y efectuar una buena mezcla con el forraje picado (tabla 5). Al evaluar su rentabilidad, es importante considerar el efecto positivo de estos ingredientes para mejorar el valor nutritivo del ensilaje (Mühlbach, 1999).

Aditivos químicos: son sustancias que pueden ser tóxicas y corrosivas, por lo cual son usadas con poca frecuencia en el sector agropecuario (tabla 5). Un aditivo basado en sulfatos impide el desarrollo de levaduras y mohos y, según diversos reportes, se usa en forma comercial en países como Israel, donde se le atribuye la reducción de pérdidas y el mejoramiento de la estabilidad aeróbica. En ocasiones, se aplica sal gruesa sobre la parte superior del silo en trinchera (3 a 4 kg/m²) para preservar la parte delicada del ensilaje. Amoníaco anhidro se ha empleado en ensilajes de maíz, trigo y sorgo y ha mejorado la estabilidad aeróbica, sin embargo, el uso de aditivos de nitrógeno no proteico (NPN), implica riesgos. Sustancias como el ácido fórmico estimulan la rápida fermentación del ensilaje; además, el formaldehído puede ser usado como conservante (Ashbell & Weinberg, 1993).

Aditivos minerales: son productos usados en el ensilaje para fomentar la palatabilidad o para incrementar el contenido de nitrógeno y otros nutrientes disponibles. Un ejemplo es la urea, la cual mejora el valor de la proteína y la sal de sodio. También es

factible utilizar otros tipos de sales para mejorar el valor nutricional del forraje con calcio y magnesio. Las sales son preservantes (tabla 5).

Residuos productivos: no son utilizados con frecuencia. Se han reportado casos en los cuales, si se adicionan residuos de galpón al ensilaje (como los residuos de sangre), se corre el riesgo de afectar el bienestar animal, ya que pueden ser medios de transmisión de enfermedades (tabla 5).

Tabla 5. Tipos de aditivos utilizados para preservar o mejorar la fermentación y la calidad de los ensilajes

Tipo de aditivo	Ingrediente activo típico	Comentarios
Estimulantes de fermentación	<i>Lactobacillus</i> sp. BAC	Puede afectar la estabilidad aeróbica
	Azúcares (melaza)	Mejoran la fermentación
	Enzimas	Catalizan reacciones químicas
Inhibidores de fermentación	Ácido fórmico *	Estimula la rápida fermentación del ensilaje
	Ácido láctico *	Baja el pH del ensilado
	Ácidos minerales	Fomentar la palatabilidad
	Nitritos	Inhibición de clostridios
	Sulfitos	Conservantes de alimentos
	Cloruro de Sodio	Preservante del forraje ensilado
Inhibidores de deterioro aeróbico	<i>Lactobacillus</i> sp. BAC	
	Ácido propiónico *	Conservante, impide crecimiento mohos y bacterias
	Ácido benzoico *	Protege de mohos y hongos que producen aflotoxinas
	Ácido sórbico *	Conservante, antimicrobiano y antifúngico
Nutrientes	Urea	Puede mejorar estabilidad aeróbica
	Amoniaco	Puede mejorar estabilidad aeróbica
	Minerales	
Absorbentes	Pulpa seca de remolacha azucarera	
	Paja	

* O su sal correspondiente
Fuente: Elaboración propia con base en McDonald et al. (1991) y Mühlbach (1999)

Pasos para elaborar ensilajes de calidad

Es necesario mantener un inventario de forraje durante todo el año sin necesidad de acudir a ensilajes para conseguir alimento de calidad. Los ensilajes se deterioran por el manejo inadecuado durante el ensilado, por lo cual, después de elaborar con éxito el silo se deben seguir las medidas adecuadas para su conservación. El

alimento ensilado se puede deteriorar y en esas condiciones los bovinos no recibirán los nutrientes necesarios para el mantenimiento y la producción de leche y carne de calidad. Así pues, después de preparar adecuadamente el ensilado de avena, inicia el proceso de conservación del forraje almacenado (Corpoica, 2003; García, 2014). A continuación, se describen los pasos para elaborar el silo.

Paso 1 - Determinar el sitio y tamaño del silo: el terreno debe ser plano y estar localizado en el mismo potrero o en un lugar cercano al sitio donde se va a suministrar el ensilaje; asimismo, es fundamental evitar los suelos húmedos. La dimensión del área a ocupar depende de la cantidad de forraje a ensilar y de las necesidades de suministro de los animales que, además, varía durante las diferentes épocas del año. Un metro cúbico de silo puede almacenar entre 600 y 700 kg de forraje; además, 1 tonelada de ensilaje puede sostener una vaca en producción durante un mes sin necesidad de pastoreo. Al establecer el silo, se debe tener en cuenta que se necesita un cultivo que produzca por lo menos 60 t/ha de avena (Corpoica, 2003; García, 2014).

Paso 2 – Cosecha y picado: la cosecha del forraje de avena para ensilar debe hacerse cuando el grano esté en estado lechoso y pastoso y el forraje contenga entre 25 y 30 % de ms. Cuando no se tienen en cuenta estos parámetros, es probable tener pérdidas parciales o totales de ensilaje. El material para ensilar se debe picar en pedazos no mayores a 3 cm. Igualmente, la aplicación de inoculantes para mejorar la fermentación es otro factor relevante antes de comenzar el ensilado (tabla 5); este proceso se lleva a cabo para no perder el producto en el proceso de maduración en el silo. Ahora bien, cuando se elaboran silos de trinchera, la avena se puede cortar y ensilar por capas cruzadas sin necesidad de picar el material (Corpoica, 2003; García, 2014).

Paso 3 - Capas de protección: se debe preparar una primera capa de material vegetal (paja de trigo, cebada, aserrín o plástico) con el propósito de impedir el contacto directo del forraje con el suelo y de retener los líquidos lixiviados ricos en nutrientes. La capa de protección debe ser distribuida a una distancia corta del área demarcada del silo (figura 22). Asimismo, la rapidez de llenado del silo es fundamental para reducir las pérdidas (Corpoica, 2003; García, 2014).

Paso 4 - Distribución del forraje: el forraje picado se debe poner sobre el material aislante o el plástico que se tenga como base. Posteriormente, hay que esparcir el forraje y evitar la formación de cámaras de aire. Se debe tener iniciar el llenado por los extremos del silo y es fundamental formar capas superpuestas. El material picado se debe ensilar en silos de trinchera, de montón, en canecas, bloques o en bolsas

plásticas negras, es esencial compactar lo suficiente el material para obtener una buena fermentación (Corpoica, 2003; García, 2014).



Foto: Edmundo Andrés Timaran

Figura 22. Se extiende una capa de protección para el silo respecto del suelo, y el material a ensilar se dispone en capas.

Paso 5 - Compactación: este proceso debe desarrollarse para eliminar el máximo de aire, condición necesaria para que la fase anaeróbica o de fermentación comience lo más pronto posible. Para dicho fin, el silo que se guarda en canecas o bolsas plásticas negras se puede compactar con un pisón de metal o madera y el que se almacena silos de trinchera o montón con un tractor con llantas limpias que compacte el material de manera tal que se formen capas delgadas superpuestas de forraje no mayores a 30 cm de grosor (el material también se puede compactar con animales o con personas) (figura 23). La compactación debe realizarse para lograr entre 700 y 800 kg/m³ de forraje. Una vez compactado, el silo se sella con plástico para que no quede aire y se cubre con una tela polisombra para que no alcance temperaturas elevadas y no se pierda la proteína (Corpoica, 2003; García, 2014).

Paso 6 - Maduración: una vez cubierto y sellado el silo se da inicio al proceso de maduración. En momentos de crisis por la escasez de alimento, el ensilado suele

dejarse madurar solo 8 días antes de despacharlo a fincas. Sin embargo, para obtener una maduración completa y teniendo en cuenta que este proceso garantiza que el producto conserve los componentes nutricionales óptimos, se debe almacenar por lo menos 30 días para conseguir una mayor producción de ácido láctico (figura 26). Una vez terminado el silo, se debe hacer una cerca alrededor de este para impedir la entrada de animales que puedan perforar la lona de plástico que lo cubre (Corpoica, 2003; García, 2014).



Foto: Edmundo Andrés Timaran

Figura 23. Compactación del forraje picado en el silo de bolsa plástica.

Paso 7 - Vigilancia del ensilado: un aspecto que muchos productores pueden pasar por alto es que el trabajo relacionado con el proceso de ensilaje no termina con su almacenamiento. Así pues, es de vital importancia revisar con frecuencia los recipientes en los que se guardó, ya que, si se ven daños en las canecas o bolsas, los recipientes deben resellarse para que no haya presencia de aire que dañe el material ensilado. Ahora bien, aunque es difícil perder un ensilaje, es posible encontrar ensilajes que no se le puedan administrar a los bovinos por su mal olor, humedad excesiva y color oscuro (diferente al verde amarillo que caracteriza el ensilaje de calidad). La conservación del ensilaje no es una función compleja, es clave tener las



Foto: Filadelfo Hernández Ovicdo

Figura 24. Maduración del forraje picado por más de 30 días en bolsas de silo completamente cerradas.



Foto: Filadelfo Hernández Ovicdo

Figura 25. Suministro de ensilaje después de completar la fase de fermentación.

habilidades necesarias para mantener en el tiempo un producto de calidad (Corpoica, 2003; García, 2014).

Paso 8 – Utilización: Una de las ventajas que traen consigo los ensilajes compactados y madurados de forma adecuada es el suministro de forraje de buena calidad a los bovinos varios meses después de elaborado (figura 25). Se recomienda utilizar el ensilaje hasta ocho meses después de almacenado dado que un ensilaje de calidad puede durar hasta tres años. Una vez se comience a utilizar el ensilaje, es necesario remover diariamente el material podrido con mal olor (Corpoica, 2003; García, 2014).

Pérdidas durante el ensilaje

Durante la siembra y recolección del material vegetal para ensilar se cometen errores debido a la necesidad de vender el producto rápido y recibir más ganancia. Por ejemplo, la calidad se ve afectada cuando se cosecha el forraje antes de haber alcanzado un porcentaje de MS que oscile entre 25 y 30 %. Fedegan y el Fondo Nacional del Ganado (FNG) aunaron esfuerzos para incentivar la producción, comercialización y uso de ensilajes de alta calidad. Incluso han propuesto que en Colombia se debería pagar por el suplemento dependiendo de su calidad nutricional o química (Mendoza, 2014; Villegas, 2015).

Las pérdidas en la producción de forraje, cosecha y elaboración del silo se presentan durante todo el proceso, sobre todo cuando no se siguen los parámetros para sembrar con la densidad adecuada a la especie y la fertilización correcta de acuerdo con la fertilidad del suelo. Asimismo, durante el desarrollo del cultivo, se pueden presentar limitantes como sequías, volcamientos, daño por animales, granizadas o heladas. Durante el corte del forraje también se presentan pérdidas ocasionadas por la maquinaria o los operarios, pues, por el mal corte del material se dejan restos de forraje en los lotes. A este respecto hay que tener presente que durante el ensilado se dejan restos de forraje desperdiciado, en especial cuando el corte se realiza con maquinaria, la cual debe estar en perfecto funcionamiento y calibración. Adicionalmente, durante la elaboración del silo hay pérdidas de forraje por sobrecalentamiento que se deben a no picar y ensilar a tiempo, para lo cual hay que tener en cuenta que entre el momento del corte y picado no deben pasar más de 24 horas, así se evita el calentamiento por la presencia de aire.

Se recalca que la cosecha de forraje de avena para ensilar debe hacerse cuando el grano esté lechoso, pastoso y lleno y el forraje contenga entre 25 y 30 % de ms. Lo anterior es muy importante para que el proceso de fermentación se desarrolle por completo y, en consecuencia, se obtenga un ensilaje de excelente calidad. Cuando no se tienen en cuenta estos importantes parámetros se puede perder total o parcialmente el ensilaje (tabla 5).

Suministro de ensilaje

Requerimientos nutricionales de los bovinos

El ganado bovino tiene la capacidad de convertir alimentos que no pueden ser aprovechados por el hombre o animales monogástricos en productos de alta calidad nutritiva (carne y leche). La cantidad de nutrimentos requeridos por el animal dependen del peso corporal, la tasa de crecimiento, el nivel de producción, la gestación y la actividad diaria, por lo que la alimentación de bovinos se orienta a suministrar los nutrimentos necesarios para su desarrollo (Holmes et al., 1987; Maynard et al., 1981; Orskov, 1990; Wiktorsson, 1983).

Para satisfacer los requerimientos energéticos de los bovinos, se deben conocer sus demandas en relación con sus funciones metabólicas, el contenido de energía en los tejidos y la leche y la eficiencia de uso de la energía. Es necesario conocer, además, cómo estas demandas energéticas son afectadas por la actividad física y otros factores en su entorno ambiental, como el frío o calor. Además, es importante conocer la composición de los alimentos y el efecto de la ms sobre la digestibilidad y el nivel de energía (Elizondo, 2002).

Cálculo de los requerimientos diarios de forraje: se recomienda tomar como referencia el 12 % del peso vivo del animal. Para el caso de vacas próximas al parto, vacas en el primer tercio de la lactancia, terneros y destetos, se calcula un nivel de suplementación del 20 % de peso vivo. A través de la siguiente fórmula se estima la cantidad de forrajes proteicos y energéticos a suplementar (Uribe et al., 2011):

Por ejemplo:

Vaca postparto con un peso de 350 kg: $350 \text{ kg} \times 20 \% = 70 \text{ kg}$ de forraje a suplementar por día.

Tenera con un peso de 300 kg: $300 \text{ kg} \cdot 12 \% = 36 \text{ kg}$ de forraje a suplementar por día.

Además, es necesario tener en cuenta la cantidad de forraje a ensilar producido por metro cuadrado y los requerimientos del animal por día. De esa forma se obtiene la cantidad de forraje que se debe cortar, ensilar y almacenar para suministrar diariamente.

Posteriormente se deben calcular las necesidades totales a ensilar; para esto, hay que tener en cuenta el tiempo en el que se presenta la falta de forraje en las pasturas y el número de animales a suplementar. Al resultado obtenido se le suma del 8 al 30 % por pérdidas de forraje o ensilaje.

Consideraciones en el suministro de ensilaje

El suministro de ensilaje puede realizarse de diversas maneras y depende de los recursos a utilizar, las posibilidades de cada sistema y el tipo de animal a suplementar. El ensilaje puede utilizarse como único componente, componente mayoritario o suplemento de la dieta (Cowan, 2001; Perea et al., 2014). A continuación, se describen varios aspectos a considerar:

La calidad y el consumo: de acuerdo con la categoría de animales que se alimentará es necesario balancear la dieta. Es importante considerar que las categorías de animales en crecimiento requieren elevadas cantidades de proteína y energía (alimentos de calidad). Los animales adultos, como vacas de cría, no son tan exigentes y las dietas apuntan a mantener el estado corporal y funcional a su etapa fisiológica.

Distribución del ensilaje: la entrega del ensilaje en los corrales o como suplemento en pastoreo depende, entre otras cosas, de la disponibilidad de maquinaria (tractor con pala y mezclador). El autoconsumo lo emplean muchos productores y puede hacerse de varias maneras, con silos bolsa o silos búnker. Es necesario ubicar el silo en lugares altos, con pendiente suave y, preferiblemente, con suelo compactado para evitar encharcamiento en épocas lluviosas; igualmente, es recomendable ubicar el silo sentido oriente - occidente para mitigar los efectos de rayos solares.

Los silos: si se utilizan varios silos deben estar separados con bastante espacio entre ellos y cerrados con cerca eléctrica para evitar daños por los animales. Deben estar próximos a fuentes de agua. Al abrir el silo, se debe exponer mínimamente

a la superficie para evitar su deterioro excesivo, que dependerá de la cantidad de animales en autoconsumo. En el caso del silo bolsa se debe evitar la realización de aperturas laterales, es preferible calcular la cantidad de animales por boca (según el tamaño corporal del animal y del silo bolsa) para realizar la apertura en alguno de los dos extremos.



A close-up photograph of a black and white cow, likely a Friesian, with a yellow ear tag. The cow is shown from the side, eating a pile of dry yellow hay. The background is a lush green field. The image is partially obscured by a red banner at the top left.

Capítulo IV

Costos de producción en el cultivo y ensilaje de avena

A continuación, se presenta la estructura de costos básica para la producción de silo de avena donde se incluyen los costos directos e indirectos, además del detalle de las labores; la estructura diseñada puede variar de acuerdo con la zona del país donde se realice la siembra y producción.

Tabla 6. Modelo para seguimiento y cálculo de los costos de producción de avena forrajera para ensilaje en bolsas plásticas

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	% sobre costos totales
Costos directos					
Maquinaria					
Desbrozado					
Rastreada previa					
Aradas					
Rastreadas					
Tape					
Corte, picado y transporte					
Empacadora en bolsas					
Subtotal maquinaria					21-25 %
Insumos					
Semilla de avena					
Fertilizante completo					
Urea 46 %					
Sulfato de Magnesio					
Herbicida (Metsulfuron)					
Bolsas plásticas negras (50 kg)					
Melaza					
Subtotal insumos					24-30 %
Mano de obra					
Siembra y fertilización					
Aplicación urea					
Aplicación herbicida					
Ensilaje en bolsas					
Almacenamiento					
Subtotal mano de obra					43-50 %
Otros costos					

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	% sobre costos totales
Asistencia técnica					
Análisis de suelos					
Subtotal costos directos					
Costos indirectos					
Arriendo de la tierra					
Administración					
Intereses					
Subtotal costos indirectos					
Costos totales					
Parámetros productivos y económicos					

Fuente: Elaboración propia

Glosario

Ácido benzoico: conservante utilizado como ácido (E210) o en forma de sales de sodio (E211), potasio (E212) o calcio (E213). El ácido benzoico y sus derivados se utilizan exclusivamente para conservar alimentos que presenten un pH ácido. Ayuda a proteger los alimentos contra mohos u hongos, que producen aflatoxinas y procesos de fermentación no deseadas.

Ácido fórmico o ácido metanoico: es el ácido más simple de los ácidos orgánicos, pues presenta solo un átomo de carbono. Su fórmula química es H-COOH (CH_2O_2).

Ácido láctico o lactato: es un compuesto químico que facilita los procesos de fermentación láctica y ayuda a la regulación de acidez.

Ácido propiónico o ácido propanoico: es el ácido graso más pequeño, su fórmula es $\text{H}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ y es utilizado como conservante. Impide el crecimiento de mohos y algunas bacterias, por lo que es utilizado para la conservación de forrajes y alimentos de consumo humano.

Ácido sórbico: es un aditivo alimentario (E-200) utilizado como conservante, con función antimicrobiana, antifúngica y que aumenta la vida útil de los alimentos; su fórmula química es $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$. Las características del ácido sórbico lo hacen apto para adicionarlo en gran variedad de productos con un pH que alcance hasta 6,5. Es común el uso de sus sales (cálcicas, potásicas y sódicas) e inhibe de forma efectiva el crecimiento de mohos y levaduras y el desarrollo de algunas bacterias, en especial aeróbicas.

Aditivo: es una sustancia que no constituye por sí misma un alimento ni posee valor nutritivo, pero se agrega a los alimentos, en cantidades mínimas, para modificar sus caracteres organolépticos, facilitar su proceso de elaboración o mejorar su conservación.

Amoníaco NH_3 : gas incoloro con un olor característico, compuesto de nitrógeno e hidrógeno. Se produce de forma natural en el cuerpo humano y animal, en la naturaleza, en el agua estancada, en el suelo inundado y en el aire.

BAC: son bacterias de la microflora aérea de las plantas. Crecen de forma significativa entre la cosecha y el ensilaje. Las características y composición del cultivo combinados con las propiedades del grupo BAC, la tolerancia a condiciones ácidas u osmóticas y el uso del sustrato, influyen sobre la capacidad de competencia de las BAC durante la fermentación del ensilaje.

Bacterias epifíticas: son las encargadas de fermentar los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje, producen el ácido láctico, lo que permite bajar el pH del ensilaje y, por consiguiente, la población de microorganismos que causan la pudrición.

Capacidad *buffer* o tampón: una o varias sustancias químicas que afectan o regulan la concentración de los iones de hidrógeno (H⁺) en el agua, es decir el nivel de acidez (pH).

Carbohidratos hidrosolubles (CHS): los carbohidratos o hidratos de carbono se conocen como azúcares, sacáridos o glúcidos y consisten en compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. En algunos tipos de carbohidratos también hay azufre y nitrógeno (Cárabez & Chavarría, 2013).

Clostridio (*Clostridium*): es un género de bacterias anaerobias —bacilos grampositivos— que son parásitas y saprofitas. Algunas esporulan y se mueven mediante flagelos periticos. Toman la forma de un fósforo, un palillo de tambor o un huso de hilar.

Consumidores finales: se entienden como aquellos actores que consumen o disponen del producto final, bien sea un producto primario, transformado o subproductos de proceso.

Curva de retención de humedad del suelo (CRHS): propiedad indispensable para el adecuado manejo agropecuario, hidrológico y medioambiental (Geotech, 2011).

Encañamiento: elongación de tallos o cañas en las gramíneas. El encañado comienza cuando aparece una pequeña protuberancia que rodea el eje principal en el cuello de las plantas. En un principio la protuberancia es detectable con la yema de los dedos (el que será el primer nudo aéreo) (UC.CL., 2020).

Enterobacterias: son bacterias, con morfología de cocos o bacilos, gram negativas del orden Enterobacterales. Los miembros de este grupo forman parte de la microbiota del intestino y de otros órganos de varias especies animales y del ser humano.

Fertilización de restitución: la ley de restitución es uno de los principios generales de la fertilización de cultivos. Con respecto al contenido de nutrientes, esta ley afirma que cuando finaliza el ciclo de cultivo, el suelo debería conservar las mismas condiciones en las que se encontraba al inicio para conservar su fertilidad natural.

Fibra detergente ácido (FDA): es un valor de referencia que ayuda a relacionar la capacidad de un animal para digerir el forraje. En la medida en que la FDA aumenta, se reduce la capacidad de digerir o la digestibilidad del forraje.

Fibra detergente neutro (FDN): consiste en la medida de la celulosa, hemicelulosa, lignina, quitina y sílice. La FDN en forrajes es la que mide su volumen en el tracto

gastrointestinal, por lo que se asocia con su capacidad de consumo de ms (Harris, 1991; Chalupa et al., 1996).

Levaduras o fermentos: es cualquiera de los hongos microscópicos ascomicetos o basidiomicetos que sirven como agentes de fermentación de los azúcares.

Manejo ambiental y sostenibilidad: consiste en la implementación de acciones estratégicas para la gestión integral de los recursos que nos rodean, su conocimiento, aprovechamiento, uso y disposición (relacionada con los diferentes cambios que se generan constantemente, como la variabilidad climática).

Manejo de suelos y aguas: son las recomendaciones tecnológicas relacionadas con el uso y aprovechamiento adecuado e integral del suelo y el agua, los sistemas de riego y drenaje, los sistemas de fertilización, las prácticas de manejo y recuperación y el uso de maquinaria, entre otros aspectos.

Manejo del sistema productivo: son las recomendaciones de manejo relacionadas con el adecuado desempeño de los sistemas productivos agropecuarios, la gestión de información y la toma de decisiones en torno a la preparación del suelo, el uso de agrobiodiversidad, la nutrición estratégica de cultivos y riego, el manejo de plagas y enfermedades, los sistemas de cosecha y postcosecha, la maquinaria, entre otros aspectos.

Manejo sanitario y fitosanitario: son los temas relacionados con el manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses; el manejo y control de plagas y enfermedades de los animales; el monitoreo de plagas y enfermedades; los riesgos sanitarios y fitosanitarios; los trastornos misceláneos de los cultivos y los animales; las ciencias veterinarias y de higiene; la protección de los cultivos y la salud pública.

Nitritos y nitratos: son aditivos imprescindibles para garantizar la seguridad de los alimentos curados no sometidos a tratamientos térmicos de descontaminación y son necesarios para impedir la proliferación de la bacteria causante del botulismo. El consumo en exceso de nitritos puede provocar enfermedades como cáncer, diabetes, Parkinson y Alzheimer.

pH: medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en las disoluciones. La sigla pH significa potencial de hidrógeno o hidrogeniones. Se mide en una escala de 0 a 7 (rango que indica que una sustancia es ácida) y de 7,1 a 14 (rango que indica que una sustancia es alcalina).

Procedimientos operativos estandarizados (POES): son protocolos que describen las tareas de saneamiento. Se aplican antes, durante y después de las operaciones de elaboración.

Productividad: son aspectos de la tecnología que contribuyen a garantizar la actividad productiva y la obtención del beneficio económico esperado. La productividad es el valor del producto generado con los recursos invertidos.

Proteína cruda (PC): en el sistema proximal la proteína se mide como el nitrógeno total multiplicado por un factor específico correspondiente a cada producto en base seca. El método más utilizado para la medición de nitrógeno orgánico total es el de Kjeldahl (1883).

Sistemas de información, zonificación y georeferenciación (SIG): área relacionada con el reconocimiento, la cartografía, la clasificación y génesis, la geografía, la geomática, los sistemas de información geográfica y la aptitud de los suelos. Son sistemas de información diseñados para modelos productivos agropecuarios, tecnológicos, expertos y de la geografía de los animales y las plantas. También están pensados para la zonificación ambiental, de áreas productoras, especies, masificación, documentación, información y edafoclimática.

Sulfatos: son sales o ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno-sulfato.

Sulfitos: son derivados del azufre que se utilizan como aditivos conservantes de alimentos. Se añaden a los alimentos procesados para prevenir la oxidación de aceites y grasas, mantener el color original, prolongar la vida útil y prevenir el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras en un ambiente ácido. También se usan para blanquear almidones y para la producción de algunos materiales de embalaje como el celofán.

Sostenibilidad: se refiere a los métodos de evaluación de tecnologías que integren los componentes sociales, ambientales, técnicos y económicos en los sistemas de producción. Para su ejecución, es necesario contar con indicadores que resuman y cuantifiquen los componentes de la sostenibilidad social, económica, técnica y ambiental, de manera que esta se enfoque en la actividad productiva, como la lechería en una finca, región o el mundo (Ruiz, 2017).

Sustrato: en bioquímica es una sustancia sobre la que actúa una enzima. Las enzimas catalizan reacciones químicas que incluyen el sustrato.

Transferencia de tecnología: proceso mediante el cual se entregan conocimientos y tecnologías a los diferentes actores del sector agropecuario mediante capacitación, educación y divulgación, según las características de los clientes. Meijerink et al. (2001) la define como: la difusión activa de una tecnología mediante una agencia de extensión que incluye la difusión de innovaciones agropecuarias y el suministro de los prerequisites necesarios para hacer la adopción posible.

Uredosporas (urediniosporas): esporas o células sexuales generadas a partir de la mitosis o división del micelio dicariótico que son típico repetitivas y dan origen a nuevas uredosporas o teliosporas en hongos que causan las royas o polvillos.

Referencias

- Acevedo, D. P. (2005). Identificación de adultos fototácticos de la familia Melolonthidae (Scarabaeidae: Pleurosticti) en siete localidades del departamento de Antioquia (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Agroes.es. (2020). *Oídio de los cereales*, Blumeria, Erysiphe graminis DC., descripción, daños y control integrado. Agroes.es. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/trigo/1269-oidio-de-los-cereales-blumeria-erysiphe-graminis-dc>
- Alomía, J. L. & Chamorro, J. A. (2012). *Incidencia de la asociatividad en la producción lechera del trópico alto del departamento de Nariño, año 2012*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Sistema Institucional de Recursos Digitales. <http://sired.udenar.edu.co/2831/>
- Anthos. (2020). *Avena sativa*. Real Jardín Botánico: Proyecto Anthos. <http://www.anthos.es/>
- Arias, J., Reyes, R. & Celis, A. (1969). Registro de variedades de avena (*Avena* sp.). *Revista Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]*, 7(7), 157-158.
- Ashbell, G., & Weinberg, Z. G. (1993). The effect of applying ammonia on maize, wheat, and sorghum upon ensiling. *Canadian Agricultural Engineering*, 35(2), 113-117.
- Ayarza, M. Á. (2015). *Manejo integrado de suelos en zonas subhúmedas y húmedas*. Corpoica.
- Beltrán, E., Mingote, P., Pérez, J., Aguado, A., Perdiguier, A., López, A., & González, V. (2017). *Enfermedades de los cereales de invierno*. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal.
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Biesiekierski, J. R. (2017). Review Article ¿What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32(1), 78-81. doi:10.1111/jgh.13703
- Biurrun F. N., Quiroga R. E., Agüero W. D. (2010). Producción primaria neta aérea en siete comunidades vegetales de la Puna de Catamarca. *Revista Argentina de Producción Animal* 30:360-361.
- Bolsen, K. K. (1999). Silage management in North America in the 1990s. En: K.A. Jacques & T.P. Lyons (Eds.), *Biotechnology in the Feed Industry. (Proceedings of Alltechs 15th annual symposium, Under the microscope-focal points for the*

- new millennium*) (pp. 233-244). Nottingham University Press.
- Bonadeo, E., Moreno, I., Bongiovanni, M., Marzari, R., & Ganum, M. J. (2017). *Sistema suelo-planta*. UniRío Editora.
- Cárdenas, J., Solorio, F., & Sandoval, C. (2004). *Ensilaje de Forrajes: Alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Chalupa, W., Galligan, D. T., & Ferguson, J. D. (1996). Animal nutrition and management in the 21st century: dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1), 1-18.
- Cárabez, A. & Chavarría, A. (2013). Química de los carbohidratos. En H. Riveros-Rosas, F. Martínez-Montes & J. P. Pardo-Vásquez (Eds.), *Bioquímica de laguna* (pp. 201-214). El manual moderno.
- Carulla, J. y Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2), 83-87.
- Ciampitti, I., & García, F. (2007). *Requerimientos nutricionales: Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios*. IPNI Canada. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (1988). El cultivo de la avena Cajicá y su ensilaje. [Plegable]. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/32333>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica] (2003). *Obonuco Avenar: nueva variedad de avena forrajera para la alimentación de bovinos de los sistemas de producción del altiplano de Nariño*. Minagricultura.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2016a). *Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño*. Corpoica; Sagan; Universidad de Nariño Colombia.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2016b). *Plan estratégico de ciencia, tecnología e innovación del sector agropecuario colombiano: PECTIA (2017-2027)*. Corpoica; Minagricultura; Colciencias.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2018a). *Marco Estratégico Corporativo (MEC): Nuestra hoja de ruta para cumplirle al país*. AGROSAVIA.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2018b). *Altoandina: nueva variedad de avena forrajera para el trópico alto colombiano*. Minagricultura; AGROSAVIA.
- Demarquilli, C. (1981). Ensilaje. En *Cultivar Mensuelle Mai* (pp 80-85).

- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento: revisión bibliográfica. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85.
- Elizondo, J. A. (2002). *Requerimientos nutricionales del ganado de leche según el modelo del NRC 2001: energía neta de lactancia, nutrición de rumiantes*. Estación Experimental Alfredo Volio Mata.
- Erazo, E. A., & Zambrano, J. (2013). *Plan de negocios para la producción y comercialización de silo enriquecido (premezcla mineral y miel de panela) elaborado a partir de cereales forrajeros en el municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Sistema Institucional de Recursos Digitales. <http://sired.udenar.edu.co/1799/>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC). (2011). *Guía para el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. IFRC.
- Food and Agriculture Organization. (FAO) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2012). *Herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario*. FAO
- Food and Agriculture Organization. (FAO). (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: El significado de la porosidad del suelo*. FAO.
- Food and Agriculture Organization. Agricultura (FAO). (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. FAO.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [Fedna]. (2019). *Avena sativa: Tablas de composición nutricional*. Fedna. <http://www.fundacion-fedna.org/forrajes/ensilaje-de-avena>.
- Gamero, C., Herrera, R., Ovalle, J., Bernal, L., & Jiménez, H. (2015). Efecto de bacterias ácido lácticas sobre la fermentación y calidad nutricional del ensilaje de Avena (Avena sativa) en Cundinamarca, Colombia. ENICIP 2015., Suelos, Pastos y Sistemas de silvopastoreo. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 28(1), 220–230. Retrieved from <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324957/20782525>
- García, G. (2014). *Cinco habilidades para preservar silo de calidad en las ganaderías*. Contexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia>
- Gavilanes, C. (2011). *Ensilaje, una alternativa para la ganadería en Colombia*. Federación. Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas [FENALCE].
- Guerrero, J. M. (2012). *Guía técnica: Asistencia técnica dirigida en análisis de suelos y fertilización en el cultivo de avena forrajera*. Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM); Agrobanco.
- Guerrero, A., & Edmundo, J. (2012). *Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (Avena sativa), enriquecido con arbustivas: acacia*

- (*Acacia decurrens*), *chilca* (*Baccharis latifolia*) y *sauco* (*Sambucus nigra*) en ovinos. Universidad de Caldas.
- Holmes, C. W., Wilson, G. F., Mackenzie, D. D. S., Flux, D. S., Brookes, I. M., & Davey, A. W. F. (1987). *Milk production from pasture*. Butterworths agricultural books.
- Harris, B. (1991). *Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources*. Proc. Alternative Feeds for Dairy and Beef Cattle.
- Honig, H., & Woolford, M. K. (1980). Changes in silage on exposure to air. En C. Thomas (Ed.), *Forage Conservation in the 80s* (pp. 76-87). British Grassland Society (BGS).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2017). *Valores totales mensuales de precipitación (mm) durante los años 1958 a 2017 en tres estaciones meteorológicas de Nariño*. Sistema de Información Nacional Ambiental.
- Impulse semillas. (2020). *Cajicá: avena forrajera* [Ficha Técnica]. Impulse semillas.
- Infoagro. (2020a). *El cultivo de la avena. Toda la agricultura en Internet*. Infoagro.com. <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>
- Infoagro. (2020b). *Los quelatos de microelementos*. Infoagro.com. https://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelatos.htm
- Julca, A., Meneses, L., Sevillano, B., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de uso en la agricultura. *Idesia, Chile*, 24(1), 49-61.
- Juste, I. (2018). *Cómo evitar la contaminación del suelo*. Ecología verde. <https://www.ecologiaverde.com/como-evitar-la-contaminacion-del-suelo-1362.html>
- Kjeldahl, J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern (New method for the determination of nitrogen in organic substances). *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22(1), 366-383. <https://doi.org/10.1007/BF01338151>
- Kowam, T. (2001). *Estudio 3.0: Uso de forrajes ensilados en sistemas de producción animal de gran escala: uso del ensilaje en el trópico Privilegiando opciones para pequeños Campesinos*. FAO.
- Lane, I. R. (2001). *Cartel técnico 5.1: Ensilaje en pequeñas bolsas plásticas: uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. FAO.
- Ley 811 de 2003. "Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones". Congreso de la República de Colombia. *Diario Oficial* n° 45236. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20%20811%20de%202003.pdf>

- Ley 607 de 2000. “Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología”. *Diario Oficial* n° 44113. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20607%20de%202000.pdf>
- McAllister, T. A., & Hristov, A. N. (2000). *The Fundamentals of Making Good Quality Silage*. Agriculture and Agri-Food Canada Research Centre.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications.
- Margulis, L., & Sagan, D. (2020). *Unidad 11: El proceso de nutrición de las plantas*. En L. Margulis & D. Sagan (Eds.), *Centro de Enseñanza en Línea (CEO)* (pp. 241-258). McGraw Hill Education.
- Maynard, L., Loosli, J. Hintz, H., & Warner, R. (1981). *Nutrición animal*. Mc-Graw-Hill.
- Mendoza, M. (2014). *Ensilar, el camino para erradicar la trashumancia*. Contexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/ensilar-el-camino-para-erradicar-la-trashumancia>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia [Ideam]. (2020). *Boletín Agroclimático Nacional*. MADR; Ideam.
- Montero, M., Vinay, J. C., Ortiz, G. A., & Aguilar, J. L. (1990). *Utilización de melaza y suero de leche como aditivos en el ensilaje de avena forrajera (Avena sativa)*. Inifap; CENID-Microbiología.
- Montiel, K., & Ibrahim, M. (2016). *Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático: Sistematización del ciclo de foros virtuales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Mühlbach, R. F. (1999). *Estudio 9.0 - Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales*. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Informe Brundtland). Asamblea General ONU.
- Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (1993). Manual de manejo pos cosecha de granos a nivel rural. Deposito de documentos de la FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x5027s/x5027s00.htm> visitado el 17 de enero de 2022.

- Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022). Manejo integrado de plagas y plaguicidas. [http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-397860](https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/Orskov, E. (1990). Nutrición de los rumiantes: principios y prácticas. Acibia.</p>
<p>Oude, S. J., Elferink, W. H., Driehuis, F., Gottschal, J. C., & Spoelstra, S. F. (1999). <i>Estudio 2.0 - Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación: uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos</i>. FAO.</p>
<p>Palacio, M. M. (2010). Determinación de las especies de <i>Astaena</i> (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas a cultivos en dos altiplanos colombianos (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.</p>
<p>Pardo, L. C. (2002). Aspectos sistemáticos y bioecológicos del complejo chisa (Coleoptera: Melolonthidae) de Caldono, Norte del Cauca, Colombia. Cali. Tesis (M. Sc. En Ciencias Biológicas). Universidad del Valle, Facultad de Ciencias.</p>
<p>Perea, A., Duhalde, J., & Jensen, M. (2014). Ensilaje de planta entera de verdeos invernales; Una interesante alternativa forrajera para el sur bonaerense. <i>Agrobarrow</i>, 55(1), 12-15.</p>
<p>PlantList. (2020). <i>Avena sativa</i>. PlantList. <a href=)
- Pontificia Universidad Católica de Chile [UC.CL]. (2020). *Cereales, en Biología de los cultivos*. UC.CL. http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/index2.htm
- Pound, B. (2000). *Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Natural Resources Institute.
- Reeves, D.L., & Sraon, H.S. (1976). How an oat plant develops. *Bulletin 645: Agricultural Experiment Station South Dakota State University*, 10(1) 1-15.
- Ruiz, J. F. (2017). *Análisis de sustentabilidad en sistemas de producción especializada de leche en el norte de Antioquia, con diferentes niveles de intensificación*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59831/98713233.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sáenz Fety. (2020). *Catálogo de forrajes de clima frío*. Semillas Sáenz Fety. https://saenzfety.com/wp-content/uploads/2019/07/catalogo_forrajes_clima_frio.pdf
- Salas, R. E. (2002). *Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar*. En G. Meléndez & E. Molina (Eds.), *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones* (pp. 7-18). Universidad de Costa Rica.

- Sánchez, L., & Villaneda, E. (2009). Renovación y Manejo De Praderas En El Trópico Alto Colombiano [Folleto]. Repositorio de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (11) (PDF) *Adaptación de mezclas forrajeras a diferentes niveles de enmienda y riego en Nariño, Colombia*. Available from: [accessed Jan 18 2022].
- Stevens, E. J., Armstrong, K. W., Bezar, H. J., Griffin, W. B., & Hampton, J. G. (2004). Fodder oats: an overview. En M. Suttie & S.G. Reynolds (Eds.), *Fodder Oats: a world overview*. FAO.
- Syngenta-España. (2020). *Carbón desnudo en Cereal*. Syngenta-España. <https://www.syngenta.es/cultivos/cereal/enfermedades/carbon-del-cereal>
- Panel Montpellier. (2012). *Growth with Resilience: Opportunities in African Agriculture*. Agriculture for Impact.
- Tomaso, J. C. (2009). *Documento base cadena avena*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA].
- Torres, E., Ariza, D., Baena, C. D., Cortés, S., Becerra, L. & Riaño, C. A. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes*, 39(2),102-110.
- Trópicos. (2020). *Avena sativa*. Trópicos. <http://legacy.tropicos.org/Name /25509314>
- Universidad Nacional de Costa Rica [UNA IRET]. (2020). *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*. UNA IRET. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>
- Uribe, J. (2009). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de ensilaje de maíz*. [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle].
- Uribe, F., Zuluaga, A. F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A. & Solarte, L. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Manual 1: Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF; Banco Mundial; Fedegan; Cipav; Fondo Acción; TNC.
- Vallejo, L. F., Morón, M. A., Orduz, S. 2000. Avances en el conocimiento morfológico del complejo chisa (Col: Melolonthidae) de Colombia, pp. 306-323. En: Memorias, XXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología-SOCOLEN. Medellín, julio 26, 27 y 28 de 2000.
- Vargas, M., Urba, R., January, R., Baez, H., Pardo, P., & Visconti, C. (1965). *Composition of Chilean food use in livestock and poultry*. Department of agriculture; Veterinary Research Institute.
- Villalba, D., Holguín, V., Acuña, J., & Piñeros, R. (2011). Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café musáceas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 1-6.

- Villegas, J. F., Pardo, A. M., Llanos, L., & Carulla, J. E. (2019). *Reportaje: Cultivar avena para ensilar, opción para predios lecheros especializados*. Contexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/reportaje/cultivar-avena-para-ensilar-opcion-para-predios-lecheros-especializados>
- Villegas, J. F. (2015). *Ganaderos colombianos pagan, sin saberlo, por silo de mala calidad*. Contexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/ganaderos-colombianos-pagan-sin-saberlo-por-silo-de-mala-calidad>
- Volverás, B., Amézquita, É., & Campo, J. M. (2016). Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 361-377.
- Watson, L., & Dallwitz, M. J. (2008). *The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references*. The Grass Genera of the World. <https://www.delta-intkey.com/grass/index.htm>
- Weinberg, Z. G., & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, 19(1), 53-68.
- Weiss, N. (1992) *The genera Pediococcus and Aerococcus*. En I. A. Balows, H. G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, & K. H. Schleifer (Eds.), *The Prokaryotes* (pp. 1502–1507). Springer.
- Wiktorsson, H. (1983). Plano general de nutrición para vacas lecheras. En W. Broster & H. Swan (Eds.), *Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción* (pp.109-125). AGT Editores.
- World Checklist of Selected Plant Families. (2020). *Avena sativa*. World Checklist of Selected Plant Families. <https://wcsp.science.kew.org/qsearch.do>
- Xian, Y., Ai, W. & Tao, S. (2015). The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility of a total mixed ration silage. *Animal feed science and technology*, 207(1), 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.001>
- Yepes, F. C. (2011). Algunas anotaciones sobre las chizas (Coleoptera: Melolonthidae) colectadas en municipios del departamento de Antioquia, Colombia. *Revista de Agricultura Tropical*, 34(3-4), 122-129.

Este manual recopila las técnicas actualizadas para la producción adecuada y eficiente de avena forrajera para su uso como ensilaje. La información aquí consignada fue generada, en su mayoría, por las investigaciones realizadas en los últimos 25 años por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y por el conocimiento que aportó el proyecto “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, desarrollado entre los años 2016 y 2019 por AGROSAVIA con el financiamiento del Sistema General de Regalías (SGR). Se incluyen, además, los avances técnicos sobresalientes del proyecto de producción de leche desarrollado por AGROSAVIA entre 2015 y 2019, el cual consistió en la adaptación de tecnologías de Nueva Zelanda a las condiciones del trópico alto nariñense. Este innovador modelo de producción combinó la experiencia, el conocimiento y la tecnología neozelandesas con las condiciones agroambientales y socioculturales del territorio colombiano. Este nuevo modelo de producción lechera pretende incrementar sosteniblemente la producción, mejorar la calidad de la leche, disminuir los costos de producción y mejorar la rentabilidad, entre otros beneficios.



CORREO: **bac@corpoica.org.co**

TÉLFONO: **(57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274**

SKYPE: **[biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/name?userinfo=biblioteca.agropecuaria)**



www.agrosavia.co

**Distribución gratuita
Prohibida su venta**



**El campo
es de todos**

Minagricultura